FONDO INVESTIGACION PESQUERA 2005

# INFORME FINAL CORREGIDO 2da VERSIÓN

**Proyecto**
**FIP N° 2005-10**

# Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2005



MARZO
2007

# INFORME FINAL CORREGIDO 2da VERSIÓN

PROYECTO

FIP N° 2005-10

# Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2005

• Marzo, 2007 •




## REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP
Presidente del Fondo:
Carlos Hernández Salas

## EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera:
Mauricio Braun Alegría

Directora Ejecutiva:
Vivian Montecino Banderet

• Marzo, 2007 •





## JEFE DE PROYECTO

MAURICIO BRAUN ALEGRÍA

## AUTORES

MAURICIO BRAUN A.
VIVIAN VALENZUELA C.
HERNAN REYES R.
JORGE CASTILLO P.
MILENA PIZARRO R.
VICTOR CATASTI B.
JUAN SAAVEDRA N.
JAIME LETELIER P.


• Marzo, 2007 •

# I. RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe se entregan los resultados de las condiciones oceanográficas físico-químicas, la distribución geográfica, abundancia y variabilidad estacional e interanual de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa y la distribución espacial e índices de densidad y cobertura geográfica de los recursos detectados por medio de técnicas hidroacústicas entre la I y IV Regiones, obtenidos durante los cruceros estacionales realizados en invierno y primavera de 2005 y verano de 2006.

Los cruceros *in situ* se realizaron a bordo del B/C" Carlos Porter" y abarcaron la zona comprendida entre los 23°40´S (bahía Moreno, II Región) y los 18°25´S (Arica, I Región) en primavera de 2005 y verano de 2006 y hasta los 32°08´S (Pichidangui, IV Región) en invierno de 2005. Longitudinalmente se extendieron desde una milla hasta una distancia máxima de 100 mn de la costa, prospectándose el área con un total de 5 y 12 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 80 mn, realizándose además estaciones bio-oceanográficas durante la navegación intertransectas.

La zona norte de Chile particularmente desde Arica a Antofagasta, presentó durante el período de invierno condiciones frías y de baja salinidad, situación que habría sido ocasionada por la mayor intensidad del viento en aquel período, mientras que durante el crucero estival, no se registraron condiciones frías, sino más bien consideradas normales. Las series de las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones señalaron para octubre una disminución de los valores de temperatura bajo el nivel de 30 m a valores menores a 13°C, condición que no se presentaba en 1, 2 y 3 años respectivamente. La temperatura superficial del mar (**TSM**) satelital mostró también una situación fría, llegando las anomalías hasta -2°C entre Caleta Camarones (19°S) e Iquique. Lo indicado anteriormente sería efecto de una intensificación de los vientos en el Océano Pacífico, tal como lo señaló la NCEP/NOOA (NOAA,

2005b) en sus reportes regionales y la información de viento medido en el crucero que evidenció viento más intenso que lo observado en igual mes de los últimos 4 años (Braun ***et al***., 2002, 2003, 2005a, 2005b). Por otro lado, en comparación con el invierno de 2003 y 2004, la participación de la masa de agua ecuatorial subsuperficial (**AESS**) fue mayor en un 10% y 30%, respectivamente. Las concentraciones de cloa tanto a nivel superficial como vertical estuvieron muy altas. A nivel superficial presentaron valores más altos que en los inviernos de 1994 y 2004 (Braun, 1995; Braun ***et al***., 2005b). Lo anterior sería producto de una intensa actividad fotosintética del fitoplancton, sustentada por un aporte de nutrientes disponibles debido a la mayor participación de AESS.

En primavera, entre Iquique y Mejillones se presentaron anomalías térmicas y salinas negativas significativas (>1°C y >0,1 psu), las que alcanzaron y superaron, eventualmente, valores de -2°C y -0,2 psu. Esta situación de la TSM fue producida por un transporte hacia el oeste de aguas frías de surgencia, en tanto, las anomalías de SSM encontradas en el mismo sector parecen haber sido provocadas por efecto de la mezcla, el transporte de agua costera, o el transporte de agua desde el sector sur de la zona. Por lo tanto, el sector señalado presentó una condición fría y de baja salinidad debido a procesos locales de transporte, viento y surgencia. Entre Arica e Iquique las anomalías de temperatura y salinidad fueron positivas, pero aun en los rangos que indican normalidad. La disminución de las anomalías negativas de TSM en diciembre, fue consistente con la disminución de las intensidades del viento, respecto a los meses anteriores y con una disminución de las anomalías de TSM (satelital) en la costa de Ecuador, Perú y norte de Chile (NOAA, 2005f). La clorofila-**a**, presentó los valores más altos registrados en la serie de primavera entre 1994 – 2004, con núcleos subsuperficiales de concentración > 5 µg/L en las cinco transectas. Sin embargo, hubo una notable disminución de la biomasa pigmentaria respecto al invierno anterior.

En verano, las TSM estuvieron dentro de un rango considerado normal. En la SSM se presentaron anomalías negativas en promedio 0,1 a 0,2 psu, lo que se considera

significativo. Tal situación contraria en TSM y SSM fue consistente con la surgencia, donde el afloramiento débil induce a que el agua participante en este proceso sea de tipo subantártica (**ASAA**), la que posee baja salinidad y también altos niveles de oxígeno disuelto (**OD**). En tal sentido, la participación de ASAA en la capa superficial de los primeros 100 m se observó con núcleos desarrollados que tuvieron de un 10% a 20% de mayor participación respecto de lo registrado en el año 2004, coincidiendo con la mayor frecuencia de valores altos de OD en relación al 2004. Por lo tanto, la zona de estudio no estuvo afectada por condiciones frías originadas por el evento "La Niña", si no que ésta se presentó normal en términos de la TSM pero con una baja salinidad, debido a una mayor participación de ASAA. Las concentraciones de clorofila-***a*** medidas en superficie en este período son las segundas más bajas en la serie de los años 1998-2006, después del verano de 1998 ("El Niño" 1997-98). Sin embargo, en la vertical se presentaron núcleos de altas concentraciones subsuperficiales que fueron similares a las medidas en el verano de 2003, aunque no alcanzaron a ser tan elevadas como las reportadas en 2004, período que fue catalogado como de muy altas concentraciones del pigmento en la zona.

De acuerdo a la condición presente en la región ecuatorial durante mayo de 2006 (NOAA, 2006e), como también al pronóstico realizado por las agencias especializadas y las condiciones y tendencias locales de la zona norte de Chile, se espera que se mantengan condiciones neutrales a levemente frías al menos durante el segundo trimestre de 2006.

El análisis integrado de la información indicó que la distribución de larvas de anchoveta, posee una cobertura geográfica más amplia que los huevos y además se encuentran más alejadas de la costa. Además de la información de los huevos y larvas de anchoveta y de la temperatura superficial del mar registrada con satelites NOAA, se deduce que éstos se presentan mayoritariamente en sectores donde existen variaciones latitudinales negativas de la TSM (sectores donde la temperatura va

descendiendo en el sentido norte-sur), vinculandose también a áreas aledañas a focos de surgencia y asociados a diferenciales térmicos moderados.

Las señales latitudinales de la densidad del ictioplancton y la variable temperatura indicaron que las mayores agregaciones de huevos y larvas se localizaron entre la costa y las 10 mn, para luego decaer notoriamente. En el caso específico de los huevos de anchoveta, éstos alcanzan sus mayores agregaciones en el extremo norte de la zona de estudio en regiones próximas a aguas surgentes. Con respecto a las fases larvarias, éstas exhibieron una mayor cobertura espacial, en la franja costera se pudo observar que las mayores concentraciones se ubicaron frente al puerto de de Arica y al sur de Pisagua relacionado al borde interno que forman las aguas frías que están asociadas a eventos de surgencias. Por su parte, en la franja oceánica (11-20 mn de la costa) éstas se presentaron con varios núcleos relevantes, localizados preferentemente en el extremo norte y frente a punta Lobos.

Las principales especies detectadas acústicamente en los cruceros estacionales, fueron la anchoveta (***Engraulis ringens***), jurel (***Trachurus murphyi***) y caballa (***Scomber japonicus***). Además en los dos primeros se registraron peces linterna (***Vinciguerria lucetia***) y langostinos (***Pleuroncodes*** sp.).

En todos los cruceros, la especie más frecuente fue la anchoveta variando entre el 78,8% y 87,2% de las observaciones acústicas, siendo mayor en la primavera. En el período considerado el jurel representó entre el 7,3% y el 13,5% de las observaciones, siendo mayor en el verano y menor en el invierno. El pez linterna se registró en invierno (10,3% de las observaciones) y en primavera (3,3%). El langostino estuvo presente en invierno y primavera con el 2,0% de las observaciones. La caballa estuvo presente en los tres cruceros con aportes marginales que variaron entre 0,04% en la primavera y 1,4% en el verano.

La anchoveta presentó un patrón de distribución estacional semejante al histórico con una localización oceánica en invierno, llegando hasta las 80 mn de costa,

restringiéndose hacia la costa en la primavera, donde se presentó en las primeras 5 mn, ampliándose sus límites occidentales en el verano donde las mayores densidades alcanzaron hasta las 40 mn frente a Arica. En el sentido vertical esta especie se localizó en los primeros 20 m de profundidad, con valores medios que fluctuaron entre 12,2 m en el verano y 16,4 m en invierno.

El jurel, por su parte, presentó una amplia cobertura espacial y un relativo incremento de la asociación con la costa en la primavera. La distribución vertical promedio varió entre 22,0 m (<8,0; >79,5 m) en el invierno y 27,9 m (<7.5; >120 m) en el verano.

La caballa, en los tres cruceros se presentó en forma aislada y en bajas densidades entre la costa y las 95 mn entre Arica y Antofagasta, variando su límite sur hasta punta Grande (22º30´S) en el crucero de invierno.

El Índice de Cobertura (**IC**) de anchoveta varió entre 6,4% en invierno y 19,7% en primavera; el jurel registró un IC entre 4,6% en invierno y 8,9% en verano; el langostino presentó un IC entre 0,07% en invierno y 1,9% en primavera; el IC del pez linterna varió entre 0,9% en primavera y 1,6% en invierno.

El Índice de Densidad (**ID**) de anchoveta varió entre 129,3 t/mn$^2$ en el verano y 275,6 t/mn$^2$ en la primavera; el jurel fluctuó entre 19,4 t/mn$^2$ en el invierno y 36,7 t/mn$^2$ en el verano; la caballa presentó ID entre 6,8 t/mn$^2$ en la primavera y 14,8 t/mn$^2$ en el verano. El pez linterna registró una alta concentración con un ID de 165,5 t/mn$^2$ en el invierno y 175,4 t/mn$^2$ en la primavera; mientras que el langostino varió entre 54,2 t/mn$^2$ en primavera y 205,3 t/mn$^2$ en el invierno.

# II. ÍNDICE GENERAL


**Página**

**I. RESUMEN EJECUTIVO** ..... 1

**II. ÍNDICE GENERAL** ..... 7

**III. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS** ..... 11

**IV. ÍNDICE DE ANEXOS** ..... 34

**V. OBJETIVOS** ..... 35

1. Objetivo general ..... 35
2. Objetivos específicos ..... 35

**VI. ANTECEDENTES** ..... 37

**VII. DESARROLLO METODOLÓGICO** ..... 43

1. Zona de estudio ..... 43
2. Diseño de muestreo ..... 43
3. Barco y programación de cruceros *in situ* y ocupación de estaciones costeras ..... 45
4. Metodología por objetivo ..... 45

4.1 Objetivo específico 2.1 ..... 45
4.2 Objetivo específico 2.2 ..... 67
4.3 Objetivo específico 2.3 ..... 89
4.4 Objetivo específico 2.4 ..... 101

**VIII. RESULTADOS** ..... 107

A. Objetivo específico 2.1 ..... 107

5. Condiciones oceanográficas ..... 107

5.1 Vientos ..... 107
5.2 Temperatura superficial del mar ..... 110
5.3 Salinidad superficial del mar ..... 112
5.4 Densidad superficial ..... 114
5.5 Distribución superficial de OD ..... 115
5.6 Profundidad de la isoterma de 15°C ..... 116
5.7 Circulación geostrófica superficial ..... 119
5.8 Capa de mezcla ..... 120
5.9 Termoclina ..... 121
5.10 Distribución vertical de temperatura ..... 125

5.11 Distribución vertical de salinidad ..... 126
5.12 Distribución vertical de densidad ..... 128
5.13 Anomalías de temperatura y salinidad en la columna de agua frente a las transecta 5 (Arica; 18°25'S), 3 (Pta. Lobos; 21°00' S) y 1 (Bahía Moreno, 23°40'S) ..... 129
5.14 Distribución vertical de oxígeno disuelto ..... 133
5.15 Distribución de la profundidad de la isolínea de 1 ml/L ..... 135
5.16 Distribución vertical de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto y porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa ..... 137
5.17 Masas de agua ..... 142
5.18 Distribución espacial y mensual de la TSM satelital (junio 2005 – marzo 2006) ..... 154
5.19 Distribución espacial y semanal de la TSM satelital (junio 2005 – marzo 2006) ..... 155

6. Análisis de pigmentos vegetales ..... 162

6.1 Distribución superficial de clorofila ..... 162
6.2 Distribución de la clorofila integrada ..... 166
6.3 Clorofila satelital ..... 168
6.4 Distribución histórica de clorofila **a** desde 1993 a 2005 ..... 170
6.5 Distribución vertical de clorofila ..... 176
6.6 Profundidad del 10% y el 1% de penetración de luz ..... 185

B. Objetivo específico 2.2 ..... 187

7. Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces ..... 187

7.1 Anchoveta, *Engraulis ringens* ..... 187
7.2 Sardina española*, Sardinops sagax* ..... 195
7.3 Jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* ..... 196
7.4 Caballa, *Scomber japonicus* ..... 198

8. Distribución vertical de huevos y larvas de anchoveta ..... 200
8.1 Invierno de 2005 ..... 200
8.2 Primavera de 2005 ..... 201
8.3 Verano de 2006 ..... 201

9. Sistema de muestreo horizontal continuo, CUFES (Continuos Underway Fish Egg Sampler) ..... 202
9.1 Invierno de 2005 ..... 202
9.2 Primavera de 2005 ..... 203
9.3 Verano de 2006 ..... 204

10. Biomasa Zooplanctónica Estacional ..... 204

10.1 Invierno de 2005 ..... 204
10.2 Primavera de 2005 ..... 207
10.3 Verano de 2006 ..... 209

11. Análisis estacional de huevos y larvas de peces ..... 210

11.1 Desove de invierno ..... 210
11.2 Desove de primavera ..... 215
11.3 Desove de verano ..... 217

12. Intensidad de desove ..... 219
13. Análisis cartográfico de la distribución del ictioplancton respecto de la temperatura superficial del mar obtenida mediante sensores remotos ..... 219

13.1 Relación entre la densidad del ictioplancton y el gradiente térmico ..... 222
13.2 Análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la temperatura ..... 223
13.3 Análisis exploratorio de datos ..... 225
13.4 Modelamiento estadístico ..... 226

14. Análisis de los Centros de Gravedad (CG) ..... 230

C. Objetivo específico 2.3 ..... 233

15. Calibración electroacústica ..... 233
16. Distribución espacial de los recursos ..... 202

16.1 Total especies ..... 233
16.2 Anchoveta ..... 234
16.3 Jurel ..... 235
16.4 Caballa ..... 237

16.5 Pez linterna ..... 238
16.6 Langostino (*Pleuroncodes* sp) ..... 239

17. Distribución vertical estacional de anchoveta y jurel respecto a las variables hidrográficas. Período 1994-2005 ..... 239

17.1 Batimetría ..... 239
17.2 Temperatura ..... 242
17.3 Salinidad ..... 244
17.4 Índices de cobertura y densidad ..... 246

D. Objetivo específico 2.4 ..... 250

18. Condiciones oceanográficas ..... 250
18.1 Temperatura ..... 250
18.2 Salinidad ..... 253
18.3 Oxígeno disuelto ..... 255
18.4 Clorofila-**a** ..... 258
18.5 Clorofila satelital ..... 260
18.6 Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de monitoreo ..... 264
18.7 Ictioplancton por estratos de profundidad ..... 268
18.8 Variabilidad mensual del zooplancton en las estaciones fijas de monitoreo ..... 269
18.9 Composición taxonómica y abundancia de los grupos zooplanctónicos .. 271

**IX. DISCUSIÓN** ..... 275

**X. CONCLUSIONES ..... 297**

**XI. ESTRUCTURA BASE DE DATOS** ..... 303

1. Datos oceanográficos y meteorológicos ..... 303
2. Clorofila-a ..... 307
3. Huevos y larvas de peces ..... 307
4. Acústica ..... 309
5. Estaciones costeras ..... 311

**XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**..... 313

**FIGURAS**
**TABLAS**
**ANEXOS**

**Anexo 1.** Personal participante por actividad (HH).

**Anexo 2.** Resultados de control del CTD.

**Anexo 3.** Criterio de análisis de las condiciones oceanográficas Superficiales.

**Anexo 4.** Talleres de difusión y lista de asistentes.

**Anexo 5.** CD con Informe Final Corregido 2ª Versión FIP N° 2005-10 en PDF

# III. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas Crucero. MOBIO 0508 - Invierno de 2005.

Figura 2. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas Crucero. MOBIO 0512 - Primavera de 2005.

Figura 3. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas Crucero. MOBIO 0602 - Verano de 2006.

Figura 4. Posición geográfica de estaciones CUFES Crucero MOBIO 0508 - Invierno de 2005.

Figura 5. Posición geográfica de estaciones CUFES Crucero MOBIO 0512 - Primavera de 2005.

Figura 6. Posición geográfica de estaciones CUFES Crucero MOBIO 0602 – Verano de 2006.

Figura 7. Cartas de a) Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación, b) promedios del Indice de Surgencia costero y c) promedios de turbulencia costero y oceánico, en Invierno de 2005. Los promedios se obtuvieron de mediciones del viento horario dentro de 1° de latitud en las primeras 30 mn en el caso costero y entre 30 y 100 mn en el caso oceánico.

Figura 8. Cartas de a) Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación, b) promedios del Indice de Surgencia costero y c) promedios de turbulencia costero y oceánico, en Primavera de 2005. Los promedios se obtuvieron de mediciones de viento horario dentro de 1° de latitud en las primeras 30 mn en el caso costero y entre 30 y 100 mn en el caso oceánico.

Figura 9. Cartas de a) Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación, b) promedios del Indice de Surgencia costero y c) promedios de turbulencia costero y oceánico, en Verano de 2006. Los promedios se obtuvieron de mediciones de viento horario dentro de 1° de latitud en las primeras 30 mn en el caso costero y entre 30 y 100 mn en el caso oceánico.

Figura 10. Distribución superficial de temperatura (°C) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 11. Distribución superficial de la anomalía de temperatura (°C) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 12. Distribución superficial de salinidad (psu) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 13. Distribución superficial de la anomalía de salinidad (psu) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 14. Distribución superficial de la densidad del mar (sigma-t) (kg/m³) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 15. Distribución superficial del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 16. Profundidad de la isoterma de 15°C (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 17. Anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 18. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 (db) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 19. Espesor de la capa de mezcla (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 20. Espesor de la termoclina (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 21. Temperatura base de la termoclina (°C) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 22. Profundidad base de la termoclina (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 23. Gradiente de temperatura promedio de la termoclina (°C/m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 24. Máximo gradiente de temperatura en la termoclina (°C/m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 25. Profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 26. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

Figura 27. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S), en Invierno de 2005.

Figura 28. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Primavera de 2005.

Figura 29. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Verano de 2006.

Figura 30. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

Figura 31. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S), en Invierno de 2005.

Figura 32. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Primavera de 2005.

Figura 33. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Verano de 2006.

Figura 34. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/$m^3$) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

Figura 35. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m$^3$) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S), en Invierno de 2005.

Figura 36. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m$^3$) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Primavera de 2005.

Figura 37. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m$^3$) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Verano de 2006.

Figura 38. Anomalía vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23º40'S) en Invierno de 2005.

Figura 39. Anomalía vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S) en Primavera de 2005.

Figura 40. Anomalía vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S) en Verano de 2006.

Figura 41. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

Figura 42. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta

Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S), en Invierno de 2005.

Figura 43. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Primavera de 2005.

Figura 44. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Verano de 2006.

Figura 45. Profundidad de la isolínea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 46. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y d) porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Invierno de 2005.

Figura 47. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y d) porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Primavera de 2005.

Figura 48. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y d) porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Verano de 2006.

Figura 49. Diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta en Invierno de 2005.

Figura 50. Diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta en Primavera de 2005.

Figura 51. Diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta en Verano de 2006.

Figura 52. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

Figura 53. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S), en Invierno de 2005.

Figura 54. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Primavera de 2005.

Figura 55. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Verano de 2006.

Figura 56. Distribución espacial mensual de la temperatura superficial del mar satelital en la zona norte de Chile. Junio de 2005 a Marzo de 2006

Figura 57. Distribución espacial semanal de la temperatura superficial del mar satelital en la zona norte de Chile. Junio - Agosto de 2005.

Figura 58. Distribución espacial semanal de la temperatura superficial del mar satelital en la zona norte de Chile. Septiembre a Noviembre de 2005.

Figura 59. Distribución espacial semanal de la temperatura superficial del mar satelital en la zona norte de Chile. Diciembre 2005 a Marzo de 2006.

Figura 60. Distribución superficial de clorofila ***a*** (µg/L) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 61. Distribución superficial de feopigmentos (µg/L) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 62. Distribución de clorofila-***a*** integrada (mg/m$^2$) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 63. Distribución de feopigmentos integrados (mg/m$^2$) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 64. Distribución espacial de clorofila-***a*** satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 1, 7 y 14 de Septiembre y 5 de Octubre de 2005.

Figura 65. Distribución espacial de clorofila-***a*** satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 2, 4 y 12 de Diciembre de 2005.

Figura 66. Distribución espacial de clorofila-***a*** satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 14 y 17 de Febrero de 2006.

Figura 67. Distribución histórica de clorofila-***a*** superficial (µg/L) entre Arica y Antofagasta en Invierno de los años 1993 - 2005 (cruceros realizados entre 1993 y 1997 sin información).

Figura 68. Distribución histórica de clorofila-***a*** superficial (µg/L) entre Arica y Antofagasta en Primavera de los años 1993 – 2005 (cruceros realizados entre 1993 y 1996 sin información).

Figura 69. Distribución histórica de clorofila-***a*** superficial (µg/L) entre Arica y Antofagasta en Verano de los años 1993 - 2005 (cruceros realizados entre 1993 y 1997 sin información).

Figura 70. Distribución vertical de a) clorofila-***a*** (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L), en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

Figura 71. Distribución vertical de a) clorofila-***a*** (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L), en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S) en Invierno de 2005.

Figura 72. Distribución vertical de a) clorofila-***a*** (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L), en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Primavera de 2005.

Figura 73. Distribución vertical de a) clorofila-***a*** (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L), en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Verano de 2006.

Figura 74. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de anchoveta. Crucero MOBIO 0508 – Invierno de 2005.

Figura 75. Distribución y abundancia de huevos (a) y (c) y larvas (b) y (d) de Anchoveta en Primavera de 2005 y Verano de 2006.

Figura 76. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Sardina. Crucero MOBIO 0508 – Invierno de 2005.

Figura 77. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Jurel. Crucero MOBIO 0508 – Invierno de 2005.

Figura 78. Distribución y abundancia de huevos (a) y (c) y larvas (b) y (d) de Jurel en Primavera de 2005 y Verano de 2006.

Figura 79. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Caballa. Crucero MOBIO 0508 – Invierno de 2005.

Figura 80. Distribución y abundancia de huevos (a) y (c) y larvas (b) y (d) de Caballa en Primavera de 2005 y Verano de 2006.

Figura 81. Posición geográfica de las estaciones zooplanctónicas estratificadas. Cruceros MOBIO 2005/2006.

Figura 82. Abundancia promedio de huevos (a), (b) y (c) y larvas (d), (e) y (f) de anchoveta por estrato de profundidad. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Figura 83. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta recolectados con el sistema CUFES. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Figura 84. Distribución espacial y abundancia de huevos y larvas de peces recolectados con el sistema CUFES. Crucero MOBIO Primavera de 2005.

Figura 85. Distribución espacial y abundancia de huevos recolectados con el sistema CUFES. Crucero MOBIO Verano de 2006.

Figura 86. Distribución de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1000 $m^3$ de agua filtrada). Cruceros MOBIO a) invierno y b) primavera de 2005 y c) verano de 2006.

Figura 87. Distribución de la biomasa zooplanctónica para la zona Arica – Antofagasta en invierno de los años 1993-2005.

Figura 88. Distribución de la biomasa zooplanctónica para la zona Arica – Antofagasta en primavera de los años 1993-2005.

Figura 89. Distribución de la biomasa zooplanctónica para la zona Arica – Antofagasta en verano de los años 1993-2006.

Figura 90. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/2005.

Figura 91. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/2005.

Figura 92. Estimación de la abundancia promedio de larvas (dpet). Período Invierno 1964 – 2005.

Figura 93. Distribución y abundancia de huevos de Anchoveta. ***Engraulis ringens***. Cruceros Invierno 1990 – 2005.

Figura 94. Distribución y abundancia de larvas de Anchoveta. ***Engraulis ringens***. Cruceros Invierno 1990 – 2005.

Figura 95. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1984/2005.

Figura 96. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en primavera de los años 1983/2005.

Figura 97. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en primavera de los años 1983/2005.

Figura 98. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros Primavera. Período 1983-2005.

Figura 99. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros Primavera. Período 1983-2005.

Figura 100. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en primavera del período 1983/2005.

Figura 101. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en verano de los años 1982/2006.

Figura 102. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2006.

Figura 103. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros Verano. Período 1982-2006.

Figura 104. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros Verano. Período 1982-2006.

Figura 105. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta – Arica en verano de los años 1987/2006.

Figura 106. Variación temporal de la intensidad del desove de a) huevos y b) larvas de anchoveta, para el período invierno 1995 – verano 2006 (Línea negra=media móvil).

Figura 107. Distribución espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Invierno de 2005.

Figura 108. Distribución espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Primavera de 2005.

Figura 109. Distribución espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Verano de 2006.

Figura 110. Relaciones entre la densidad de huevos y larvas de anchoveta y el gradiente térmico, a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

Figura 111. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Invierno de 2005.

Figura 112. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Primavera de 2005.

Figura 113. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Verano de 2006.

Figura 114. Histograma, función de densidad de probabilidad teórica lognomal (a) y función de distribución acumulada empírica y teórica (b) para la variable densidad de huevos, cruceros realizados en la I y II Región en invierno durante el período de 1993 a 2005.

Figura 115. Densidad media y proporción de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos (a) y larvas (b) de anchoveta, por año y período total. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno entre los años 1993 a 2005.

Figura 116. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado

un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,P) corresponde a la función suavizadora spline para la variable X con P grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

Figura 117. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ ausencia de larvas de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

Figura 118. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

Figura 119. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

Figura 120. Tendencias de los índices por crucero obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

Figura 121. Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de: a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Invierno 1997-2005.

Figura 122. Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de: a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Primavera 2000-2005.

Figura123. Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de: a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Verano 2000-2005.

Figura 124. Distribución espacial de anchoveta, cruceros Mobio a) 0508/09, b) 0512, c) 0602.

Figura 125. Distribución de la densidad acústica – Sa ($m^2/mn^2$) respecto a la hora por especie en los cruceros Mobio 0508/09, 0512 y 0602.

Figura 126. Distribución espacial de jurel, cruceros Mobio a) 0508/09, b) 0512, c) 0612.

Figura 127. Distribución espacial de caballa en los cruceros Mobio a) 0508/09, b) 0512, c) 0612.

Figura 128. Distribución de la densidad acústica – Sa ($m^2/mn^2$) respecto a la profundidad (psu) por especie en los cruceros Mobio 0508/09, 0512 y 0602.

Figura 129. Distribución de la densidad acústica – Sa ($m^2/mn^2$) respecto a la temperatura (°C) por especie en los cruceros Mobio 0508/09, 0512 y 0602.

Figura 130. Distribución de la densidad acústica – Sa ($m^2/mn^2$) respecto a la salinidad (psu) por especie en los cruceros Mobio 0508/09, 0512 y 0602.

Figura 131. Distribución espacial de vicinguerria y Total de especies durante el invierno de 2005, en la zona Arica a Pichidangui. Crucero MPH-Mobio 0508/09.

Figura 132. Distribución espacial de langostino, cruceros Mobio a) 0508/09 y b) 0512.

Figura 133. Máximos y mínimos de las profundidades en que se han distribuido históricamente la anchoveta y el jurel

Figura 134. Máximos y mínimos de las temperaturas en que se han distribuido históricamente la anchoveta y el jurel.

Figura 135. Máximos y mínimos de las salinidades en que se han distribuido históricamente la anchoveta y el jurel

Figura 136. Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) estacionales de anchoveta y jurel.

Figura 137. Variabilidad temporal de la distribución vertical de temperatura (°C) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones en el período mayo de 1997 a marzo de 2006.

Figura 138. Variabilidad temporal de la distribución vertical de salinidad (psu) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones en el período mayo de 1997 a marzo de 2006.

Figura 139. Variabilidad temporal de la distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones en el período mayo de 1997 a marzo de 2006.

Figura 140. Variabilidad temporal de la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila **a** (µg/L) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones en el período mayo de 1997 a marzo de 2006.

Figura 141. Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días a) 9, 11 y 16 de junio, b) 9 y 12 de julio y c) 5 y 11 de agosto. El punto rojo indica la estación de monitoreo realizada en la fecha o próxima a la de la imágen satelital.

Figura 142. Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días a) 1, 7 y 14 de septiembre y b) 5 y 7 de octubre y 3 y 7 de noviembre. El punto rojo indica la estación de monitoreo realizada en la fecha o próxima a la de la imágen satelital.

Figura 143. Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días a) 2, 4 y 12 de diciembre y b) 6 y 10 de enero y 10 y 17 de febrero. El punto rojo indica la estación de monitoreo realizada en la fecha o próxima a la de la imágen satelital.

Figura 144. Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente al día 10 de marzo. El punto rojo indica la estación de monitoreo realizada en la fecha o próxima a la de la imágen satelital.

Figura 145. Abundancia mensual de huevos a) y larvas b) de anchoveta en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio 2005 – marzo 2006.

Figura 146. Abundancia de huevos de anchoveta en diferentes profundidades de las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio 2005 – marzo 2006.

Figura 147. Abundancia de larvas de anchoveta en diferentes profundidades de las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio 2005 – marzo 2006.

Figura 148. Variabilidad mensual de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio de 2005 a marzo de 2006.

Figura 149. Variabilidad mensual de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras, entre los años 2001 y 2006.

Figura 150. Abundancia total de los grupos zooplanctónicos registrados en las estaciones costeras entre junio de 2005 a marzo de 2006.

Figura 151. Principales grupos zooplanctónicos presentes en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio 2005 - marzo 2006.

## TABLAS

Tabla 1. Cruceros estacionales realizados durante el período comprendido entre junio de 2005 y marzo de 2006.

Tabla 2. Valores de los pares **T-S** de las aguas tipo, utilizados en los |triángulos de mezcla.

Tabla 3. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 0508. Invierno de 2005.

Tabla 4. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 0512. Primavera de 2005.

Tabla 5. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 0602. Verano de 2006.

Tabla 6. Categorías por densidad.

Tabla 7. Valores máximos y mínimos de las principales variables monitoreadas en los cruceros MOBIO de invierno y primavera de 2005 y verano de 2006.

Tabla 8. Bitácora de las estaciones con medición de transparencia del agua, profundidades del 10%, 1% de penetración de luz y CM en los cruceros MOBIO de invierno y primavera de 2005 y verano de 2006.

Tabla 9. Parámetros estimados, tamaño de muestra, valor del estadístico y p-value de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para el análisis distribucional de la variable clorofila. Cruceros realizados en invierno y primavera de 2005 y verano de 2006, área: Arica - Bahía Moreno.

Tabla 10. Selección paso a paso de un modelo de efectos principales a partir de un modelo con interacción, basado en el criterio de información de Akaike. Cruceros realizados en invierno y primavera de 2005 y verano de 2006, área: Arica – Bahía Moreno.

Tabla 11. Análisis de varianza para los efectos principales, ajustados a la concentración de clorofila. Cruceros realizados en invierno y primavera de 2005 y verano de 2006, área: Arica-Bahía Moreno.

Tabla 12. Hipótesis respecto a diferencias por estación respecto al intercepto en el modelo seleccionado, área: Arica-Bahía Moreno.

Tabla 13. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Tabla 14. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Tabla 15. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, ***Engraulis ringens.*** Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Tabla 16. Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta, ***Engraulis ringens*****.** Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Tabla 17. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, ***Trachurus murphyi.*** Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Tabla 18. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de caballa, ***Scomber japonicus.*** Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Tabla 19. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta recolectados a diferentes estratos de profundidad en la zona Arica – Antofagasta. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Tabla 20. Abundancia de huevos y larvas de las especies ícticas recolectadas mediante la bomba de huevos CUFES en la zona Arica - Antofagasta Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006 (A= Anchoveta, J= Jurel, S= sardina y C=Caballa).

Tabla 21. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Zona Arica - Antofagasta Serie Invierno 1993/2005.

Tabla 22. Valores de la biomasa zooplanctónica por estrato de profundidad para la zona Arica - Antofagasta. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

Tabla 23. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Zona Arica - Antofagasta Serie Primavera 1993/2005.

Tabla 24. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Zona Arica - Antofagasta Serie Verano 1993/2006.

Tabla 25. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1984 - 2005.

Tabla 26. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1983 - 2005.

Tabla 27. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel. Area Comparativa: Antofagasta – Coquimbo 0-100mn. Invierno: 1983 - 2005.

Tabla 28. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel. Area Comparativa: Antofagasta – Coquimbo 0-100mn. Invierno: 1983 - 2005.

Tabla 29. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1985 - 2005.

Tabla 30. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1985 - 2005.

Tabla 31. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en verano de 1987 - 2006.

Tabla 32. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en verano de 1987 - 2006.

Tabla 33. Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos y larvas de anchoveta y densidad media de las estaciones positivas, Cruceros realizados en la I y II Región, en la estación de invierno.

Tabla 34. Resumen de estadísticas descriptivas por año para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región, en la estación de invierno.

Tabla 35. Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los odelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde los años 1993 a 2005.

Tabla 36. Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde los años 1993 a 2005.

Tabla 37. Resultados históricos de las calibraciones del sistema acústico EK-500 del B/I Carlos Porter y del B/C Abate Molina, en frecuencia de 38 Khz.

Tabla 38. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en los cruceros Mobio 0508/09; 0512 y 0602 respecto a las variables profundidad, temperatura, salinidad y densidad acústica.

Tabla 39. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el período 1994-2003 por estación respecto a las variables densidad acústica (Sa), profundidad, temperatura y salinidad. Se ha descartado el año 1997 por presentarse fuera de rango en la mayoría de las variables.

Tabla 40. Indices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn2) de jurel, anchoveta y caballa estimados por zona en el crucero Mobio 0508/09.

Tabla 41. Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) ($t/mn^2$) de jurel, anchoveta, caballa, Vicinguerria y langostino estimados en el crucero Mobio 0512.

Tabla 42. Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) ($t/mn^2$) de jurel, anchoveta y caballa estimados en el crucero Mobio 0602.

Tabla 43. Valores de temperatura (°C), salinidad (psu), Oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-***a*** (µg/L) en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones obtenidos desde junio de 2005 a marzo de 2006.

Tabla 44. Valores de concentración (µg/L) de clorofila total (cloat) de las estaciones de vigilancia con su fecha de realización y rango de concentración de clorofila satelital (cloas) de la imágen correspondiente la fecha más próxima. Se indica además, si la concentración de cloat estuvo en el rango, si fue sobreestimado o subestimado de acuerdo al rango de valores de cloas entregado por la imágen. El asterisco señala cuando los muestreos no coinciden en la misma fecha. La indicación "nubes", señala cuando no hubo comparación de los valores de cloat y cloas por presencia de estas en el sector de muestreo.

Tabla 45. Valores históricos de la biomasa zooplanctónica registrados en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones, entre junio y marzo de los años 2001/2006.

Tabla 46. Análisis de devianza entre un modelo saturado (n parámetros) y un modelo propuesto (p parámetros), para los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde los años 1993 a 2005.

# IV. ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Personal participante por actividad (HH).

**Anexo 2.** Resultados de control del CTD.

**Anexo 3.** Criterio de anàlisis de las condiciones oceanogràficas Superficiales.

**Anexo 4.** Talleres de difusión y lista de asistentes.

**Anexo 5.** CD con Informe Final Corregido 2ª Versión 2. FIP N° 2005-10 en PDF.

# V. OBJETIVOS

## 1. Objetivo general

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

## 2. Objetivos específicos

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

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

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

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

# VI. ANTECEDENTES

Durante el año 2005 el valor FOB de las exportaciones pesqueras totalizó una cifra de 3.081 millones de dólares (Elaborado por IFOP en base a información del Banco Central y del Servicio Nacional de Aduanas), lo que representa alrededor del 8,1% del total de las exportaciones chilenas en el año.

La zona norte de Chile se caracteriza al igual que otras áreas de borde oriental, por su baja diversidad de especies pelágicas, tales como anchoveta, sardina española, jurel y caballa, las que se presentan en grandes abundancias, generando beneficios socio-económicos para el país a través del desarrollo de sus pesquerías. Sin embargo, la variabilidad es una caracteristica inherente de estos recursos, lo cual se asocia tanto a la intensidad de la explotación como a los cambios de las condiciones ambientales (Cirke y Sharp, 1984; cañón, 1986; Bakun y Broad, 2001).

Los desembarques de la zona se sostienen principalmente en la extracción de unas pocas especies pelágicas distinguiéndose entre ellas al jurel (***Trachurus murphyi***), anchoveta (***Engraulis ringens***) y caballa (***Scomber japonicus***) las cuales representan una fracción relevante de la captura total (SERNAPESCA, 2004). Durante los últimos años, la actividad pesquera de la zona norte se ha cimentado fundamentalmente en las capturas de anchoveta, caballa y jurel, contribuyendo en el desembarque total del año 2005, con el 99% (Martínez ***et al***., 2006).

En la zona norte de Chile, la pesquería de peces pelágicos comenzó su desarrollo a finales de los años sesenta, llegando a ser en conjunto con Perú, una de las más importantes del mundo por los volúmenes de pesca desembarcados. Esta pesquería se basó casi exclusivamente en la captura de anchoveta (***Engraulis ringens***) y mostró tres períodos principales: el primero (1973-1986) con un crecimiento sostenido, alcanzando hasta 3,4 millones de toneladas a mediados de

los ochenta; en este período se produjo el colapso en las capturas de anchoveta y, paralelamente los desembarques de sardina española (***Sardinops sagax***) aumentaron significativamente hasta 1985, constituyéndose en el principal recurso explotado en dicha región. La segunda fase (1986-1996) fue un período de ajuste, producto de la baja experimentada en las capturas, hasta llegar en 1996 a 1,4 millones de toneladas; en este período se produjo el colapso de la pesquería de sardina y las capturas de anchoveta desde 1992-93 en adelante, han representado el desembarque mayoritario de la zona. Posteriormente, la tercera etapa (1997-2002), presentó una tendencia a la estabilización de las capturas a niveles del orden de 1,3 millones de toneladas por año (Espino, 2002).

De acuerdo a lo anterior, la actividad extractiva de la industria pesquera en la I y II Región, está fuertemente vinculada a la disponibilidad del recurso anchoveta, la cual durante el año 2003 registró una importante disminución en el volumen de captura del orden del 70%, pasando de 1,2 millones de toneladas en 2002 a 427 mil toneladas en el año 2003. Este tipo de fluctuaciones, sumado a las variaciones ambientales, pueden llevar rápidamente a las pesquerías a colapsar. Al respecto cabe señalar que durante el año pesquero 2004, se obtuvo una alta captura de este recurso, con 1,4 millones de toneladas, producto del exitoso reclutamiento de la especie, observado entre diciembre de 2003 y marzo de 2004. No obstante que en el año 2005 se apreció un atraso y debilitamiento del proceso de reclutamiento, el acumulado del año pesquero 2005 superó levemente el millón de toneladas (Martínez, com pers., 2006).

La condición de Chile de ser un país pesquero está asociada al Sistema de Corriente de Humboldt (**SCH**), siendo nuestro país, uno de los cuatro sistemas de borde oriental, en los cuales el afloramiento de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes, promueve una alta productividad biológica (Alheit y Bernal, 1993, Blanco ***et al.***, 2001).

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

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

Por otra parte, los sectores de mayores densidades y agregación de recursos pesqueros en esta zona del país, están localizados mayoritariamente en las primeras 20 mn de la costa, y que debido a los procesos de surgencia, presentan fuertes gradientes térmicos y salinos, durante gran parte del año, a excepción del período de invierno (Yañez ***et al.***, 2005). En este sentido, hay una fuerte correlación espacial entre la intensidad de los gradientes térmicos y la presencia de altas

concentraciones de fitoplancton (Strub ***et al.***, 1991), lo que induciría a un comportamiento más costero de la anchoveta.

El **SCH** se diferencia de los otros tres sistemas de borde oriental por presentar en la capa fótica la entrada de una capa de mínimo contenido de oxígeno disuelto. Así, debido a los procesos de surgencia y las características de la AESS, valores de concentración menores a 1 mL/L se localizan muy próximos al nivel de superficie (Morales ***et al.***, 1999, Ulloa ***et al.***, 2001). Se ha observado en la zona norte que las bajas concentraciones de oxígeno disuelto afectan la distribución de larvas de anchoveta en la vertical (Morales ***et al.***, 1996).

Una característica importante de la zona es que esta se ve afectada a intervalos irregulares, en promedio de 3 a 4 años por eventos “El Niño”, que provocan entre otros, un calentamiento anómalo del agua superficial, profundización de la termoclina, menor participación de AESS en la surgencia y profundización de la capa de mezcla (Blanco ***et al.***, 2001; Blanco ***et al***., 2002; Reyes, 2004; Yañez ***et al.***, 2001).

Tales condiciones traerían también una repercusión biológica, especialmente una disminución de la biomasa fitoplanctónica (Barber y Chavez, 1983) y una disminución de anchoveta en sus diferentes estadios (Yañez ***et al.***, 2005). En el aspecto pesquero no sólo se ve reducida la biomasa de reclutas de anchoveta sino también su disponibilidad a la captura de los individuos adultos (Yañez ***et al.***, ***op cit***). Durante el evento El Niño 1997-98, la anchoveta experimentó cambios en su distribución longitudinal y vertical, ubicándose principalmente en el sector costero y ampliando su rango de profundidad de 5 a 35 m a un rango de 5 a 130 m, formando cardúmenes y estratos de altas densidades, disminuyendo así su vulnerabilidad al cerco (Braun ***et al.***, 1998; Braun ***et al.***, 1999; Jacob, 2002 y Yañez ***et al.***, 2005).

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

En la actualidad, el análisis de la pesquería de la zona toma en cuenta la evolución del esfuerzo de pesca y la variabilidad del medio ambiente y su efecto sobre los recursos. De esta forma se busca comprender los cambios de la abundancia de las especies explotadas comercialmente en el largo, mediano y corto plazo (Cañon, 1986; Castillo y Guzmán, 1985; Castillo ***et al*.**, 1995 a, Castillo ***et al*.**, 1995 b).

En la última década la zona norte de Chile ha sido objeto de diversos estudios oceanográficos y pesqueros, dentro de los cuales el proyecto de Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas, ha sido una herramienta fundamental para la vigilancia de las condiciones ambientales en la que viven los recursos de interés. Es así, como los antecedentes recopilados a partir de más de 40 cruceros realizados por IFOP desde 1993 a la fecha, han permitido analizar el comportamiento del recurso y de sus fases larvarias en períodos normales y durante la ocurrencia de eventos de “El Niño”, observándose que las mermas más importantes de la especie estuvieron asociadas a dichos eventos, particularmente en los años 1991 y 1997-98 (Feeley ***et al***., 1999).

En el contexto precitado y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensión de la influencia de los parámetros oceanográficos en la distribución y abundancia de los recursos pelágicos, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretaría de Pesca, a decidido incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera correspondiente al año 2005, con el objeto mantener un

sistema regular, oportuno y periódico de observación de las condiciones bio-oceanográficas de la zona, a objeto de fundamentar de mejor manera la adopción de medidas de administración pesquera en pos de una adecuada conservación de los recursos hidrobiológicos.

# VII. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 1. Zona de estudio

El monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas correspondiente a la estación de invierno de 2005, abarcó la zona marítima de la I y IV Regiones, comprendida entre Arica (18°25´S) y Pichidangui (32°08´S); y para las estaciones de primavera de 2005 y verano de 2006, el área de estudio se extendió desde Arica a Bahía Moreno (23°40´S), desde la costa hasta una distancia máxima de 100 millas naúticas (**Figuras 1, 2** y **3**).

## 2. Diseño de muestreo

En primavera de 2005 y verano de 2006, para la zona Arica – Antofagasta, se efectuaron 5 transectas perpendiculares a la costa, paralelas y equidistantes entre sí cada 80 mn, las que se ubicaron frente a bahía Moreno (23°40´S), punta Copaca (22°20´S), punta Lobos (21°00´S), punta Junín (19°40´S) y Arica (18°25'S), abarcando una extensión longitudinal máxima de 100 millas náuticas.

De la misma manera, en invierno de 2005 y de acuerdo a lo consignado en las bases administrativas y especiales del proyecto, la zona de estudio se extendió hasta Pichidangui por el sur, en concordancia con la ejecución del Octavo Crucero Internacional de los países miembros de la CPPS, efectuándose 12 transectas perpendiculares a la costa, paralelas y equidistantes entre sí cada 80 mn, localizándose éstas frente a Arica (18°25'S), punta Junín (19°40´S), punta Lobos (21°00´S), punta Copaca (22°20´S), bahía Moreno (23°40´S), rada Paposo (25°00´S), Chañaral (26°20´S), bahía Salada (27°40´S), caleta Inglesa (29°00´S), punta Farellones (30°20´S), caleta Maitencillo de Coquimbo (31°14´S) y Pichidangui (32°08´S), abarcando todas ellas la misma extensión longitudinal, 100 millas náuticas.

En cada transecta se realizaron 7 estaciones bio-oceanográficas distribuídas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 millas de la costa (**Figuras 1, 2** y **3)**, midiéndose las variables temperatura (**°C**), salinidad (**psu**), concentración de oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila- **a** (µg/L), hasta 500 metros de profundidad. Además, se efectuaron pescas zooplanctónicas a través de lances verticales con una red modelo WP-2 (UNESCO, 1968) y la evaluación hidroacústica de los recursos objetivo del presente proyecto, la cual se efectúo de manera continua durante la navegación hasta los 300 m de profundidad, discretizándose la información en Intervalos Básicos de Muestreo (**I.B.M.**). Para cada una de las estaciones de las grillas de muestreo, se consignó el registro de datos meteorológicos.

Además, se efectuaron las tres estaciones costeras de vigilancia mensual, las que se localizaron a 2 mn frente a las localidades de Arica (18°23'S; 70°24,8'W), Iquique (20°11'S; 70°10,3'W) y Mejillones (23°01´S; 70°23,1'W); con profundidades de muestreo iguales a 25, 50 y 75 m, respectivamente. Esto permitió aumentar la cobertura temporal y la frecuencia de observación respecto de las variables oceanográficas y la abundancia de los estadios tempranos de peces. Cabe señalar que estas estaciones han aportado información de gran relevancia para interpretar los resultados de los cruceros ***in situ*** y para asociar fluctuaciones de las variables biológicas a cambios en el ambiente físico.

Para la zona costera (0 - 40mn) comprendida entre Arica y Antofagasta y con la finalidad de obtener mayor información de los estadios tempranos de anchoveta, se realizó además un muestreo automático, contínuo y superficial mediante el uso de la bomba de huevos – CUFES – (Continuos Underway Fish Egg Sampler). Ambos conjuntos de muestras, WP-2 y SISTEMA CUFES, son complementarios y permiten además de conocer la variabilidad espacial, relacionar la distribución de los huevos de peces a las variables oceanográficas.

En las estaciones oceanográficas de las transectas e intertransectas se realizaron lances con botellas de muestreo oceanográfico tipo Niskin, a profundidades estándares de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300 metros como máximo.

## 3. Barco y programación de cruceros *in situ* y ocupación de estaciones costeras.

Para el desarrollo de las transectas bio-oceanográficas estacionales, tanto las perpendiculares a la costa como las de las intertransectas, se utilizó como plataforma de trabajo el B/C "Carlos Porter" de los registros del Instituto de Fomento Pesquero. Las fechas de realización de los cruceros y el número total de estaciones se entrega en la **Tabla 1.**

La ocupación de las estaciones costeras de frecuencia de observación mensual de los puertos de Arica, Iquique y Mejillones durante los meses de junio de 2005 a marzo de 2006, se realizó a bordo de embarcaciones pesqueras de CORPESCA.

## 4. Metodología por objetivo

### 4.1 Objetivo específico 2.1

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

#### 4.1.1 Recolecta de muestras y registro de datos

En el crucero de invierno de 2005 se realizaron 12 transectas perpendiculares a la costa y 7 en los de primavera de 2005 y verano de 2006.

En cada una de las estaciones de los cruceros estacionales, se obtuvieron registros continuos de temperatura (°C) y salinidad (psu) con profundidad hasta un máximo de 500 m, mediante el uso de un CTD marca Sea Bird modelo 19**,** equipado con bomba.

Para monitorear el buen funcionamiento de los sensores del CTD, se tomaron registros de temperatura con termometros de inversión y se recolectaron muestras de agua para análisis de salinidad, los cuales se realizaron en tierra en los laboratorios de IFOP.

Para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto y clorofila-**a** se obtuvieron muestras de agua mediante el uso de botellas de muestreo oceanográfico tipo Niskin de 1,7 y 5 L. Para tales efectos, las muestras de agua se recolectaron a profundidades estándares, es decir, a 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300 metros.

El muestreo de clorofila-**a** se realizó hasta una profundidad máxima de 100 metros, según la metodología descrita en **4.1.2**. El procesamiento de las muestras de oxígeno se efectuó a bordo para realizar los análisis conducentes a la obtención de la concentración de oxígeno disuelto (**OD**), utilizando el método de Winkler modificado por Carpenter (1965) y los análisis de salinidad fueron efectuados con un salinómetro digital marca TSK modelo DIGIAUTO.

La toma de las muestras de agua y las observaciones de temperatura con termómetros de inversión se realizaron en forma espaciada entre estaciones con la finalidad de obtener información representativa de todo el crucero, ya que los sensores del CTD, en especial el de salinidad, puede presentar un corrimiento respecto a los datos verdaderos en cualquier momento del trabajo de terreno. Asimismo, para evitar desviaciones entre los valores del CTD y de botella, debido a

diferencias de profundidad en la obtención de las muestras, originadas por el balance del buque y ángulo del cable, es que la información discreta se obtuvo preferentemente de la capa de mezcla de la columna de agua, cuando la hubo (primeros 5 metros superficiales). No obstante lo anterior, se tomaron algunos valores de temperatura y muestras de salinidad en niveles profundos en las estaciones de 100 mn de la costa, en la cuales se programó realizar mediciones de estas variables con CTD y análisis de oxígeno disuelto a más de 500 m de profundidad.

Como información adicional se indica que el CTD Sea Bird modelo 19 registra 2 datos por segundo y se encuentra equipado con bomba, condición que lo hace menos sensible a errores en la medición de informacion por baja velocidad de descenso. El equipo indicado fue calibrado en julio de 2004, previo al primer crucero programado en el marco de este proyecto. Cabe señalar que los equipos CTD de IFOP son operados por personal con una gran experiencia en el uso de estos instrumentos.

Con la finalidad de evaluar la variabilidad longitudinal y temporal de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**) a profundidades intermedias, las estaciones ubicadas a 100 mn de las transectas entre Arica y bahía Moreno fueron muestreadas en invierno de 2005 con CTD hasta los 700 m de profundidad y se agregaron, a los ya señalados, los muestreos de OD en los niveles de 500 y 700 m. En el caso de los cruceros de primavera de 2005 y verano de 2006, se adicionaron para los análisis de OD los niveles de 400 y 500 m, realizándose el muestreo de CTD hasta el nivel de 500 m.

Durante las estaciones bio-oceanográficas se registró información meteorológica de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas. En el registro se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data

Center (NODC, 1991). Los datos de viento fueron registrados con un anemómetro fijo marca Simrad modelo IS-12, y éstos corresponden al valor predominante observado durante la ejecución de la estación. Durante la navegación se recopiló también información del viento en forma horaria que corresponde al valor predominante observado.

### 4.1.2 Medición de clorofila-*a* y penetración de la luz

Para los análisis de clorofila-***a***, se recolectaron 779 muestras en invierno, 427 en primavera e igual número en verano de 2006, a las profundidades estándar mencionadas en **4.1.1,** hasta un nivel máximo de 100 m. Además se consideraron cartas satelitales de color del mar del sensor SEAWIFS, coetáneas a los cruceros de invierno, primavera de 2005 y verano de 2006, con el fin de contrastar ambas técnicas y explicar de mejor forma la estacionalidad de la biomasa pigmentaria.

Las muestras de agua recolectadas se filtraron ***in situ*** con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF/75 equivalente a Whatman GF/F de 25 mm de diámetro, con un tamaño de poro igual a 0,7 µm), filtrándose un volumen estandarizado de 50 mL, almacenándose éstos a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante $CaCl_2$, para su posterior análisis en laboratorio en tierra.

La extracción de la muestra para el análisis de clorofila-***a***, se realizó en forma pasiva, con una solución acuosa de 8 mL de acetona al 90 % v/v, por un período no inferior a las 12 horas y a ca. 0°C. La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación descrita en Parsons ***et al.,*** (1984), utilizando para tales efectos un fluorómetro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-a marca Sigma Chemicals.

Con respecto a la estandarización del volumen de agua a ser filtrada (50 mL), cabe señalar que al utilizar un fluorómetro digital de última generación, como el Turnes

Designs 10 AU, los niveles de detección pueden llegar a ser de ng/L ó $10^{-6}$ µg/L, toda vez que estos equipos tienen un fotomultiplicador altamente sensible al rojo y que ha sido especialmente diseñado para este trabajo analítico.
Adicionalmente, si se considera que la biomasa fitoplanctónica para toda la zona muestreada está en el rango 0,2 a 15 µg/L (o mg/$m^3$) aproximadamente, ésta se ajusta adecuadamente a la sensibilidad del equipo utilizado, lo que permite estandarizar los volúmenes de muestreo sin que haya efecto sobre la cuantificación.

Este diseño de muestreo y de procesamiento y análisis, está siendo utilizado en la actualidad por el Instituto del Mar del Perú, **IMARPE** y por el Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador, **INOCAR;** y fue propuesto por IFOP, como protocolo estandarizado de trabajo en el Taller Regional de Intercalibración sobre monitoreo del impacto biológico del ENOS en América Latina en Lima Perú.

La penetración de la luz se midió con un disco 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 por el costado sombreado del barco, hasta que éste fuera apenas perceptible, registrándose la profundidad, luego se continuó bajándolo hasta que desapareciera completamente. Entonces, se izó lentamente hasta que fuera nuevamente visible, consignándose ésta segunda lectura. La lectura final del disco se obtuvo al promediar ambos valores.

### 4.1.3 Procesamiento de la información

La información del CTD de cada crucero se procesó de acuerdo a procedimientos establecidos y recomendados por el fabricante. El control de calidad de los datos de CTD se realizó con la información de temperatura obtenida en terreno con los termómetros de inversión y de los análisis de muestras de agua para salinidad, los que se hicieron en los laboratorios de IFOP. Para el crucero de verano de 2006, se

realizaron adicionalmente inmersiones del CTD principal (SEA BIRD) en forma simultánea con otro CTD marca APPLIED MICROSYSTEM modelo CTD PLUS V2 en 5 estaciones; lo cual permitió verificar el buen funcionamiento de los sensores durante el crucero.

Dado que los termómetros y el salinómetro utilizado como instrumentos de control tienen sólo una precisión de ± 0,05°C y ± 0,01 psu, respectivamente, es que se utilizó este valor como límite de las diferencias entre las mediciones del CTD y la de estos dos instrumentos, para aplicar una corrección a los registros del equipo electrónico. La observación de las diferencias entre ambas mediciones se hizo en forma secuencial de acuerdo a la realización de las estaciones, para determinar de esta forma el comportamiento del equipo electrónico CTD en el tiempo. Ya que no hubo diferencias sobre el valor ±0,05°C y ±0,01 psu en las mediciones de las variables respecto a las obtenidas con el equipo de control, no fue necesario corregir la información del equipo electrónico. De igual forma, las comparaciones de la información entre los dos CTD señalados durante el crucero de verano de 2006, no indicaron un funcionamiento anormal del CTD principal, lo que significa que en general se registraron diferencias menores a 0,01 en temperatura y salinidad entre ambos equipos para un mismo nivel de profundidad.

Con los datos de cada crucero ya procesados, se confeccionaron las cartas de distribución superficial y vertical de las variables temperatura, salinidad, oxígeno y densidad (sigma-t). Con los datos verticales se obtuvo información de la capa de mezcla (espesor), termoclina (espesor, profundidad de la base, temperatura base, gradiente de temperatura promedio y máximo, profundidad del máximo gradiente), anomalía geopotencial de superficie referida a 500 m y el límite superior de la capa de mínimo OD (profundidad), realizándose las respectivas cartas y su posterior análisis y comparación estacional.

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

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

- Termoclina: Se define como termoclina la capa de agua que presentó una variación de temperatura mayor o igual a 0,1°C/m. Los cálculos de gradiente para la definición de termoclina y el valor de gradiente máximo se obtuvo por diferencia de temperatura entre dos niveles consecutivos (cada un metro). El valor de gradiente promedio se obtuvo de los gradientes metro a metro que se registraron en la termoclina.

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

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

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

Donde:

Densidad del agua de mar **(ρ)** y densidad del agua pura **($\rho_o$)** en kg/$m^3$, Temperatura (t) en °C, Salinidad (s) en psu).

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

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

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

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

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

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

Para cada crucero estacional, se obtuvo los valores de anomalía vertical de temperatura y salinidad a lo largo de la transecta de bahía Moreno (23°40´S), punta Lobos (21°00'S) y Arica (18°25'S), con los que se realizaron las gráficas de distribución de anomalía estacional. Los valores promedio estacionales de temperatura y salinidad de las transectas corresponden a los obtenidos con la serie histórica de IFOP 1963/2003. La metodología utilizada en la obtención de los promedios verticales corresponde a la indicada por Blanco ***et al.,*** (2001).

Para el nivel superficial se presentan valores de anomalía estacional de temperatura y salinidad, como también a nivel subsuperficial que corresponde a la profundidad de la isoterma de 15°C. Estos valores fueron obtenidos de los promedios mensuales (Reynolds, 1982; Blanco, 1996; Rojas y Silva, 1996) y fueron

actualizados por IFOP durante la ejecución del proyecto FIP N° 2001-01 “Monitoreo de las Condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2001”, según la metodología indicada por Blanco ***et al*.,** (2001).

Para el análisis estacional de las masas de agua se confeccionaron diagramas **T-S** para todas las transectas. Se confeccionaron también cartas verticales para graficar el porcentaje de participación o mezcla de las masas (**PPM**) de agua: Subtropical (**AST**), Subantártica (**ASAA**) y Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**). Los PPM de las estaciones de cada transecta se obtuvieron mediante el método del triángulo de mezcla (Mamayev, 1973) a lo largo de la transecta de Pichidangui (32°08’S), caleta Inglesa (29°00’S), Chañaral (26°20’S), bahía Moreno (23°40´S), punta Lobos (21°00’S) y Arica (18°25'S) hasta el nivel de 500 metros. Los valores de los pares **T-S** de las aguas tipo, utilizados en los triángulos de mezcla se muestran en la **Tabla 2**.

Con los datos de viento registrados en las estaciones oceanográficas y los datos de viento horario obtenidos durante la ejecución de cada crucero estacional ***in situ***, se elaboró una carta de intensidad y dirección, las cuales se utilizaron principalmente en la interpretación de los datos oceanográficos superficiales. Lo anterior permitió discutir, para cada período, la posible asociación de anomalías térmicas superficiales con el comportamiento del viento, justificando así los valores de anomalía encontrados y que no fueron necesariamente producto de forzamientos remotos (ENOS). En este sentido, es frecuente la observación de sectores oceánicos con anomalías térmicas superiores a $\pm$ 1°C en la zona de estudio, sin embargo, en general las anomalías positivas están asociadas a una estratificación originada por períodos de calma, mientras que las anomalías negativas son producto de mezcla en la columna de agua por eventos de vientos intensos.

Los vientos horarios medidos durante la navegación fueron corregidos en forma vectorial, restándose el efecto de navegación de la embarcación de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Vr = Vm - Vb$$

Donde:

$Vr$ : Vector del viento real

$Vm$ : Vector del viento medido durante la navegación

$Vr$ : Vector del viento relativo producido por la navegación del buque

Por lo tanto, la componente x e y del viento real es:

$$Vrx : Vmx - Vbx$$
$$Vry : Vmy - Vby$$

Luego:

$Vmx : Vm * cos(Am)$

$Vmy : Vm * sen(Am)$

$Vbx : Vb * cos(Ab)$

$Vby : Vb * sen(Ab)$

Donde:

$Am$ : Dirección viento medido (corregido hacia donde va)

$Vm$ : Intensidad del viento medido (nudos)

$Ab$ : Dirección del buque

$Vb$ : Velocidad del buque (nudos)

Luego, la dirección del viento real (A) hacia donde va se obtiene de:

$$A = (arctang((Vrx/Vry))* 180/3{,}1416$$

Y la dirección del viento de donde viene (***AR***) es:

$$Ar = A + 180$$

*Y la intensidad del viento real (**Vr**) es:*

$$Vr = Vrx^2 + Vry^2 (nudos)$$

Con la información de viento horario se calculó también el índice de turbulencia (**IT**) e índice de surgencia (**IS**) instantáneo (Bakun 1973, 1975, 1987 y Bakun y Parrish, 1982) y a partir de estos se obtuvo el IT e IS promedio.

El IS promedio se obtuvo de las observaciones realizadas hasta las 30 mn de la costa, cada 1° de latitud. El ïndice de surgencia instantáneo se expresa como transporte Ekman hacia el Oeste ($M_x$) mediante la siguiente ecuación:

$$Mx = ty / f \qquad (1)$$

Donde:

$Mx$ : Transporte de masa hacia el oeste

$ty$ : Coacción del viento sobre la superficie en la dirección norte-sur

$f$ : Parámetro de Coriolis

Siendo:

$$f = 2\ \omega\, Sen\ (\ l\ ) \qquad (2)$$

Donde en (2):

$\omega$ : Velocidad angular de la tierra

$l$ : Latitud del lugar

A su vez, de la ecuación 1:

$$ty = ra\ Cd\ v\ \ /W/ \qquad (3)$$

Donde en (3):

$ra$ : Densidad del aire (1,25 Kg/m$^3$)

$Cd$ : Coeficiente de arrastre (0,0013 sin dimensiones)

$v$ : Componente norte sur de la velocidad del viento

$/W/$ : Magnitud de la velocidad del viento

El valor de $C_d$ (coeficiente de arrastre) que se utilizó en los cálculos fue igual a 0,0013 de acuerdo a Bakun y Parrish (1982) y Bakun y Nelson (1991).

El índice de surgencia es de utilidad para señalar la existencia de estos eventos ante la aparición de aguas cálidas en la zona costera, situación que puede sugerir en primera instancia que estos eventos no se están desarrollando. En este sentido, se indica que la surgencia costera en la zona se mantiene durante los períodos cálidos ENOS (Montecinos, 1991), sin embargo, las aguas que afloran son de alta temperatura pertenecientes a agua tipo subtropical (**AST**), lo que hace desaparecer los típicos frentes térmicos que se ubican en la zona costera.

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

La información meteorológica obtenida en cada una de las estaciones bio-oceanográficas es entregada como tablas para cada uno de los cruceros estacionales y fue remitida al CENDOC a fin de mantener actualizada la base de datos meteorológica del país y dar cumplimiento al D.S. 711.

Con la información de vientos proveniente de las estaciones costeras de los aeropuertos Diego Aracena de Iquique y Cerro Moreno de Antofagasta, proporcionada por las estaciones meteorológicas de la Dirección Meteorológica de Chile, para el período marzo – diciembre de 2005, se obtuvieron los indices de surgencia del período.

Respecto de la determinación de la “condición de normalidad“, ésta se llevó a cabo considerando los valores de anomalías de las variables mencionadas anteriormente y su respectiva desviación estándar. En términos generales, la presencia de condiciones anómalas para la zona y período de estudio, estuvo dada por valores de ± 1 desviación estándar por sobre el promedio histórico en cada variable, discutiéndose, cuando fuera el caso, la causa de la anormalidad registrada.

La zona norte de Chile, se ha visto afectada en la distribución vertical y horizontal de las variables temperatura, salinidad y oxígeno durante los eventos cálidos el Niño 1982/83, 1987/88, 1992 y 1997/98 (Fonseca, 1985; Bilbao, 1992; Blanco ***et***

***al.***, 2002). El paso de ondas Kelvin, origen del transporte desde el norte de aguas más cálidas, salinas y de alto contenido de oxígeno, profundizan la base de la termoclina local (representada por la isoterma de 15°C) y de la oxiclina, reflejándose en forma evidente por un aumento del Nivel Medio del Mar (**NMM**). La entrada anómala de aguas subtropicales desde el norte afecta la capa superficial en al menos los primeros 100 m de profundidad, originando anomalías térmicas y salinas importantes que fueron calculadas a partir de los promedios históricos disponibles, indicados anteriormente, tanto para el nivel de superficie como en la vertical.

Considerando que las anomalías significativas de temperatura y salinidad superficial de la zona norte se encuentran asociadas a la profundización de la termoclina, oxiclina y haloclina local, entonces es posible evaluar de un modo subjetivo, a partir de la información generada del proyecto (crucero, estaciones fijas, imágenes satelitales de TSM) y de información oceanográfica ecuatorial, la aparición, mantención y desaparición de anomalías de estas variables en la zona norte de Chile.

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

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

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

Donde:

$i$ : Es la profundidad de muestreo discreta definida en el punto **4.1.1.**

$C_i$ *y* $C_{i+1}$: Son las concentraciones de clorofila (µg/L), en la profundidad *i*, desde superficie a la profundidad máxima de 100 m.

$Di$ *y* $D_{i+1}$ : Son las profundidades respectivas (m)

Este cálculo representa la clorofila-***a*** de toda la columna en unidades de área (mg/m$^2$), lo que permite representar adecuadamente los máximos sub-superficiales de la biomasa fitoplanctónica, pudiendo ser subestimados si se considera sólo la clorofila superficial. Esta información se entrega en cartas de distribución tanto para la clorofila integrada como para los feopigmentos integrados.

La caracterización trófica de la zona de estudio se efectuó utilizando la distribución cuali y cuantitativa de la biomasa fitoplanctónica, usando como indicador la clorofila-*a* (**Cloa**). La clasificación sugerida consideró las zonas biológicamente productivas a muy poco productivas, tanto en el plano superficial como en la columna de agua y surgió de la compilación de información de cloa realizada por IFOP en los últimos años.

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

Para la caracterización de los tipos de agua, respecto de la concentración de oxígeno disuelto (**OD**), se utilizó la escala propuesta por Braun ***et al.,*** (2003):

- Nivel Oxico ≥ 5 mL/L
- Nivel Subóxico < 5 mL/L
- Nivel mínimo de oxígeno ≤ 1 mL/L

Con las mediciones del disco Secchi se calculó la profundidad del 10 y 1% de la luz incidente, que es indicativo de la base de la capa fótica.

Con el propósito de modelar la relación entre variables oceanográficas y la clorofila-***a*** e integrada, se utilizó un modelo lineal generalizado (**GLM**), el cual permite identificar qué variables contribuyen a explicar en forma significativa la variabilidad en la clorofila. El GLM es un método estadístico, similar al de regresión clásica, pero con supuestos distribucionales más generales (McCullagh y Nelder, 1989).

Las variables de respuesta fueron la clorofila (µg/L) y clorofila integrada (mg/m$^2$), las que se modelaron como función de las covariables oceanográficas, capa fótica y capa de mezcla, máximo gradiente y espesor de la termoclina respectivamente, además de un factor temporal en ambos modelos que representa los distintos períodos de muestreo con niveles dados por las estaciones de invierno, primavera y verano. Este último factor permite comparar las relaciones en un contexto intra anual.

Para la selección de variables en el modelo se utilizó el método paso a paso, empleando como criterio de selección el índice de información de akaike (AIC; Sakamoto ***et al.***, 1986). Éste se basa en la minimización de la distancia Kullback-Leibler entre la distribución de la variable de respuesta bajo el modelo reducido y bajo el modelo completo, y el criterio consiste en seleccionar aquel modelo con el menor valor de AIC.

Las variables respuesta fueron modeladas asumiendo una distribución de probabilidad log-normal, contrastando la hipótesis con la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1974).

#### 4.1.3.1 Monitoreo oceanográfico satelital

##### 4.1.3.1.1 Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial del mar (TSM) satelital.

Para el análisis de la estructura térmica superficial, se recepcionaron y procesaron 52 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 16 y 17. Dichas imágenes corresponden al período junio de 2005 a marzo de 2006.

Las imágenes fueron recepcionadas en un sistema SIRS-HRPT, que posee una antena parabólica y fueron analizadas preliminarmente con el software de recepción satelital y de procesamiento digital de imágenes PCI. Dichas imágenes representan matrices de datos con una resolución espacial aproximada de 1,1 x 1,1 km, las que fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente resampleadas y georreferenciadas, donde finalmente se obtuvieron los valores de TSM.

Cabe destacar que la disponibilidad de imágenes de TSM estuvo condicionada por la nubosidad presente en el área de estudio, ya que la forma de registro del sensor (pasiva) no es capaz de hacer mediciones a través de las nubes, transformándose en el mayor problema en la recepción de la información satelital (Barbieri ***et al*.,** 1989; Maravelias y Reid, 1995). Por lo tanto, el número de imágenes de TSM sin nubosidad fue mayor durante el período estival (primavera – verano) y menor durante otoño e invierno. Por ello se utilizaron cartas compuestas elaboradas con las “pasadas” del satélite por el área de estudio. Para abordar el problema, evitando que la presencia de nubosidad enmascarara los eventos de surgencia, no se consideraron las cartas satelitales de alta cobertura nubosa en zonas costeras. En todo caso, Barbieri ***et al.*** (1995), al analizar una serie de cartografías satelitales

llega a la conclusión que la zona ribereña es la menos expuesta a los efectos de la nubosidad por lo que el descarte de cartografías no es significativo.

Uno de los aspectos más importantes en la recepción de la información obtenida mediante percepción remota es la revisión y calibración de los datos satelitales con registros "***in situ***". Por ello, después de cada crucero, se realizó una validación de la TSM-NOAA con los datos provenientes de las estaciones oceanográficas. Para estos efectos, el muestreo de la temperatura superficial, en cada estación oceanográfica se efectuó en la profundidad de 1 metro, utilizando CTD, esto cuando las condiciones del mar lo permitieron. Cunado las condiciones del mar no permitieron la obtención del dato superficial debido a fuerte oleaje y/o viento, se tomaron entonces los datos de 2 o 3 metros de profundidad, los cuales en estas condiciones de tiempo son los mismos que de superficie dada la formación de una capa de mezcla que supera siempre los tres metros de espesor. No obstante lo anterior, la profundidad de la capa de mezcla se determinó de los datos finales obtenidos con el CTD, momento en el cual se decidió si el dato de TSM superficial obtenido era o no considerado para la validación de la TSM-NOAA.

En base a las imágenes satelitales calibradas y geo-referenciadas disponibles para una determinada semana y, con el propósito de minimizar el efecto de las nubes, se elaboró una imágen promedio semanal de la TSM de la siguiente manera:

- Se confeccionó una imágen máscara del día $i$ ($MAS_i$), a la cual se le asignó valores ceros (pixeles contaminados por nubes) y unos (celdas sin presencia de nubes).
- Se multiplicó la imágen máscara y la imágen diaria con el fin de eliminar los pixeles contaminados, generando la imágen diaria de TSM no contaminada ($TSM_i$).

Luego, la carta promedio semanal de la TSM-NOAA (*TSMS*) se calculó de la siguiente manera:

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

Donde:

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

*MASi* : Imágen mascara de la TSM diaria (compuesta por valores “ceros” y “unos”).

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

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

Donde:

*TSMSs* : Imágen diaria de TSM no contaminada por nubes (n desde 1 a 4 o 5 dependiendo del número de cartas semanales).

*MASs* : Imágen mascara de la TSM diaria (compuesta por “ceros” y “unos”).

Dicha metodología es también conocida como “promedios ponderados” y ha sido utilizada con éxito en diferentes trabajos como Braun ***et al.,*** (2005 a, 2005b), Silva ***et al.,*** (2003) y Barría ***et al.,*** (2001), entre otros.

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

El comando RECLASS solamente se utiliza en la reclasificación de la imagen para su posterior representación gráfica, por otra parte, que la representación gráfica sea realizada cada 1°C grado se debe a que es el estándar que preferentemente se utiliza en publicaciones tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

Con respecto a los análisis asociados a los gradientes térmicos, dichos análisis se ejecutan tomando en cuenta las cartas satelitales que no se encuentran reclasificadas.

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

estructura térmica superficial y/o eventos de surgencia tienen una tienen una duración entre 4 y 15 días, con una moda de 8 días, por lo que la imagen promedio semanal permite visualizar de buena manera un alto porcentaje de fenómenos de la estructura térmica; asimismo, se resalta que la alta cobertura nubosa de la zona, la cual supera en algunos sectores y épocas el 90% de los días, hace necesario la utilización de imágenes promedio para tener una adecuada minimización de la nubosidad en la zona.

Se confeccionaron imágenes promedio mensual, superponiendo las imágenes de la TSM semanales disponibles dentro de dichos períodos, utilizando la metodología anteriormente descrita.

#### 4.1.3.1.2 Distribución espacial y temporal de la clorofila superficial del mar

Para el análisis de la clorofila superficial del mar, se recepcionaron y procesaron 22 imágenes satelitales diarias durante el período comprendido entre junio de 2005 y marzo de 2006. De éstas, 8 fueron coetáneas a los cruceros realizados en el período de estudio. Dichas imágenes son de alta resolución y fueron derivadas del sensor SeaWifs a bordo de satélites SeaStar. Las cartografías fueron rectificadas atmosféricamente y posteriormente resampleadas y georrefe-renciadas, obteniendo finalmente los valores de Cloa, la resolución espacial de las imágenes de Cloa fue aproximadamente de 1,1 x 1,1 kilómetro. El tratamiento de ellas se realizó con el software IDRISI.

Al igual que las imágenes de TSM satelital, la disponibilidad de imágenes de Cloa también es condicionada por la nubosidad existente en la zona de estudio, ya que la forma de registro del sensor no realiza mediciones a través de las nubes.

Finalmente, con el objeto de validar las cartas de Cloa satelital, éstas fueron contrastadas con los datos recolectados ***in situ***, a objeto de calibrarlas, pero debido a la escasa amplitud temporal de las cartas satelitales de clorofila y también debido a la gran cobertura de nubes que se presentaron, no fue posible realizar un análisis de las relaciones entre la cloa satelital y la distribución y abundancia de los recursos y del ictioplancton. No obstante lo anterior, diversos autores mencionan que la anchoveta tiende a localizarse en aguas de altas concentraciones de cloa, relacionada con aguas costeras que se asocian a la presencia de aguas surgentes frías.

#### 4.1.3.1.3 Distribución geográfica de los recursos, a escala estacional, respecto de la temperatura superficial del mar (TSM) obtenida mediante sensores remotos

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

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

#### 4.1.3.1.4 Generación de archivos dinámicos

Para facilitar el análisis de las cartografías de TSM, se generaron archivos dinámicos de video con extensión. Esta presentación tiene como ventaja el poder

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

La creación de dichos archivos considera los siguientes pasos:

- Se debe desplegar (en pantalla) al interior del SIG una determinada cartografía.
- A la cartografía se le superponen los distintos vectores que forman la imagen (línea de costa, nombre de ciudades, ríos, etc.).
- La cartografía es exportada hacia un formato de dibujo (*.BMP).
- Las imágenes son introducidas a programas especializados y se generan los archivos finales.

## 4.2 Objetivo específico 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, y su relación con las condiciones oceanográficas”**

### 4.2.1 Calibración de medidores de flujo -TSK

Los medidores de flujo utilizados durante la ejecución del proyecto, se calibraron remolcándolos a lo largo de una distancia conocida de agua, a distintas velocidades, registrando en forma separada el número de revoluciones para cada prueba. Las velocidades de calibración, debieron incluir valores lo suficientemente lentos como para definir el punto de fricción de cada aparato y lo suficientemente altos, como para alcanzar el rango de velocidades a las que el flujómetro debia ser sometido durante la ejecución de los cruceros ***in situ*** y de las estaciones costeras mensuales de vigilancia. El número de revoluciones por segundo y metros por

segundo registrados para cada lance, fueron analizados mediante una regresión lineal simple, siendo luego graficados los metros por revolución en función de las revoluciones por segundo.

Los flujómetros utilizados durante los cruceros estacionales de monitoreo fueron calibrados durante la navegación entre Iquique y Antofagasta, punta Cobija (22°34´S) y punta Colorada (22°02´S), 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 durante los trabajos de calibración, fueron analizados mediante una regresión lineal simple, cuyas ecuaciones de calibración fueron iguales a:

| | | |
|---|---|---|
| MOBIO 0508 | TSK 4771 | $V = 0{,}14416622 \cdot N - 0{,}29292235$ |
| | TSK 5336 | $V = 0{,}14366102 \cdot N - 0{,}04102814$ |
| MOBIO 0512 | TSK 4771 | $V = 0{,}14730988 * N - 0{,}033924873$ |
| | TSK 5336 | $V = 0{,}13624559 * N + 0{,}058226347$ |
| MOBIO 0602 | TSK 4771 | $V = 0{,}15365536 * N + 0{,}026852476$ |
| | TSK 5336 | $V = 0{,}14061143 * N + 0{,}066284964$ |

Donde:

V : Velocidad (m/s)
N : Número de revoluciones/segundo

### 4.2.2 Descripción de la red zooplanctónica modelo WP-2

La red modelo WP-2 es cilindro-cónica y posee una abertura de 57 centímetros (cm) de diámetro (0,25 $m^2$ de área de boca) y una longitud total de 261 cm, está compuesta por dos secciones: la anterior de forma cilíndrica con 57 cm de diámetro y 95 cm de longitud, confeccionada con malla sintética monofilamento de 297 micras de abertura y posee dos bandas de lona de 10 cm en sus extremos anterior y posterior, destinadas a fijar la red al aro (sector anterior); y la sección posterior de forma cónica con 57 cm de diámetro anterior, 11 cm de diámetro posterior y 166 cm de largo, confeccionada con malla de características similares a la sección cilíndrica. La red termina en una sección separable (copo recolector) consistente en una bolsa recolectora fabricada con malla de iguales características a la descrita para la sección filtrante y a la que se fija mediante una sección tubular de aluminio y abrazaderas metálicas.

Para la realización de los muestreos verticales estratificados, se utilizó una red de iguales características que la WP-2, a la cual se le adicionó un sistema central de cierre (gatillo) que permite sellar instantáneamente la boca de la red cuando ésta cubre el estrato de profundidad predeterminado. Para tales efectos se utilizó un mensajero, el cual al hacer contacto con el gatillo, estrangula la red.

El área efectiva de filtración de la red es de 2,996 m² y la relación área filtrante/área de la boca (R) es de 6,48, presentando características adecuadas para evitar la oclusión de las mallas en circunstancias de pescas prolongadas o de gran densidad de plancton (Smith ***et al.***, 1968).

La utilización de esta red se fundamenta en los trabajos comparativos efectuados entre las redes WP-2 y Bongo, en el marco de proyecto **FIP-IT 94-13 "**Evaluación hidroacústica de los stocks de sardina española, anchoveta y jurel en la zona norte,

I a IV Regiones". La comparación entre ambos sistemas de muestreo se realizó mediante un análisis estadístico no paramétrico, utilizando para tales efectos el test de Friedman. Los resultados del análisis estadístico señalaron que no existen diferencias significativas al 95% de confianza en cuanto al número y tamaño de ejemplares capturados por una u otra red. De la misma manera, los resultados del Análisis de Varianza aplicados a los mismos grupos de datos, confirman la significativa igualdad entre la talla y el número de ejemplares de las muestras obtenidas con la red Bongo y WP-2.

### 4.2.3 Muestreo vertical integrado con red WP-2

Durante los cruceros ***in situ*** y para ambas grillas de muestreo, se realizaron pescas planctónicas a través de lances verticales con la red modelo WP-2 **(UNESCO, 1968**; Sameoto ***et al*.**, 2000), complementada su boca, con un medidor de flujo marca TSK, permitiendo cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance, con el fin de determinar la abundancia de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa. El muestreo cuantitativo del zooplancton se realizó mediante arrastres verticales, desde profundidades máximas de 100 m hasta la superficie, o desde 5 m sobre el fondo, en el caso de registros batimétricos menores a la profundidad límite de muestreo. La red fue calada a una velocidad aproximada de 0,8 m/s e izada a 0,6 m/s. La profundidad real de muestreo fue corregida mediante la medición del ángulo del cable a máxima profundidad, a través de un clinómetro manual despúes de un período de estabilización no mayor a 40 segundos.

Durante la ejecución de los cruceros estacionales de monitoreo se efectuaron 210 estaciones zooplanctónicas, a través de la red modelo WP-2.

Durante los cruceros realizados en el año 2005, el ángulo fluctuó en invierno entre 2° y 40° con una media igual a 20°, entre 4° y 44° con una media igual a 15° en primavera de 2005 y entre 4° y 44° con una media de 17° en verano de 2006.

### 4.2.4 Muestreo vertical estratificado con red WP-2 con sistema de cierre

Para los cruceros de verano, invierno y primavera de 2005 y con la finalidad de determinar la dinámica espacial y batimétrica de las especies ictioplanctónicas comprometidas en el estudio y relacionar su distribución y abundancia con las condiciones oceanográficas en la capa superior, se realizaron lances verticales estratificados en las estaciones más próximas a la costa, es decir, en la franja de estaciones comprendidas entre 1 y 40 mn, en todas las transectas correspondientes a la zona Arica - Antofagasta, por ser éste, un sector donde históricamente se han registrado las mayores abundancias y frecuencias de estaciones positivas de las especies objetivo.

Este tipo de muestreo permite definir y analizar las condiciones en las cuales se distribuyen las primeras etapas de desarrollo de los peces, examinando por ejemplo, el efecto de la concentración de oxígeno sobre la distribución vertical de las larvas de anchoveta, definiéndose el límite superior de la capa de mínima de oxígeno, factor que dependiendo de sus concentraciones generaría una barrera en la distribución vertical de las larvas de anchoveta. Al respecto, Morales ***et al.*** (1995) y Braun ***et al***. (2004) encontraron que las mayores densidades larvarias de anchoveta se detectaron en los estratos comprendidos entre 0-25 y 0-50m, asociadas a la capa de mínimo de oxígeno.

El diseño de muestreo utilizado comprendió los siguientes estratos de profundidad: 10-0; 25-10 y 50-25 metros.

Mediante el muestreo estratificado, se puede caracterizar la columna de agua en el sentido de determinar el nivel de procedencia y la abundancia de huevos y larvas de peces, grupos zooplanctónicos y biomasa zooplanctónica total.

Durante la realización de cada uno de los lances planctónicos, se registró en planillas especialmente diseñadas los siguientes datos de carácter básico: código de crucero, número de estación, duración del lance, posición geográfica, tipo de red y de pesca, número de revoluciones del flujómetro, lecturas del clinómetro, cable arriado e información ambiental de caracter complementario (**Tablas 3, 4** y **5**).

### 4.2.5 Tratamiento de las muestras a bordo

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

### 4.2.6 Sistema de muestreo horizontal continuo, CUFES

Para incrementar la cobertura espacial de la zona Arica - Antofagasta, se continuó utilizando el sistema de muestreo continuo CUFES, (Continuos Underway Fish Egg Sampler) (Checkley ***et al.***, 1997), el cual permite filtrar agua en forma continua durante la navegación a una profundidad de 3 m y a una velocidad de crucero de 6,5 a 7 nudos y que se utilizó desde la costa hasta una distancia máxima de 40 mn.

Con la bomba de huevos se prospectó estacionalmente la zona de estudio, con una grilla de estaciones que comprendió un track de muestreo que abarcó la extensión latitudinal comprendida entre Arica y Antofagasta, comprometiendo una línea paralela a la costa distante 2 mn de ella (Braun y Osses, 2000).

El número de transectas fue igual a 6. El sistema CUFES recolectó en cada una de ellas, muestras cada 2,5 mn (app. 20 minutos entre una y otra). Para efectos de validación se recolectaron además muestras pareadas CUFES-CalVET a 1, 5, 10, 20 y 40 mn. El volumen de agua filtrado por la red CalVET, fue calculado mediante metodología estándar propuesta por Smith ***et al.*** (1985).

El total de muestras recolectadas con este sistema fue de 115 por crucero. El muestreo se realizó en cada una de las transectas y cada 5 mn a lo largo de la extensión latitudinal de la zona de estudio (**Figs. 4, 5** y **6**).

En los tres períodos estacionales y en cada una de las transectas, la bomba de huevos recolectó muestras con una tasa de flujo de bomba igual a 938 L/m (0,938$m^3$/L) en invierno y de 605 L/m (0,605$m^3$/L) en primavera de 2005, a una velocidad de crucero de 7 nudos. En verano de 2006, ésta alcanzó a 772 L/m (0,772$m^3$/L).

El volumen de agua filtrado en los cruceros estacionales por la red CalVET (California Vertical Tow) en su versión doble PAIROVET, fue calculado mediante metodología propuesta por Smith ***et al*.**, (1985) y fue igual a 3,39 ± 0,48$m^3$, 3,36 ± 0,52$m^3$ y 2,01 ± 0,47$m^3$ y el del sistema CUFES fue igual a 1,045 $m^3$, 1,068 $m^3$ y 1,552 $m^3$ para las estaciones de invierno y primavera de 2005 y verano de 2006, respectivamente.

### 4.2.7 Procesamiento de las muestras en laboratorio y análisis de la información

#### 4.2.7.1 Separación e identificación de huevos y larvas

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

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

La realización de estos procedimientos, consideradas sus cuatro etapas, se efectuó mediante la utilización de lupas esteroscópicas marca Nikon y Zeiss, con aumento de 8 a 40 veces, para poder detectar entre algunos caracteres morfométricos, la cantidad de miómeros de cada especie, particularmente en anchoveta y sardina, aspecto crítico para su correcta determinación, especialmente a nivel de larvas con saco vitelino o saco vitelino recientemente reabsorvido.

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

#### 4.2.7.2 Estandarización de la estimación de la abundancia de huevos y larvas de peces

Con el propósito de obtener un buen nivel de comparación en el análisis del ictioplancton, el número de huevos y larvas obtenidos en los diferentes lances y para cada uno de los cruceros ***in situ***, se estandarizó a una base común, en términos de número de huevos y larvas presentes en una unidad de área estándar de 10 m², de acuerdo 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.

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

$$W = Q \cdot t$$

Donde:

$Q$ : Volumen de agua filtrado por unidad de tiempo ($m^3$/seg).

$t$ : Tiempo empleado en el arrastre (seg).

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

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

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

$A$ : Área de la boca de la red ($m^2$).

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

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

Donde:

$N$ : Número de revoluciones por segundo.

$a$ y $b$ : Constantes

Basado en los valores cuantitativos 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.

La constancia se calculó estableciendo la relación porcentual existente entre el número de muestras en que se encontraron huevos o larvas de cada una de las especies y el total de muestras recolectadas. La dominancia numérica se determinó de la relación porcentual entre el número de huevos y/o larvas de las especies, respecto al total de especímenes recolectados.

El error del estimado de la abundancia del ictioplancton de las especies objetivo del proyecto, fue calculado de acuerdo a las siguientes relaciones.

Estimación de la densidad de huevos y/o larvas por estaciones positivas

$$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$$

$n$ : Es el número de estaciones positivas

$y_i$ : El número de huevos y/o larvas en la estación positiva i;

$y$ : 1, 2, ... n

Estimación de la varianza del estimador $\bar{y}$

Fue calculada por:

$$\hat{V}[\bar{y}] = \left[\frac{1}{n}\right]\frac{1}{n-1}\left\{\sum y_i^2 - n\bar{y}^2\right\}$$

$$\hat{\sigma}_{\bar{Y}} = \sqrt{\hat{V}[\bar{y}]}$$

Una medida de la eficiencia de la estimación, fue dada en términos del coeficiente de variación, entregado por:

$$CV[\bar{y}] = \frac{\hat{\sigma}}{\bar{y}}$$

Para efectos comparativos y además de la estimación clásica de la densidad promedio de huevos y larvas, se incorporó la estimación de estos parámetros mediante la distribución Log-normal, conocida como distribución delta (Pennington, 1986), de acuerdo a:

Un estimador desarrollado para estimar la media de una variable, en la cual una fracción de las observaciones es igual a cero y las restantes tienen distribución lognormal se puede plantear de la forma (Stefansson, 1996):

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

Donde:

$m$ : Cantidad de estaciones (observaciones) positivas

$n$ : Total de estaciones

$\bar{y}$ : Media de la variable transformada a logaritmo natural

$G_m(r)$: Función de la varianza de la variable transformada a logaritmo de la forma:

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

Donde:

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

Siendo:

$s^2$ : Varianza de la variable transformada a logaritmo.

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

La varianza de la densidad media estimada viene dada por:

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

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

Para efectos de establecer una comparación interanual se utilizó la serie histórica estandarizada del ictioplancton de invierno, primavera y verano de las especies objetivo para el período 1983/2005, obtenida para la zona Antofagasta - Arica, desde la costa hasta una distancia máxima de 100 mn hacia el oeste.

#### 4.2.7.3 Estimación del índice de abundancia larval

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

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

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

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

Siendo:

$L$ : Indice de larvas

$A$ : Factor areal

$p$ : Proporción de estaciones positivas a larvas

$c$ : Número promedio de larvas de las estaciones positivas

$N$ : Número de estaciones

La varianza de la captura promedio por lance es:

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

Luego, el índice de larvas ($L$) se puede expresar como:

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

Intervalos de confianza al 95% se pueden obtener mediante:

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

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

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

El estimador de varianza propuesto corresponde a la varianza de un estimador del total para una subpoblación de acuerdo a Cochran, (1977).
Los resultados de aplicar el procedimiento descrito a los datos de los cruceros estacionales de ictioplancton que ha realizado IFOP durante 1993-2004, se entregan en figuras y son comparados entre cruceros y estacionalmente.

#### 4.2.7.4 Estimación de la abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica en el área de estudio

La biomasa zooplanctónica fue medida para estimar los bio-volúmenes tanto de las muestras recolectadas a través de las pescas integradas como estratificadas.

La determinación del volumen del zooplancton se realizó con posterioridad a la extracción de los estadíos tempranos de peces, a objeto de evitar posibles daños a los huevos y larvas de anchoveta, sadina, jurel y caballa, que pudieran dificultar su identificación y/o clasificación. Para la medición de los bio-volúmenes se utilizó el método volumétrico de desplazamiento de volúmenes húmedos (Postel ***et al.***, 2000). El volumen se determinó dos veces para cada una de las muestras y el

resultado correspondió al promedio de ambas determinaciones. Se excluyeron solamente de las mediciones aquellos organismos cuyo volumen excedió los 5 ml.

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

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

Donde:

$Y$ : ml de zooplancton por 1.000 $m^3$

$X$ : ml de zooplancton

$W$ : volumen de agua filtrada por la red ($m^3$)

El resultado se expresará en mililítros de plancton húmedo en 1000$m^3$ de agua de mar filtrada (ml/1000$m^3$).

### 4.2.8 Relaciones entre la distribución de huevos y larvas de las especies objetivo y las variables oceanográficas

Para explorar las asociaciones entre la distribución y abundancia del ictioplancton en relación a las condiciones oceanográficas, se utilizó la información de temperatura superficial (°C) y salinidad (psu) obtenida a través del CTD durante las estaciones bio-oceanográficas. Adicionalmente, se calcularon los gradientes térmicos de pixeles vecinos para relacionarlos con la distribución y abundancia del ictioplancton.

A partir de dicha información se elaboró para cada variable, archivos vectoriales compatibles con los SIG, confeccionándose cartografías de cada una de ellas a objeto de realizar una descripción espacio temporal. Para ello se utilizó como

herramientas de trabajo los sistemas de información geográfica IDRISI (Eastman, 1997) y TNTmips (Microimages, 1997). Con estos sistemas y para realizar una descripción espacial y temporal de las variables ictioplanctónicas y oceanográficas, se generaron cartografías para cada variable, lo anterior con el propósito de superponer las distintas variables ambientales y biológicas, para encontrar relaciones espaciales y temporales.

Para proceder con esto, previamente se realizó la georeferenciación de la costa, desde las cartas náuticas electrónicas (CNE) del SHOA, mediante la técnica de Control de Puntos (Buttler ***et al.***, 1990). Luego se confeccionaron los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplan, la georreferencia con sus respectivos datos. Posteriormente cada variable fue interpolada.

#### 4.2.8.1 Análisis integrado

Para el análisis integrado de las variables físicas y biológicas, se utilizó como plataforma de trabajo los Sistemas de Información Geográfica, con el fin de detectar una posible relación entre ellas, para lo cual se calculó la señal latitudinal respecto de la TSM satelital y del gradiente térmico.

Para realizar lo anterior y con el objeto de relacionar y superponer las distintas cartografías, es indispensable que los mapas tengan una idéntica escala espacial, de tal forma que las cartografías posean una misma resolución y cobertura geográfica. Lo anterior, significa generar imágenes en rasters que tengan similar cantidad de filas y columnas, esto se realizó mediante el módulo RESAMPLE del SIG. De esta manera se confeccionaron imágenes en rasters de 80 columnas (sentido longitudinal) y 120 filas (sentido latitudinal).

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

**a) Relaciones entre la distribución del ictioplancton y las variables oceanográficas.**

Para contrastar la hipótesis de que la distribución y abundancia del ictioplancton se encuentra asociada a ciertas estructuras superficiales (por ejemplo surgencias, zona de influencia de ríos, gradientes térmicos, etc), se efectuó un análisis a través de modelos de regresión. Para ello, de cada uno de los pixeles se calcularon la densidad de los huevos y larvas de la anchoveta y se determinaron los rangos de las variables ambientales; además se estimaron los diferenciales térmicos mediante los comandos del SIG. La prueba de la hipótesis se realizó mediante modelos de regresión múltiple “paso a paso” (stepwise), en este análisis se utilizó el programa estadístico S-Plus. Cabe señalar que dicha metodología es similar a la propuesta por Power y May (1991) y Reddy ***et al.***, (1995).

**b) Análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y de la TSM**

Además, con el propósito de establecer las asociaciones entre las variables respecto de la posición latitudinal y para conocer si la distribución y abundancia del ictioplancton se encuentra asociado a ciertas estructuras superficiales (zonas frontales), se estimó la señal latitudinal (en el sentido norte-sur) de las variables biológicas y oceanográficas de acuerdo a dos zonas: la primera denominada

costera, que se localiza entre la costa y las primeras 10 mn y la segunda situada entre 11 y 20 mn de la costa.

### c) Determinación de los centros de gravedad (CG)

Una vez realizada la cartografía se procedió a calcular los índices estadísticos de los mapas. En el caso de las cartografías de huevos y larvas de anchoveta, se calculó el centro de gravedad de las cartografías (**CG**).

Para su cálculo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$CG_{n} = \frac{\sum_{i=1}^{m}(Lat(Long_{in})Den_{in})}{\sum_{i=1}^{m}(Den_{in})}$$

Donde:

$CG_n$ : Centro de gravedad del n-ésimo crucero.

$Lat(Long_{in})$ : Latitud (Longitud) de la i-ésima estación.

$Den_{in}$ : Densidad de huevos y larvas de la i-ésima estación.

### d) Modelamiento estadístico de la densidad de huevos asociado a variables ambientales

El modelamiento de la densidad de los huevos y larvas se realizó mediante un modelo lineal generalizado, GLM (McCullagh y Nelder, 1989), éste básicamente corresponde a un modelo en donde la respuesta (densidad de huevos) es una variable aleatoria con distribución perteneciente a la familia exponencial.

De esta forma se plantea un modelo de la forma:

$$g(\mu) = \eta_i \qquad (1)$$

Donde:

$$\eta_i = \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + .... + \beta_p X_{ip} \qquad (2)$$

(2) se denomina predictor lineal con p predictores y (1) g corresponde a la función de enlace, la cual relaciona el predictor lineal con la media de la variable respuesta (en este caso la presencia/ausencia y la densidad de huevos). Los predictores corresponden a las variables ambientales y de posición (temperatura, salinidad, oxígeno, latitud y longitud).

El método de estimación de los parámetros del modelo corresponde a máxima verosimilitud. Para resolver los sistemas de ecuaciones se utiliza el Método Scoring, el cual consiste, en términos operacionales, en un estimador de mínimos cuadrados iterativamente ponderados (Krzanowski, 1998).

El GAM por su parte, en su estructura aleatoria es similar al GLM, dado que la variable respuesta sigue perteneciendo a la familia exponencial. La diferencia reside en la componente sistemática, es decir, en el predictor lineal, que tiene la forma:

$$\eta_i = f_1(X)_{i1} + f_2(X_{i2}) + .... + f_p(X_{ip}) \qquad (3)$$

Donde:

$f$ : Son funciones no especificadas (“no paramétricas”), las que son estimadas utilizando un algoritmo cuya estructura básica corresponde a un “scatterplot

smother". Las funciones estimadas *fj(xj)* pueden revelar posibles no-linealidades en los efectos de los predictores sobre la variable respuesta.

El suavizamiento spline cúbico es utilizado de forma tal de buscar una función *f(x)* que minimice la expresión:

$$\sum_{i=1}^{n}(y_i - f(x_i))^2 + \lambda\int_a^b (f''(t))^2\,dt \qquad (4)$$

Nótese que la integral de la segunda derivada de la función mide que tan suave es la función $f$. $i$ es un parámetro de suavizamiento no-negativo, el cual gobierna el "trade-off" entre la bondad del ajuste a los datos y que tan suave es la función $f$.

El ajuste del modelo se realiza a través de un procedimiento conocido como retro-ajuste ponderado descrito en detalle en Hastie y Tibshirani, (1990).

La bondad de los ajustes en GLM se estudia a través del análisis de deviance, la cual corresponde a un test de razón de verosimilitud entre un modelo saturado (n parámetros) y un modelo propuesto (p parámetros). Además, la deviance puede ser usada para comparar modelos anidados y de esta forma realizar inferencia sobre el efecto particular de ciertos predictores en la respuesta estudiada.

No obstante lo anterior, se puede optar por modelar los efectos "no-lineales" por medio de polinomios de grado variable, debido a su naturaleza paramétrica, lo que permite mantener el enfoque de inferencia en el análisis de los resultados de los modelos.

## 4.3 Objetivo específico 2.3

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

Los recursos pelágicos en la zona de estudio fueron caracterizados mediante Indices de abundancia relativa y de cobertura geográfica, obtenido desde una prospección acústica realizada sobre el track diseñado para el muestreo oceanográfico físico y biológico.

Desde esta prospección acústica se obtuvo un indicador de la distribución y otro de la densidad de los recursos para cada crucero ***in situ***, se efectuó un análisis comparativo histórico con los datos disponibles. De este modo se buscaron posibles patrones estacionales y asociaciones con las condiciones oceanográficas descritas.

Por otra parte, se estudiaron las condiciones oceanográficas de los recursos a una escala menor y en forma cuantitativa, relacionando en cada observación acústica su distribución con la respectiva condición oceanográfica.

### 4.3.1 Muestreo acústico

Dado que los recursos pelágicos localizados en la zona norte, están sujetos a cambios motivados en gran parte por las condiciones oceanográficas, no es posible determinar previamente sus patrones de distribución. Por otro lado y debido a la caracteristica multi objetivo de los cruceros, el diseño de muestreo aplicado asume aleatoriedad de la distribución de los recursos pelágicos, con respecto a la posición

de las transectas (Shotton y Bazigos, 1984; Francis, 1984 y Simmonds ***et al.***, 1991), lo que se ajusta adecuadamente a la característica de los recursos objetivo del proyecto.

La prospección acústica se realizó sobre la grilla de muestreo diseñado para la componente oceanográfica física y biológica, mediante transectas perpendiculares a la costa y paralelas entre sí, sistemáticamente distribuidas con una separación de 80 mn, cubriéndose el área de estudio con un total de 6 y 13 transectas en los períodos de verano-primavera e invierno de 2005, respectivamente. La prospección acústica se realizó en forma continua durante la navegación, discretizándose la información en Intervalos Básicos de Muestreo (**I.B.M.**). Se prospectó hasta los 300 m de profundidad, ecointegrándose los registros desde la superficie hasta los 300 metros.

### 4.3.2 Calibración electroacústica

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

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

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

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

Con el objeto de minimizar el movimiento de la esfera en el proceso de calibración, ésta se 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

$TS_m$ : Intensidad de blanco medida (dB)

$TSb$ : Intensidad de blanco teórico (dB)

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

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

Siendo:

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

Donde:

$s_{bs}$ : Sección dispersante de la esfera (dB).

$r$ : Profundidad de la esfera (m).

$r_0$ : Profundidad de referencia (1 m).

$\psi$ : Ángulo equivalente del haz acústico (dB).

$Sa_{(t)}$ **:** Salida teórica del ecointegrador.

$Sa_{(m)}$ **:** Salida medida del ecointegrador.

### 4.3.3 Identificación de especies

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

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

Donde:

$Sv$ : Coeficiente volumétrico de dispersión de la agregación ó cardúmen.

$C1$ : Constante de calibración electrónica del equipo. En el caso del EK 500 está incluida en la salida calibrada del ecointegrador.

$L$ : Longitud de la agregación (m)

$D$ : Altura media de la señal remitida por la agregación (m).

$V^2$ : Voltaje al cuadrado, equivalente a la lectura del ecointegrador**.**

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

La información del comportamiento específico como apoyo a la identificación, corresponde a la ubicación en la columna de agua y a la formación de los cardúmenes ó agregaciones determinados desde el ecograma. La anchoveta se localiza preferentemente en los primeros 30 m de profundidad, mientras que el jurel puede alcanzar mayores profundidades. La anchoveta se agrega en cardúmenes o agregaciones de forma circular u ovaloides con bordes bien definidos y durante la noche, presenta estratos superficiales con densidades variables, este patrón es especialmente frecuente en peces juveniles. Las profundidades de estas agregaciones nocturnas varían según el grado de luminosidad de la noche, provocada por la presencia y fase lunar. El jurel registra agregaciones de menor densidad que la anchoveta y la sardina española,

con bordes menos definidos y más extensos, pudiendo presentar estratos extensos y dispersos alcanzando profundidades superiores a los 100 m según la hora del día.

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

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

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

### 4.3.4 Procesamiento de la información acústica

El procesamiento básico de los datos será realizado a bordo mediante el programa SIMBAD (Espejo y Castillo, 1997) diseñado por la unidad de Acústica de IFOP para estos efectos. Los datos a ingresar a esta base de datos son las lecturas acústicas por cada I.B.M. separados por especie, las profundidades máximas y mínimas de la agregación, la posición geográfica de cada I.B.M., fecha, número y rumbo de la transecta. Además se ingresará la información de las variables oceanográficas temperatura (°C) y salinidad (ups) por estación. A partir de esta información se obtendrán las cartas de distribución geográfica y vertical de los recursos.

### 4.3.5 Distribución de los recursos

La información por Intervalo Básico de Muestreo (**I.B.M.**) acústico de 0,5 mn, separada por especie, es presentada en mapas de distribución espacial, utilizando una escala de densidad (t/mn$^2$), determinada por la siguiente expresión: $75 * 2^{(n-1)}$, donde n representa el nivel de la categoría, siendo $0 < n \leq 4$ (**Tabla 6**).

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 en la **Tabla 6**, utilizando el programa SURFER 8.0.

En el sentido vertical, la distribución del recurso será presentada en secciones verticales correspondientes a la longitud total de las transectas.

### 4.3.6 Indices de cobertura y abundancia relativa

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

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

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

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

Donde:

$k$ : Número de observaciones acústicas con presencia de recurso.

$z$ : Número total de observaciones acústicas en el crucero.

$Saij$ : Lecturas acústicas en la i-ésima I.B.M de la j-ésima transecta.

$Ce$ : Factor de ecointegración ([tmn$^{-2}$]$Sa^{-1}$), obtenido en base a un $TS_{kg}$ de -32,5 dB kg$^{-1}$.

$IC$ : Índice de cobertura (%).

$ID$ : Índice de densidad en t mn$^{-2}$.

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

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

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

Siendo:

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

$P$ : Peso a la talla (kg)

En el caso de la anchoveta se aplica la relación $TS$ 20 $Log\ L$- 73,3 determinada por Castillo ***et al.*** (2001) y que corresponde a una compilación de una serie de experiencias realizadas en proyectos financiados por el FIP. En el caso de jurel y caballa, se utiliza la relación $TS$ 20 $LogL$ – 68,67 (Córdova ***et al.*****,** 1997; Lillo ***et al.,*** 1996).

### 4.3.7 Relación entre las variables oceanográficas físicas y los recursos

En cada crucero se realizó un análisis descriptivo entre las variables oceanográficas físicas, temperatura (°C) y salinidad (ups) y los recursos, mediante histogramas con la frecuencia de los cardúmenes (%). Para cada crucero se determinaron los límites máximos, mínimos y promedio de las variables

oceanográficas y de profundidad que limitan la distribución de los recursos. Estos datos fueron contrastados con la serie histórica disponible, para establecer niveles de diferencia o semejanza de acuerdo a las características globales del período.
Se aplicó un análisis factorial para estudiar la interacción entre las variables oceanográficas y las densidades acústicas por especie, en este tipo de análisis todas las variables tienen el mismo rol y no se establecen variables dependientes o de control (Vivanco, 1999). Entre estos, el Método de las Componentes Principales es el que mejor se ajusta a la naturaleza y estructura de los datos considerados, este método es una alternativa al Análisis Factorial clásico y aborda la reducción de dimensiones desde una perspectiva propia.

Previo a la aplicación del método, se analizó la naturaleza de los datos, mediante la matriz de correlación y de la linealidad entre las distintas variables. En el caso de no existir linealidad, las variables son transformadas utilizando el factor log(x+1).

En general, el método de las Componentes Principales busca maximizar las varianzas extraídas de las variables originales (Vivanco, 1999; Rencher, 1995), por lo cual las mejores soluciones se lograrán cuanto mayor sea la varianza. De este modo se extraen la mayores varianzas de las variables originales, considerando la fracción de ella que es compartida como lo específico. El origen de los algoritmos es la matriz de correlaciones entre variables, la que permitirá reproducir con menos dimensiones la matriz original.

Se ha seleccionado jurel y anchoveta por ser las más frecuentes y abundantes actualmente en la zona norte. De este modo, para cada crucero estacional, se analizó la densidad acústica de jurel y anchoveta por Intervalo Básico de Muestreo (**I.B.M.**) respecto a las variables oceanográficas temperatura y salinidad.

Las variables oceanográficas fueron obtenidas desde estaciones discretas ubicadas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa, en profundidades estándar, las que fueron interpoladas en el sentido horizontal y vertical a cada IBM acústico, este procedimiento fue realizado mediante el programa SIMBAD (Espejo y Castillo, 1997). De este modo, a la profundidad media de distribución del recurso se determinó el correspondiente valor de las variables oceanográficas.

Los datos fueron ordenados en forma matricial y las componentes principales fueron determinadas mediante la matriz de correlación entre las variables originales, este proceso fue realizado a través del programa SPSS.

Se utilizó la matriz de correlaciones considerando en columnas los factores y en filas las variables iniciales, tomando en cuenta solamente las denominadas como latentes. De este modo se obtuvieron los pesos de cada variable respecto al factor, el que se interpreta como un coeficiente de correlación, que asume valores entre –1 y 1. De este modo, los valores cercanos a 1, independientemente del signo, indican una mayor asociación entre variable y factor.

El valor propio ($\lambda$) permite estimar la varianza de cada factor según:

$$\lambda_i = a_{1i}^2 + a_{2i}^2 + a_{3i}^2 + ..... + a_{ji}^2$$

Donde :

$\lambda_i$ : Es el valor propio del factor i.

$a_{ji}$ : Es el peso de la variable $j$ y el factor $i$.

La varianza dentro de cada variable será estimada según el factor de *comunalidad*, que corresponde a la suma de los cuadrados de las saturaciones en cada fila, según:

$$h_j = a_{j1}^2 + a_{j2}^2 + a_{j3}^2 + ..... + a_{ji}^2$$

Siendo:

$h_j$ : Comunalidad de la variable j

$a_{ji}$ : Peso de la variable $j$ en el factor $i$.

Dependiendo de los resultados obtenidos en el Análisis de Componentes Principales, se procedió a realizar un análisis de Regresión Múltiple adicionando ó removiendo las componentes principales, considerando las densidades acústicas de cada especie como variable dependiente.

## 4.4 Objetivo específico 2.4

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

Las estaciones costeras de monitoreo mensual preestablecidas desde mayo del año 1997, están localizadas a 2 mn al oeste de los puertos de Arica, Iquique y Mejillones y fueron monitoreadas durante 10 meses, entre junio de 2005 a marzo de 2006. De este total, tres muestreos fueron efectuados a bordo del B/C "Carlos Porter", durante los cruceros estacionales de invierno y primavera de 2005 y verano de 2006, correspondiente a los meses de septiembre y diciembre de 2005 y febrero de 2006, los 7 restantes a bordo de embarcaciones pesqueras de CORPESCA.

En la realización de las estaciones mensuales se recolectaron muestras de plancton, clorofila-**a** y se obtuvieron datos de temperatura, salinidad y oxígeno de acuerdo al siguiente procedimiento:

Para la ocupación de las estaciones costeras se realizaron previamente las reuniones que año a año se efectúan, a objeto de planificar y coordinar los protocolos a seguir de acuerdo a una metodología estandarizada entre CORPESCA e IFOP.

Los muestreos efectuados por CORPESCA se realizaron los primeros días de cada mes, a bordo de una panga equipada con el material necesario para efectuar las recolecciones ***in situ***.

### 4.4.1 Variables oceanográficas

En los meses de junio y julio, las variables temperatura y salinidad se obtuvieron en forma discreta utilizando una botella Niskin de 1 L, pero a partir de septiembre, estas variables se midieron en forma continua hasta un máximo de 50 m, mediante el uso de un CTD marca APPLIED MICROSYSTEM modelo CTDPLUS V2. Los muestreos discretos de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto (**OD**) y clorofila-***a*** (**cloa**) se realizaron en los niveles estándar de 0, 5, 10, 20, 30, 50 m.

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

El control de calidad de los datos de CTD se realizó con información de temperatura medida con termómetros de inversión y de análisis de muestras de agua para salinidad, ambas del nivel más profundo que en general fue de 50 m.

Los datos de temperatura y el resultado de los análisis de salinidad y oxígeno, se graficaron como serie de tiempo con profundidad, incorporando la serie obtenida desde mayo de 1997.

Con respecto a su procesamiento, se utilizó la misma rutina descrita para las estaciones de los cruceros estacionales (ver **4.1.5**).

### 4.4.2 Variables biológicas

#### 4.4.2.1 Clorofila-a

Debido a que la plataforma de trabajo mensual fueron embarcaciones pesqueras, se utilizó para el muestreo, un sistema de filtrado manual con jeringa y portafiltro (Swinnex) de 25 mm de diámetro. El volumen de filtrado se mantuvo en 50 mL, utilizando para esto una probeta plástica. Las muestras fueron almacenadas a bordo en nitrógeno líquido, separadas en envases criogénicos con la finalidad de mantenerlas a la menor temperatura posible, hasta el momento de su análisis en el laboratorio en tierra.

El procesamiento de estas muestras fue similar al descrito anteriormente para los cruceros ***in situ*** señalado en los puntos **4.1.2**. Los datos superficiales e integrados de las estaciones fijas, fueron agregados a las cartas de distribución superficial e integrada de la biomasa fitoplanctónica en el crucero estacional correspondiente. El análisis de las muestras se realizó en los laboratorios de IFOP - Valparaíso.

Los datos de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto y clorofila-**a**, fueron ingresados a la base de datos, analizándose en base a series de tiempo con la variable profundidad.

#### 4.4.2.2 Plancton

Se recolectaron muestras planctónicas a través del mismo procedimiento descrito en el objetivo 4.2, mediante arrastres verticales integrados y estratificados, utilizando la misma metodología para ambos sistemas de recolecta. El procesamiento de las muestras recolectadas y su respectivo análisis se realizó siguiendo la rutina descrita para las muestras obtenidas durante los cruceros ***in situ*** (Bougis, 1974; Arcos, 1975; Venrick, 1978; Aravena, 1999).

De cada muestra, se separaron e identificaron los huevos y larvas de las especies anchoveta, sardina, jurel y caballa, provenientes del muestreo integrado (0-50 m) y de los distintos estratos de profundidad (0-10, 10-25 y 25-50 metros), información que posteriormente se comparó con los registros históricos. Posteriormente se estimó la biomasa zooplanctónica a través de método volumétrico y finalmente se determinó y cuantificaron los principales grupos zooplanctónicos.

La determinación del volumen del zooplancton para toda la columna de agua (0-50 m) y para los tres niveles de profundidad considerados, se efectuó con posterioridad a la extracción de los estadíos tempranos de peces, realizándose la misma metodología y análisis señalado en el punto **4.2.7.4.**

Para los análisis cualitativo y cuantitativo del zooplancton, se emplearon microscopios estereoscópicos, marca Nikon y Zeis con aumentos de 8 a 50 veces. Cada grupo zooplanctónico fue separado y contabilizado. Para la cuantificación de aquellos zooplancteres cuyas abundancias fueron muy grandes, se utilizó el submuestreador Folsom (Smith y Richardson, 1979; Boltovskoy, 1981) para su subdivisión, mientras que el conteo de los organismos poco abundantes se realizó sobre la muestra total.

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 relativa del zooplancton fue estandarizada y expresada como número de individuos presentes en 1.000 $m^3$ de agua de mar filtrada.

En el análisis se consideraron principalmente los organismos zooplanctónicos más abundantes en términos de su abundancia relativa y de su dominancia numérica.

La información obtenida de la totalidad de huevos y larvas de las 4 especies, además de aquellas no involucradas a nivel específico, fueron incorporadas en las bases de datos, las que posteriormente fueron analizadas comparativamente considerando técnicas de serie de tiempo.

El equipo de trabajo que realizó mensualmente esta actividad corresponde a la tripulación de un barco pesquero y dos técnicos de CORPESCA. La tripulación bajo la supervisión de CORPESCA efectuó la recolecta de las muestras en cada estación fija, las que una vez desembarcadas, fueron remitidas a los laboratorios centrales de IFOP en Valparaíso, para sus respectivos análisis.

# VIII. RESULTADOS

## A. Objetivo específico 2.1

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

## 5. Condiciones oceanográficas

### 5.1 Vientos

En el invierno de 2005 se realizaron 791 observaciones de viento horario durante la ejecución del crucero **(Figura 7a)**. De éstos, el 34% registró una intensidad menor a 5 m/s, un 11,8% fue mayor a 10 m/s y un 51,8% estuvo entre 5 y 10 m/s. En la distribución espacial de los valores de intensidad, el sector de Arica e Iquique tuvo mayor cantidad de mediciones en el rango 0 a < 5 m/s. Entre Iquique y Antofagasta se registraron también mediciones <5 m/s pero en forma alternada con intensidades mayores a lo largo del área. Desde Antofagasta al sur, las mediciones menores a 5 m/s, se consignaron prácticamente sólo entre punta Ballenita y Chañaral. Entre Chañaral y Pichidangui, las intensidades fueron en general mayores a 5 m/s, pero estuvieron sobre el valor de 10 m/s al sur de Coquimbo. La dirección del viento registró un porcentaje de 91% para los cuadrantes 2 y 3, (48 y 43%, respectivamente), mientras que sólo un 5 y 2% correspondieron a los cuadrantes 1 y 4. En el 1% de las mediciones se registró calma.

El índice de surgencia costero promedio por latitud (**ISP**) **(Figura 7b)** estuvo en el rango de 206 a 3625 $m^3/s$ por 1000 m de costa. Los mayores valores de ISP se encontraron desde los 28°S hacia el sur, con el máximo entre los 30° y 31°S, mientras que el mínimo correspondió al sector entre los 27° y 28°s de latitud con sólo 206 $m^3/s$.

Valores mínimos relativos (< 500 $m^3/s$) se midieron entre los 19° y 21°S, entre los 23° y 24°S y entre 27° y 28°S. La distribucion espacial del índice de turbulencia promedio por latitud (**ITP**) **(Figura 7c)** tuvo los máximos relativos de la zona al sur de los 28°S y los mínimos relativos en las cercanías de Chañaral, Arica e Iquique. El rango total del ITP costero fue de 70 a 2201 $m^3/s^3$, registrándose un valor similar en el ITP oceánico en el cual se midió de 97 a 1713 $m^3/s^3$. Valores intermedios (aproximadamente 1000 $m^3/s^3$), se encontraron entre los 29° y 30°S (frente a Totoralillo), tanto en el sector costero como oceánico y en el sector nerítico entre los 28° y 29°S (frente a Huasco).

Durante el crucero de primavera se realizaron 183 observaciones de viento horario **(Figura 8a).** El 44% de ellas tuvo una intensidad menor a 5 m/s, el 56% entre 5 y 10 m/s y menos del 1% fue mayor a 10 m/s. La distribución espacial de intensidad en la zona señaló que aquellos menores a 5 m/s se ubicaron en toda el área entre Arica y punta Lobos y sólo en el sector costero de punta Lobos a bahía Moreno, aunque en esta ultima zona se presentaron en forma conjunta con las de intensidad mayor. Aquellas iguales o mayores a 5 m/s abarcaron también el sector oceánico de punta Copaca a Antofagasta (Transectas 2 y 1). En la dirección del viento, las mediciones horarias señalaron un porcentaje total de 99% para los cuadrantes 2 y 3 (25 y 74%, respectivamente), mientras que un 0 y 1% correspondieron a los cuadrantes 1 y 4.

El ISP **(Figura 8b)**, estuvo en el rango de 329 a 1059 $m^3/s$. Los menores ISP se encontraron entre los 19° y 20°S y entre los 22° a 23°S de latitud, ambos con valores cercanos a los 350 $m^3/s$. Los restantes ISP oscilaron entre 700 y 1050 $m^3/s$ con el máximo localizado entre los 23 y 24°S. El ITP **(Figura 8c)** tuvo valores en la costa entre 42 y 322 $m^3/s^3$, con los mínimos ubicados en los mismos sectores señalados para los ISP; los máximos estuvieron entre 145 y 322 $m^3/s^3$ en las restantes posiciones latitudinales, ubicándose el máximo frente a Antofagasta. En el área oceánica, los ITP registraron un rango de 151 a 533 $m^3/s^3$ con el mínimo localizado entre los 19° y 20°S y el máximo entre los 21° y 22°S. Un mínimo secundario, de 173 $m^3/s^3$, se localizó inmediatamente al sur del valor mínimo

señalado anteriormente, mientras que el resto presentó valores cercanos a los 250 $m^3/s^3$.

En verano, los vientos horarios **(Figura 9a)** entre Arica y punta Lobos tuvieron mayoritariamente una componente sur, mientras que en el sector oceánico de punta lobos al sur, en las secciones de bahía Moreno y punta Copaca, hubo sectores que registraron vientos con una componente norte. El 63% de las mediciones de viento, de un total de 227, indicaron una intensidad menor a los 5 m/s, mientras que el restante 36% correspondieron a intensidades comprendidas entre 5 y 10 m/s y sólo el 1% fueron mayores a 10 m/s. Los vientos con intensidad menor a 5 m/s se distribuyeron en toda la zona, no obstante fueron más frecuentes en la franja costera y en las secciones de bahía Moreno y punta Copaca. Por el contrario, los vientos de intensidad mayor se ubicaron preferentemente en el sector oceánico de la mitad norte de la zona. Las dos únicas mediciones de viento con intensidad mayor a 10 m/s se ubicaron entre las 70 y 80 mn de la costa en la sección de Arica. La dirección de los vientos fue un 3,5% del primer cuadrante, 7,5% del cuarto, y el 32,6% y 56,4% corresponden a los cuadrantes 2 y 3, por lo tanto el 89% de los vientos tuvo una componente sur.

El ISP en la costa **(Figura 9b)** tuvo un rango de valores entre 158 y 633 $m^3/s$. El mínimo se ubicó centrado en los 21°30'S, que junto con el ISP de 243 $m^3/s$ de los 22°30'S, señalaron a este sector de la zona como el de menores valores. No obstante lo anterior, el máximo de 633 $m^3/s$ se promedió en los 23°30'S. Los más altos ISP se ubicaron entre los 18° y 21°S, pues las tres mediciones correspondientes a este sector estuvieron en el rango de 424 a 577 $m^3/s$. EL ITP **(Figura 9c)** en la costa tuvo valores en el rango de 18 a 162 $m^3/s^3$, registrándose en general, los mayores índices en la mitad norte de la zona. Los ITP en el sector oceánico estuvieron en el rango de 152 a 334 $m^3/s^3$, con los mayores ubicados en la mitad norte de la zona con un rango de 178 a 334 $m^3/s^3$.

## 5.2 Temperatura superficial del mar

En invierno de 2005, la temperatura superficial del mar (**TSM**) **(Figura 10a)**, estuvo en el rango de 12° a 17,4°C **(Tabla 7).** El mínimo se ubicó en el sector sur a 1 mn frente a caleta Maitencillo de Coquimbo y el máximo en el límite norte, a 40 mn frente a Arica. En el sector oceánico, las mayores TSM se midieron entre Arica y punta Lobos, con valores sobre los 16°C, disminuyendo hacia el límite sur de la zona, hasta un mínimo de 13,8°C en la estación de 40 mn frente a Pichidangui. Las menores TSM del sector costero (respecto del valor de TSM oceánico) se ubicaron de punta Lobos a Tal-Tal, en el sector centro-norte de la zona, y de Huasco a punta Pozo por el sur. No hubo formación de gradientes térmicos superficiales de importancia en la zona.

En primavera, la TSM **(Figura 10b)**, estuvo en el rango de 15,4° a 22,6°C **(Tabla 7).** El mínimo valor se localizó a 1 mn frente a punta Copaca y el máximo en la estación de 40 mn frente a Arica. La zona se caracterizó por presentar en el sector oceánico de la mitad norte (Arica a 21°S) las máximas TSM que superaron los 21°C, mientras que hacia el sur éstas oscilaron solamente entre 18 y 20°C. A lo largo del sector costero se registró una franja de TSM mínimas, 16° a 19°C, de ancho variable entre 10 a 20 mn, como se observó frente a punta Junín y frente a Iquique, respectivamente. El sector costero de Tocopilla fue el único en registrar condiciones más cálidas en relación a lo observado en la vecindad, ya que se midieron valores de 19,2°C que abarcaron una capa de 5 m, para luego disminuir rápidamente en la vertical a menos de 14° a 10 m de profundidad. Dos sectores costeros mostraron la presencia de aguas frías: el primero va de punta Junín a punta Lobos, con una extensión de la isoterma de 20°C hasta las 50 mn y el otro es el sector entre punta Pinto (19°40'S) y Pisagua (19¨35'S), hasta 20 mn. El sector costero entre Tocopilla y Antofagasta también mostró una importante extensión de aguas frías hacia el oeste, sin embargo, esto podría ser producto de la interpolación. El sector más cálido de toda la zona, con temperaturas > 22°C, se ubicó entre Arica y punta Junín por sobre las 40 mn de la costa.

La TSM de verano **(Figura 10c)** fluctuó entre 14,65° a 25,9°C **(Tabla 7)**. El mínimo señalado se ubicó en la estación costera frente a punta caleta Errázuriz (punta sur de la península de Mejillones) y el máximo en la estación de 100 mn frente a punta Madrid (19°S). El sector oceánico tuvo, en general, valores superiores a 22°C, con los máximos (> 25°C) en el área nor-oeste de la zona que va de Arica a Iquique y por sobre las 70 mn. Las menores TSM oceánicas se encontraron en el borde sur de la zona con un rango de 22° a 23°C. Dentro de la franja de las primeras 50 mn, se formó un frente térmico importante dado por la diferencia de hasta 8°C entre el sector costero y oceánico. Sectores como Tocopilla, punta Lobos y punta Junín presentaron TSM que no superaron los 16°C.

Los promedios históricos mensuales de TSM, disponibles para la zona de estudio corresponden al sector comprendido entre Arica y rada Paposo, por lo que sólo para el área señalada se calcularon las anomalías térmicas de TSM (**ATSM**).

Las ATSM de invierno **(Figura 11a)** tuvieron valores negativos para el mes **(Tabla 7)**, que fluctuaron entre 0 y -1°C en el sector oceánico, y entre -1 a -2,3°C en la costa. Hacia el sector oeste se extendieron importantes áreas con anomalías negativas por sobre 1°C (absoluto), centradas frente a punta Copaca y punta Junín, que llegaron hasta las 70 mn de la costa. Las únicas ATSM positivas para el período se registraron en el sector oceánico por sobre las 70 mn entre Antofagasta y rada Paposo, mientras que en la costa se ubicaron en bahía Moreno.

Las ATSM **(Figura 11b)** de primavera estuvieron en el rango de -3,6 a 3,1°C **(Tabla 7)**, las que se ubicaron a 1 mn frente a punta Lobos y a 10 mn frente a punta Junín, respectivamente. La ATSM caracterizó a la zona de estudio en dos áreas: la primera entre Arica y punta Junín con un predominio de valores positivos que fueron en general menores a 1°C, donde se ubicó la máxima ATSM y otro a 40 mn frente a Arica. La segunda área va desde punta Junín al sur con predominio de valores negativos, que fueron en general entre 0 y -1°C en el sector oceánico y de

-1° a -3,6°C hacia la costa, destacándose en esta última área una extensión hacia el oeste de las anomalías negativas que llegaron hasta las 70 mn entre Iquique y punta Patache. La excepción a lo señalado para esta área corresponde al sector costero de Antofagasta, pues registró anomalías positivas de ATSM mayores a +1°C hasta las 10 mn.

Las ATSM de verano **(Figura 11c, Tabla 7)** indicaron para el sector por sobre las 40 mn, un predominio de valores positivos entre 0 y +1°C con un máximo aislado de +2,6°C en la estación de 40 mn frente a punta Copaca (22°20'S). El sector costero, en cambio, registró anomalías negativas, excepto entre Tocopilla y Mejillones y en bahía Moreno. En esta última localidad las anomalías fueron de hasta +3°C. En el caso de las anomalías negativas, éstas tuvieron un máximo de -4°C en la misma estación donde se registró la mínima térmica, sin embargo, en todo el sector costero predominaron valores entre -2° y -3°C.

## 5.3 Salinidad superficial del mar

En invierno, la salinidad superficial del mar (**SSM**) registró valores en el rango de 33,75 a 35,1 psu **(Figura 12a, Tabla 7)**. El mínimo se observó en el extremo sur de la zona en la estación de 70 mn frente a Pichidangui y el máximo en la estación de 100 mn frente a Antofagasta. En general, de acuerdo a la distribución de esta variable, la zona de estudio se puede dividir en 4 áreas. La norte, que va de Arica a punta Lobos, con salinidades mayores a 35 psu, la segunda desde punta Lobos a Antofagasta, donde se registró en dirección sur una rápida disminución de la salinidad desde 35,0 a 34,6 psu, la tercera va desde Antofagasta hasta los 31°S con un menor gradiente de variación y que llegó a hasta los 34,1 psu, y luego una cuarta área donde hubo una brusca disminución desde 34,1 hasta 33,8 psu entre los 31°S y Pichidangui. Las SSM del sector costero desde Caldera al sur, fueron mayores que aquellas observadas en el sector oceánico adyacente, ocurriendo una situación contraria en el sector Arica-Caldera.

La SSM de primavera fluctuó entre 34,5 y 35,25 psu **(Figura 12b, Tabla 7)**. La ubicación de ambos valores extremos fue de 20 mn frente a Antofagasta y 40 mn frente a Arica, la que en este caso coincidió en ubicación con el máximo de TSM. Los máximos de SSM se registraron en el área oceánica entre Arica y Punta Lobos, formando un gradiente salino en sentido norte sur, mientras que hacia el sur de la última localidad se registró una menor variación respecto al área norte, con salinidades entre 34,5 a 34,7 psu. La presencia de un gradiente salino en la costa sólo se observó entre Arica y punta Junín y frente a punta Lobos, ya que entre Iquique y punta Patache se extendió una lengua de aguas de baja salinidad relativa hacia el oeste con valores entre 34,8 a 34,9 psu y que alcanzó hasta las 70 mn.

En verano, la SSM **(Figura 12c)** registró un amplio rango de valores de 34,4 a 35,4 psu (**Tabla 7)**. El mínimo se midió en el sector costero a 10 mn frente a punta Copaca y el máximo a 10 mn frente a punta Madrid (19°S). En general, los mayores valores de salinidad se localizaron entre Arica y punta Lobos donde superaron los 34,9 psu, mientras que de Tocopilla al sur fueron menores al valor señalado, con un mínimo de 34,6 en el borde sur de la zona. En el sector costero se formaron dos áreas características, la primera corresponde a la de Arica a Tocopilla donde hubo salinidades entre 34,8 a 34,9 psu, mientras que la segunda fue de Tocopilla al sur, con salinidades menores a 34,8 psu, formando gradientes salinos particularmente intensos entre Tocopilla y Mejillones, donde las salinidades fueron menores a 34,7 psu.

Las anomalías de salinidad (**ASSM**) **(Figura 13a, Tabla 7)** señalaron un predominio de valores negativos coincidiendo con la ubicación de las ATSM, es decir, las mayores anomalías negativas se localizaron entre Arica y punta Junín y entre punta Arenas y rada Paposo. Particularmente, en este último sector se midió la máxima negativa que fue de -0,37 psu a 40 mn frente a punta Copaca. Las mayores ASSM del período se midieron en el área oceánica, con valores negativos menores a 0,1 psu en el sector costero, destacándose un foco de anomalías positivas en el area nerítica que se extendió desde Arica a punta Lobos.

Las anomalías de salinidad superficial (**ASSM**) **(Figura 13b, Tabla 7)** registraron un rango de valores entre -0,35 y 0,24 psu. El mínimo estuvo 20 mn frente a Iquique y el máximo a 40 mn frente a Arica. Esta variable tuvo una distribución similar a la registrada por las ATSM, es decir, caracterizó un sector con predominio de valores positivos entre Arica y punta Junín y con valores negativos desde esa última localidad al sur. No obstante lo anterior, se registraron algunos valores positivos frente a punta Copaca y Antofagasta que formaron pequeños focos. En el sector oceánico entre Iquique y Mejillones las anomalías superaron valores de -0,2 psu, generando dos focos de extensa área, superando los -0,3 psu frente a Iquique.

En verano, las ASSM **(Figura 13c, Tabla 7)** tuvieron un claro predominio de valores negativos, encontrándose en pocos sectores anomalías positivas, pero en general no superaron el valor de +0,1°C. Las anomalías negativas señaladas tuvieron un máximo de -0,4 psu, medido en la estación de 20 mn frente a punta Copaca. Las anomalías negativas en el sector oceánico superaron los 0,1 psu, formando incluso extensos focos de valores mayores a -0,2 psu.

## 5.4 Densidad superficial

El rango de densidad superficial en invierno fue de 25,2 a 26,2 kg/m$^3$ **(Figura 14a, Tabla 7).** Los mayores gradientes se ubicaron en un sentido latitudinal (este-oeste) con los menores valores en el sector costero. En el sector oceánico se observó un bajo gradiente longitudinal (norte-sur). El valor mínimo se midió en la estación de 70 mn frente a Pichidangui y el máximo en la estación de 1 mn de la transecta 11 frente a caleta Maitencillo de Coquimbo. Los dos focos costeros de menores densidades se ubicaron entre punta Patache y punta Copaca y desde Huasco a Pichidangui. Un tercer foco, pero solo de densidades intermedias, se localizó entre Arica y punta Camarones en el extremo noroeste.

En primavera, la densidad superficial registró valores entre 24,23 y 25,72 kg/m$^3$, localizado el mínimo a 100 mn frente a Arica y el máximo a 1 mn frente a punta Copaca, **(Figura 14b, Tabla 7).** Los menores valores de esta variable se ubicaron en el sector costero y los mayores en el oceánico, siguiendo una distribución similar a la de TSM, con gradientes importantes en el sector costero y con baja variación en sentido norte-sur en el sector oceánico, especialmente entre Arica y Tocopilla. Se observa también un sector sin gradiente costero en las cercanías de Tocopilla y la extensión hacia el oeste de valores de baja densidad frente a punta Madrid e Iquique.

En verano, la densidad **(Figura 14c)** registró valores en el rango de 23,2 a 25,8 Kg/m$^3$ **(Tabla 7).** Los menores valores (<23,4 Kg/m$^3$) se ubicaron en el sector oceánico entre Arica y punta Lobos, con el mínimo indicado en la estación de 100 mn frente a Arica. Las máximas densidades se localizaron en la costa, con valores que superaron los 25,0 Kg/m$^3$, registrándose el máximo señalado en punta Caleta Errázuriz. Se registraron fuertes gradientes de densidad que abarcaron al menos las primeras 40 mn de la costa en toda la zona. El sector oceánico con las menores densidades se localizó entre Mejillones (23°10'S) y el borde sur de la zona, con valores comprendidos entre 23,8 y 24,0 Kg/m$^3$.

## 5.5 Distribución superficial de OD

En invierno de 2005, la distribución superficial de oxígeno disuelto (**OD**) **(Figura 15a, Tabla 7)**, presentó en el sector oceánico entre Arica y bahía Moreno, concentraciones entre 5,7 y 6,4 mL/L. En el sector costero se observaron focos subóxicos (< 5 mL/L) desde Arica a punta Junín, entre caleta Chipana y Tocopilla; frente a la punta norte de la península de Mejillones (Lat. 23º 10'S); y entre las 5 y 10 mn frente a bahía Moreno. En la costa hubo también focos de nivel óxico (> 7 mL/L) en la estación de 20 mn frente a punta Copaca y en la estación costera frente a punta Cobija (Lat. 22º 40'S). Desde bahía Moreno al sur, las concentraciones de OD en el sector oceánico

fluctuaron cerca de los 6,5 mL/L, mientras que el sector costero hubo focos subóxicos desde caleta Inglesa hasta caleta Maitencillo con valores cercanos a 3,5 ML/L en las estaciones costeras de esas secciones. Valores mayores a 7 mL/L se midieron en la costa frente a Pichidangui.

En la primavera de 2005, las concentraciones de OD superficial **(Figura 15b, Tabla 7)** oscilaron en el sector oceánico entre los 5,2 y 6,3 mL/L, con los valores más altos desde punta Copaca al sur. En la zona costera se observaron focos subóxicos (< 5 mL/L) entre punta Madrid (19º03'S) y punta Camarones (19º22'S), con valores mayores a 4 mL/L; entre Iquique y caleta Chipana (21º20'S) y en las estaciones costeras de punta Copaca, ambos con un valor mínimo cercano a 2,5 mL/L. En el sector costero entre Mejillones y Tocopilla los valores de OD fueron > 6 mL/L. Frente a bahía Moreno el OD fue de 8,1 mL/L en la estación de 10 mn.

Las concentraciones de OD del sector oceánico medidas en verano de 2006, **(Figura 15c, Tabla 7)** oscilaron entre los 5,2 y 7,6 mL/L. Valores > 7 mL/L se registraron en forma puntual en el sector, destacándose los ubicados a 70 mn de la costa frente a punta Lobos y a bahía Moreno. En el sector costero valores > 5 mL/L se midieron en las primeras 5 mn frente a punta Lobos, observándose varios focos de valores > 7 mL/L donde los mayores valores se registraron en punta Cobija (22º 33'S) con 9,1 mL/L y en las primeras 5 mn de bahía Moreno con valores sobre 9 mL/L.

## 5.6 Profundidad de la isoterma de 15°C

En invierno de 2005, la isoterma de 15°C (**Is15**) **(Figura 16a)** registró las menores profundidades en el sector costero, aumentando gradualmente hacia el área oceánica frente a Antofagasta. El rango de profundidades fue de 0 a 80 m **(Tabla 7)**, con el mínimo en la estación de 1 mn frente a punta Lobos y el máximo a 100 mn frente a Antofagasta. Temperaturas de 15°C sólo se registraron hasta la latitud de Chañaral. En el sector oceánico, las menores profundidades de la **Is15** estuvieron a 100 mn

frente a Arica, donde no superaron los 40 m, y en la transecta de Chañaral (26°20'S) con un máximo de 30 m en la estación de 20 mn. Entre Tocopilla y Mejillones, destacó la extensión de un foco de profundidades menores a 30 m desde la costa hasta un un máximo de 70 mn.

La **Is15 (Figura 16b)** registró en primavera un mínimo de 3 m y un máximo de 76 m a 5 y 70 mn frente a punta Copaca **(Tabla 7)**, respectivamente. Todo el sector costero hasta las 10 mn, registró niveles de profundidad menores a 20 m, incluso menores a 10 m desde punta Lobos al sur. El sector oceánico mostró dos focos de máxima profundidad: uno centrado en las 60 mn frente a Arica, con niveles que superaron los 60 m y el otro a 70 mn frente a punta Copaca, con una profundidad similar. Hacia el nor-oeste de Iquique y hasta las 70 mn, se presentó una condición de baja profundidad de la **Is15**, con niveles inferiores a 30 m, manteniéndose un foco de profundidad entre 30 y 40 m hasta el borde nor-oeste de la zona.

La **Is15** en verano de 2006 presentó **(Figura 16c)** un rango de profundidad entre 4 y 66 m (**Tabla 7)**. El mínimo de profundidad se midió en la estación de la milla frente a punta Junín y el máximo a 100 mn frente a punta Cobija (22°40'S). El sector costero exhibió, en general, una profundidad entre 10 y 20 m, aumentando hacia el oeste hasta profundidades de 40 y 50 m entre Arica y punta Lobos. Al sur de punta Lobos la **Is15** aumentó a profundidades mayores de 50 m, con máximos de 66 m en el sector oceánico frente a punta Copaca y bahía Moreno.

Las anomalías de la profundidad de la **Is15** sólo pudieron ser calculadas hasta la transecta realizada frente a rada Paposo. En invierno **(Figura 17a, Tabla 7)** predominaron anomalías negativas (menor profundidad que el promedio histórico), encontrándose sólo anomalías positivas en el sector oceánico por sobre las 70 mn desde Antofagasta al sur. Desde Arica hasta Mejillones hubo un solo foco de anomalías negativas menores a 10 m, ubicado entre Iquique y caleta Chipana desde las 10 mn hacia el oeste. En el resto del área, las anomalías negativas

superaron este valor llegando a ser mayores que 30 m, como es el foco oceánico frente a punta Copaca. Desde Mejillones hasta rada Paposo, las anomalías fueron negativas en el sector costero, superando sólo los -20 m en las primeras 10 mn frente a esta última localidad, pero desde el sector oceánico central hacia las 100 mn las anomalías fueron positivas con un máximo de 36 m.

Las anomalías de primavera **(Figura 17b, Tabla 7)** registraron valores extremos de -28 y +27 m localizados respectivamente a 50 mn frente a caleta Patillos (20°40'S) y a 70 mn frente a punta Copaca. Esta variable registró valores positivos en ambos sectores extremos de la zona, separados por una franja diagonal en sentido sur-este que comienza en el borde nor-oeste. En los sectores de anomalías positivas se ubicaron dos focos con máximos valores (> 20 m), muy localizados con valores inferiores a 10 m en el área circundante. En el caso de la franja de valores negativos, predominaron las menores a 15 m, con la presencia de un foco principal en el sector oceánico central frente a Iquique, que tuvo anomalías de -25 m pero que corresponde también sólo a una estación.

En verano **(Figura 17c)**, las anomalías tuvieron un rango de -34 a 18 m, el primero en la estación de la milla frente a punta Junín, y el segundo en la estación de 40 mn frente a punta Copaca (**Tabla 7)**. En el sector oceánico de la mitad sur de la zona, éstas fueron positivas con predominio de valores hasta +10 m, con la presencia de un pequeño foco de valores mayores donde se ubicó el máximo señalado. En el sector oceánico de la mitad norte se localizaron anomalías negativas, principalmente con valores entre 0 y -20 m. En la costa las anomalías fueron negativas pero de un valor variable, formando un foco de anomalías mayores a -20 m entre Pisagua y punta Lobos, mientras que entre Arica y punta Camarones, caleta Chipana a Tocopilla y en la bahía de Mejillones, éstas estuvieron entre -10 y -20 m. En el resto del sector costero desde Tocopilla al sur, excepto Mejillones, las anomalías no superaron los -10 m.

## 5.7 Circulación geostrófica superficial

En invierno, la extensa zona de estudio se caracterizó por presentar un flujo geostrófico **(Figura 18a)** hacia el norte entre punta Lobos y el límite sur de la zona, mientras que entre Arica y los 21°S se ubicó un flujo de dirección variable. Entre Arica y Mejillones, el flujo geostrófico variable fue en general de baja intensidad excepto en el sector costero hasta las 40 mn entre punta Lobos y Mejillones, donde la velocidad del flujo hacia el norte fue mayor. En esta misma área, se observaron flujos hacia el oeste entre punta Lobos y Mejillones, hacia el este frente a Pisagua y hacia el norte en el sector costero entre Arica y Pisagua, todos de intensidad de circulación comparativamente baja. El sector comprendido entre Mejillones y Chañaral, mostró una circulación con mayor velocidad que la observada en el sector norte, destacándose además en esta área que los flujos son intensos tanto en el sector costero como oceánico, excepto en el sector nerítico próximo a Chañaral, donde los flujos fueron más débiles con la presencia de un flujo hacia el sur. Desde Chañaral al sur los flujos hacia el norte predominaron en el sector costero con una intensidad mayor que lo que ocurre en el área oceánica. No se observaron en el área giros de mesoescala, sólo lo que parecen ser parte de ellos en el sector oceánico frente a Antofagasta y frente a caleta Inglesa (29°S).

En primavera, se definieron tres sectores **(Figura 18b)**. El primero, que comprende el área entre Arica y punta Lobos, corresponde a flujos hacia el sur-este en el área oceánica, con un flujo muy costero hacia el norte; el segundo a un sector con circulación hacia el este frente a punta Lobos y la tercera, de caleta Chipana al sur, donde predominaron los flujos hacia el norte, principalmente en el sector central, ya que en el sector oceánico y costero se ubicaron dos giros parciales, uno de sentido ciclónico y uno anticiclónico de mayor tamaño. En esta distribución de flujos se observó un área de bajas velocidades relativas que corresponde al sector frente a Iquique y que se extendió hacia el noroeste hasta el borde del área y por otro lado, parte de lo que parece ser un giro anticiclónico ubicado en el borde norte de la zona.

En verano, la zona se caracterizó por mostrar dos áreas diferentes **(Figura 18c)**. La primera costera, que presenta un predominio de flujos hacia el norte, principalmente entre Arica y Tocopilla, que llegan hasta las 50 mn de la costa, mientras que en las cercanías de la península de Mejillones los flujos que la rodean, salen hacia el oeste desde bahía Moreno y entran con dirección este por la bahía de Mejillones. El flujo recién señalado alcanzaría también a llegar hasta las 50 mn de la costa. La segunda corresponde al área oceánica, donde se encuentran dos sectores de mayores velocidades relativas, uno en el borde noroeste que correspondería a un flujo anticiclónico y otro en el sector oceánico central frente a punta Copaca donde se presentó un semi giro anticiclónico centrado en la estación de las 70 mn. El sector oceánico entre punta Junín y Tocopilla corresponde a un área de baja velocidad geostrófica.

## 5.8 Capa de mezcla

En invierno, la capa de mezcla (**CM**) **(Figura 19a, Tabla 7)** mostró una distribución variable en la zona. En la zona costera hubo menores espesores de la CM, habitualmente inferiores a 10 m, mientras que hacia el sector oceánico aumentó formando focos de mayores profundidades. El máximo espesor fue de 47 m y se registró en la estación de 100 mn frente a caleta Maitencillo de Coquimbo. Las mayores CM se registraron en general en el área que va de Chañaral al sur, ya que los focos de máximos abarcaron áreas más extensas que en el resto del área hacia el norte. Entre los sectores costeros y oceánicos que tuvieron menores CM destacaron los de Arica - Iquique, Antofagasta - punta Tres Picos y frente a Chañaral, donde la CM no superó los 15 m.

En primavera, la CM presentó un espesor máximo de 32 m a 100 mn frente a la península de Mejillones **(Figura 19b, Tabla 7)**. Tanto el sector costero de toda la zona como el oceánico de la mitad norte, registraron un espesor inferior a los 5 m, excepto por un foco de valores entre 5 y 10 m localizado en el sector oceánico central entre Arica y punta Junín. El sector oceánico desde punta Lobos al sur registró un aumento del espesor de la CM hasta el máximo señalado, el que formó un foco en el extremo sur-oeste de la zona.

La CM de verano **(Figura 19c)** tuvo un máximo de 14 m en la estación de 100 mn frente a punta Camarones **(Tabla 7)**. El sector costero y oceánico central se caracterizaron por presentar un espesor de hasta 5 m, mientras que el sector más oceánico, al oeste de las 50 mn, registró espesores entre 5 y 10 m. Solamente el sector oceánico ubicado frente a punta Madrid (19°05'S) registró CM mayores en dos estaciones. El área oceánica entre punta Copaca y Mejillones y en la sección de Arica, ambos por sobre las 80 mn, fueron las únicas en registrar una CM menor a 5 m. Las estaciones sin CM se agruparon en el sector costero de Arica a punta Camarones (19°20'S) y de punta Lobos a punta Copaca.

## 5.9 Termoclina

En invierno, el espesor de la termoclina (**ET**) **(Figura 20a, Tabla 7)** fue en general menor a los 15 m con extensas áreas que registraron entre 5 y 10 m. ET menores a 5 m o sin termoclina sólo se ubicaron en el sector costero de Arica a Pisagua; punta Lobos a Mejillones y de Caldera a Pichidangui.. Los ET mayores a 15 m se ubicaron en un foco asilados frente a caleta Ligate (20°30'S), donde se midió el máximo de 18 m. El ET en primavera **(Figura 20b)** fue mayor en la mitad norte de la zona (Arica – Punta Lobos) en relación a lo registrado en la mitad sur pues hubo un predominio de espesores entre 20 y 30 m con un máximo de 43 m a 20 mn frente a Arica **(Tabla 7).** Al sur de punta Lobos, los ET disminuyeron de norte a sur de 20 a menos de 10 m. El ET de verano fue variable, **(Figura 20c)**, con un máximo de 38 m a 100 mn frente a

Arica y el mínimo de 3 m en la costa frente a Tocopilla y punta Angamos **(Tabla 7)**. Los ET menores a 20 m se localizaron en la franja de las primeras 20 mn. En el sector oceánico al norted e punta Lobos los ET fueron máximos, superando los 30 m en un extenso sector centrado en la estación de 70 mn frente a Pisagua. Al sur de punta Lobos predominan los espesores comprendidos entre los 20 y 30 m.

La temperatura base de la termoclina (**TBT**) **(Figura 21a)** en invierno disminuyó de norte a sur desde <15°C a < 13°C. Los extremos térmicos para esta variable fueron 15°C como máximo a 1 mn frente a Pisagua, mientras que el mínimo de 11,5°C se registró a 15 mn frente a Cta. Inglesa **(Tabla 7)**. La TBT fue mayor en la costa, pero desde bahía Salada al sur lo fueron en el area oceánica. La TBT de primavera **(Figura 21b)** tuvo un rango de valores de 12,9° a 17,9°C **(Tabla 7).** El mínimo se localizó a 1 mn frente a punta Gualaguala (22°50'S) y el máximo a 70 mn frente a Antofagasta. En general, se observaron bajos valores relativos de TBT en el sector costero (< 15°C), mientras que los máximos se ubicaron preferentemente hacia el sector sur-oeste de la zona. En verano, la TBT **(Figura 21c)** tuvo un rango de 13,4 a 17,5°C **(Tabla 7)**. Las menores temperaturas se registraron en la franja costera y en el área oceánica entre Arica a punta Lobos, donde predominaron valores inferiores a 15 m. En el sector oceánico de punta Lobos al sur las TBT fueron las más altas del crucero pues superaron los 16°C, sin embargo, el máximo señalado se ubicó a 20 mn frente a Antofagasta.

La profundidad de la base de la termoclina (**PBT**) de invierno **(Figura 22a)** aumentó en sentido sur-oeste. Las menores PBT estuvieron, en general, en la costa del extremo norte, con menos de 10 m, mientras que en el área oceánica del mismo sector sólo llegaron a profundidades entre 40 y 50 m, esto en comparación al extremo sur de la zona donde los PBT superaron los 80 m. No obstante lo anterior, el máximo observado de PBT de 91 m **(Tabla 7)** se ubicó en el sector central de la zona, a 100 mn frente a Antofagasta. El sector de mayor PBT, tanto costero como oceánico, corresponde al área de caleta Inglesa (29°S), ya que en la costa se

registraron profundidades mayores a 50 m, superando los 70 m en el sector más oceánico. En primavera, la PBT **(Figura 22b)** en el sector costero, fue en general menor a los 20 m, a excepción de Pisagua y punta Gualaguala, donde se supera levemente este valor. El sector oceánico, en cambio, registró profundidades por sobre los 30, alcanzando un máximo de 54 m a 100 mn frente a la península de Mejillones. Las isolíneas de PBT se ubicaron en diagonal, alejándose de la costa hacia el sur de la zona, por lo tanto, en la costa del extremo norte se encontraron mayores valores, los cuales superaron los 30 m. La PBT de verano **(Figura 22c)** tuvo un mínimo de 6 m en las estaciones costeras frente a Tocopilla y punta Angamos, mientras que el máximo nivel fue de 54 m y se midió en la estación de 100 mn frente a punta Madrid **(Tabla 7)**. La franja costera de las primeras 20 mn registró una PBT que fue, en general, menor a 30 m, pero aumentó hacia el sector oceánico, superando los 40 m en el borde oeste de la zona.

El gradiente promedio de la termoclina (**GPT**) en invierno **(Figura 23a, Tabla 7)** no superó los 0,3°C/m, predominando valores entre 0,1 y 0,2°C/m en gran parte de la zona. Se destacan dos focos de gradientes entre 0,2 y 0,3°C/m que se ubicaron en el sector oceánico entre Arica y Pisagua y punta Patillos y Tocopilla. En primavera, el GPT fue en general superior a los 0,2°C/m en gran parte de la zona **(Figura 23b, Tabla 7)**, ubicándose una área de valores entre 0,1 y 0,2°C/m desde Mejillones al sur y la presencia de algunos focos aislados en la costa hacia el norte. De Arica a Mejillones hubo focos aislados de valor mayor a 0,3°C/m, destacándose el que contiene el máximo valor (0,46°C/m) a 40 mn frente a punta Lobos. El GPT de verano **(Figura 23c)** tuvo valores entre 0,2 a 0,3°C/m **(Tabla 7)** tanto en la costa como en el sector oceánico. Sólo algunos sectores presentaron gradientes térmicos mayores a 0,3°C/m, como lo son el sector noroeste de la zona y el foco frente a punta Lobos entre las 20 y 70 mn. Sin embargo, los máximos gradientes se localizaron en la costa entre punta Copaca y punta caleta Errázuriz, alcanzando un valor de 0,74°C/m.

Los gradientes térmicos máximos en la termoclina (**GMT**) en invierno **(Figura 24a)** presentaron un rango entre 0,1° y 0,7°C/m **(Tabla 7)**. Los mayores a 0.3°C/m se ubicaron al norte de Antofagasta, abarcando un área extensa del sector oceánico, mientras que desde esta localidad al sur predominaron los GMT entre 0,2 y 0,3°C/m con algunos pequeños focos de gradiente mayor a 0,3°C/m, posicionándose el mayor de ellos frente a rada Paposo (T6). El máximo valor se localizó a 70 mn frente a punta Lobos. Los GMT de primavera **(Figura 24b)** tuvieron un rango entre 0,13° y 1,18°C/m **(Tabla 7)**. El mínimo y máximo se localizó a 1 mn de la costa, el primero frente a punta Copaca y el segundo frente a Antofagasta. El máximo indicado correspondió sólo a un punto, lo que formó un foco muy localizado. En general, los máximos valores de GMT se localizaron de punta Lobos al norte, con valores mayores a 0,5°C/m y la presencia de un foco centrado a 70 mn frente a punta Junín. Al sur de punta Lobos los GMT disminuyeron de norte a sur, en general, de 0,5 a < 0,2°C/m, registrándose los valores más altos en el sector costero, en especial en bahía Moreno. En verano, los GMT **(Figura 24c)** estuvieron en el rango de 0,18°C/m a 2,6°C/m **(Tabla 7)**. El mínimo indicado se ubicó 1 mn frente a punta Arenas (21°40'S) y el máximo a mn frente a Arica. Una franja de valores mayores a 0,8°C/m se localizó entre el borde noroeste de la zona y la bahía de Mejillones, abarcando también dos focos de valores mayores a 1,2°C/m que se ubicaron a 100 mn frente a punta Camarones y en la costa entre punta Cobija y Mejillones.

La profundidad del gradiente máximo en la termoclina (**PGMT**) en invierno **(Figura 25a, Tabla 7)** registró valores en general 5 a 10 m menos que la PBT, mostrando por tanto los mismos sectores de máximas y mínimas profundidades de esta variable. En primavera, el PGMT **(Figura 25b, Tabla 7)** registró un predominio del nivel entre 10 y 20 m, con los mayores valores (> 20 m) ubicados hacia el sector sur-oeste de la zona, donde se ubicó el máximo del período que llegó a 43 m en la estación de 100 mn frente a la península de Mejillones. Un foco de máximos relativos se localizó también entre Pisagua e Iquique entre las 20 y 40 mn de la costa. La PGMT de verano **(Figura 25c)** varió entre los 4 y 31 m (**Tabla 7)**. En la

franja costera fue en general menor a los 10 m, aumentando gradualmente hacia el sector oceánico donde alcanzó los máximos niveles frente a punta Lobos, con profundidades que superaron los 30 m en la estación de 100 mn.

## 5.10 Distribución vertical de temperatura

En invierno, los gradientes térmicos subsuperficiales se ubicaron principalmente en los primeros 50 m en las transectas del límite norte de la zona **(Figuras 26 y 27)**, aumentando a 100 m desde la sección de bahía Moreno al sur. La mayoría de las secciones registraron un levantamiento de las isotermas en la costa en la capa de gradiente térmico. Las temperaturas del nivel de 500 m descendieron alrededor de 1°C entre ambos extremos de la zona, pero en superficie fue cercana a los 4°C. Sólo en la sección de Arica, la distribución de las isotermas fue relativamente paralela a la superficie. En las transectas restantes, se observaron variaciones de nivel de profundidad, principalmente desde rada Paposo al sur. El más notorio descenso de las isotermas se observó en bahía Salada, donde la isolínea de 12°C se profundizó más de 70 m en la zona central de la transecta.

En primavera **(Figura 28)** se observaron gradientes térmicos en los primeros 75 m de la columna de agua, siendo comparativamente más intensos aquellos ubicados en las secciones hacia el norte de la zona. En todas las secciones se presentaron ascensos hacia la superficie de las isotermas de los primeros 50 m en el sector costero, sin embargo en las secciones de Arica y bahía Moreno se apreciaron hundimientos de las isotermas en las primeras 5 mn. Hubo también variaciones importantes de nivel de profundidad en el sector oceánico central de algunas isotermas ubicadas bajo los 50 m, lo que fue notoriamente más importante en las secciones de bahía Moreno, punta Copaca y Arica.

En verano, todas las secciones mostraron un fuerte gradiente térmico vertical que fue desde la superficie hasta los 75 m en las secciones de bahía Moreno a punta Lobos y hasta los 50 m en las secciones restantes. Las secciones de bahía Moreno

a punta Junin, mostraron en el sector costero un ascenso hacia la superficie de las isotermas ubicadas en los 50 m iniciales, teniendo la mayor pendiente aquellas de punta Copaca. En el caso de Arica, el ascenso ocurrió entre las 20 y 40 mn de la costa **(Figura 29)**.

## 5.11 Distribución vertical de salinidad

En invierno, el sector oceánico de las secciones de Arica, punta Junín y punta Lobos tuvieron salinidades máximas al superar los 35,0 psu y abarcaron una estrecha capa de agua de espesor no mayor a 50 m **(Figuras 30** y **31)**. A nivel superficial, la salinidad disminuyó de 35,0 a 35,1 psu, hasta mínimos de 33,8 psu en la transecta de Pichidangui. Las secciones presentaron gradientes verticales de salinidad entre 50 y 100 m de profundidad, que fueron más intensos de rada Paposo al sur. La formación de núcleos de alta y baja salinidad se observó también en todas las secciones. Se destaca en tal caso el máximo subsuperficial que se ubicó bajo los 100 m de profundidad en el sector oceánico y que alcanzó hasta los 300 m, sin embargo, disminuyó su salinidad hacia el sur desde > 34,8 psu en Arica hasta > 34,5 psu en Pichidangui. El mínimo salino se ubicó a nivel subsuperficial, centrado entre los 50 y 100 m en las secciones de punta Junín y punta Lobos, con espesores que no superaron los 50 m y salinidades comprendidas entre 34,6 a 34,8 psu. Desde bahía Moreno al sur, se localizaron núcleos de mínima a nivel superficial, con salinidades de 34,5 y 33,8 psu para rada Paposo y Pichidangui, respectivamente. En el nivel de 500 m las salinidades entre el límite norte y sur disminuyeron cerca de 0,2 psu.

En primavera, las salinidades en superficie y en la capa de los primeros metros tuvo registros superiores a 35,0 psu en las secciones desde punta Lobos al Norte, en especial en la sección de Arica, donde éstas ocuparon los primeros 25 m desde las 10 mn hacia el oeste **(Figura 32)**. Núcleos superficiales y subsuperficiales de baja salinidad, < 34,6 psu, se localizaron en las secciones de bahía Moreno y punta Copaca. En la última sección señalada, este núcleo de baja salinidad se ubicó en el

sector más oeste y alcanzó hasta los 100 m de profundidad. En las secciones de punta Lobos y punta Junín, los núcleos de mínima salinidad subsuperficial (< 34,8 psu) se localizaron bajo las máximas superficiales, mientras que en la transecta de Arica, prácticamente no se presentaron, pues sólo se observó un pequeño núcleo en el nivel de 100 m a 40 mn de la costa y otro de menor tamaño a 50 m de propfundidad. Todas las secciones presentaron un desarrollado núcleo de máxima subsuperficial (< 34,8 psu) que se ubicó más próximo a la costa en la sección de bahía Moreno y se extendió hacia el oeste en las siguientes, atravesándolas completamente en las tres últimas transectas con un espesor de hasta 300 m y centrado en el nivel de 150 m. Este núcleo de máxima se prolongó hacia los niveles superficiales de las estaciones ubicadas en las primeras 10 mn de la costa.

En verano, la salinidad vertical **(Figura 33)** registró una mayor variabilidad en las secciones ubicadas al sur de punta Copaca, donde la presencia de núcleos de alta y baja salinidad se alternan en la vertical. En todas las transectas se registró un núcleo de mínima salinidad subsuperficial, el que fue más importante en las 3 primeras secciones del área sur de la zona, donde abarcó una importante capa de la columna de agua y se extendió desde el sector oceánico hasta el costero, alcanzando la superficie en este último sector. El núcleo de menor salinidad fue de 34,4 psu en bahía Moreno, el cual aumentó su valor en la secciones ubicadas hacia el norte a 34,8 psu, con una presencia sólo oceánica en la transecta de Arica. El núcleo de salinidad máxima ubicado en superficie se debilitó de norte a sur, disminuyendo de valores mayores a 34,9 psu en el sector oceánico de la sección de Arica, hasta 34,8 psu frente a Antofagasta. Así también ocurre con el núcleo de máxima subsuperficial, que estuvo más desarrollado en las secciones del área norte, con valores mayores a 34,8 psu y abarcó toda la sección con un espesor mayor a los 200 m. En bahia Moreno, el máximo presentó valores > 34,8 psu, pero se limitó hasta las 40 mn de la costa, extendiéndose en este caso hasta el borde oeste pero con valores mayores a 34,7 psu, en forma de un núcleo más delgado de 100 m de espesor. Punta Junín y Arica son las únicas transectas que presentaron un núcleo de salinidad mayor a 34,9 psu, el que se vio limitado, principalmente, al

borde oeste de la zona, no obstante un pequeño foco se ubicó también en punta Junín centrado en los 80 m de profundidad.

## 5.12 Distribución vertical de densidad

En invierno, la densidad vertical **(Figuras 34** y **35)** tuvo una distribución similar a la observada para la temperatura, esto es ascensos de las isolíneas en el sector costero de todas las secciones. Gradientes verticales de densidad o picnoclina se registraron en la capa de los primeros 100 m, manteniendo gradientes similares pero de un mayor espesor en las transectas hacia el sur de la zona de estudio, particularmente en las secciones de caleta Maitencillo y Pichidangui, donde la picnoclina abarcó entre 50 y 100 m de espesor, en comparación con las tres primeras secciones del borde norte donde no superaron los 50 m. Ascensos notorios de las isopicnas en el sector oceánico se presentaron en las secciones de rada Paposo y la transecta T11, donde el ascenso comprime las isopicnas y las ubican a un nivel más superficial. En un sentido norte-sur los valores de densidad superficial diminuyeron de 25,8 kg/m$^3$ en Arica a 24,4 kg/m$^3$ en Pichidangui, sin embargo a niveles de profundidad intermedio entre 100 y 300 m la diferencia no fue importante. Bajo el nivel de 300 m se observó una leve aumento (< 0,1 kg/m$^3$) en los valores de esta variable.

En primavera, la distribución de densidad vertical **(Figura 36)** tuvo un comportamiento de las isopicnas similar al presentado por las isotermas. En tal sentido, se observó una capa superficial estratificada en los primeros 100 m, con una haloclina más intensa en las transectas 3 a 5 y centrada en el nivel de 50 m. Las isopicnas registraron también un ascenso en la franja costera de las primeras 20 mn. Las secciones de bahía Moreno y Arica, registraron una profundización de las isopicnas en las primeras 5 mn, situación que también mostraron las isotermas de los lugares mencionados.

En verano, la densidad en la vertical **(Figura 37)** mostró una fuerte estratificación en el sector oceánico, en la capa desde los 10 a 100 m como máximo. La

picnoclina se encontró delimitada por las isolíneas de densidad de 23,6 a 26,0 kg/m$^3$. Las isopicnas se comportaron como lo hicieron las isotermas, es decir, exhiben ascensos en el sector costero de las primeras 4 transectas, con una pendiente negativa y positiva de aquellas ubicadas bajo los 100 m de profundidad en las secciones 2 y 4, respectivamente. Las primeras 20 mn son un sector de estratificación tanto vertical como horizontal, dado que a éste llegan las isolíneas de densidad que ascienden desde el nivel de 50 m.

## 5.13 Anomalías de temperatura y salinidad en la columna de agua frente a las transecta 5 (Arica; 18°25'S), 3 (Pta. Lobos; 21°00' S) y 1 (Bahía Moreno, 23°40'S).

Las anomalías de temperatura y salinidad **(Figura 38)** en el período de invierno, señalaron en general, un claro predominio de valores bajo el promedio histórico en la capa superficial de los primeros 100 m.

En Arica se registró un núcleo de hasta -2°C centrado en los 50 m de profundidad, con valores mayores a -1°C que prácticamente abarcaron toda la sección (100 a 5 mn), las cuales estuvieron acompañadas de anomalías negativas de salinidad entre 0,05 y > 0,1 psu, ubicándose las mayores en el sector oceánico centradas en los 70 mn y que llegaron hasta el nivel de 50 m. En profundidad, bajo el nivel de 100 m, las anomalías que predominaron en ambas variables fueron menores a 0,5°C y 0,05 psu, tanto negativas como positivas, excepto en un pequeño núcleo pegado al fondo entre 300 y 400 m y entre 10 y 20 mn de la costa donde fueron negativas con un máximo de -1°C, pero sobrepasan los 0,1 psu.

En la transecta de punta Lobos se mantuvo la presencia de anomalías negativas centradas en los 50 m de profundidad en ambas variables, sin embargo a nivel superficial estas diminuyeron de magnitud en temperatura con un pequeño incremento de las anomalías de salinidad. Desde la costa hasta las 40 mn se formó un núcleo de anomalías positivas que no superó 1°C en temperatura y que registró

valores levemente por sobre los 0,1 psu en salinidad en la estación de 40 mn. A nivel subsuperficial se mantuvieron las anomalías menores a 0,5°C y 0,05 psu, ubicándose las negativas en el centro de la sección y las positivas hacia los extremos de ésta.

En bahía Moreno, las anomalías térmicas negativas disminuyeron de magnitud, desplazándose el núcleo de éstas hacia el sector costero, abarcando desde la superficie hasta los 50 m de profundidad y las 20 mn de la costa, pero hasta las 40 mn a nivel subsuperficial. Anomalías de -2°C sólo formaron un pequeño núcleo entre las 5 y 10 mn. Los valores negativos se extendieron hasta las 70 mn pero con valores entre 0,5° y 1°C. Un pequeño núcleo de anomalías positivas > 0,5°C se registró entre los 50 y 100 m en la estación oceánica de esta sección. En el caso de las anomalías de salinidad, éstas son notoriamente superiores a las encontradas en las dos transectas anteriores, con valores sobre los 0,2 psu, los que abarcaron desde las 20 y al menos las 70 mn, y hasta los 50 m de profundidad. Las anomalías entre -0,1 y -0,2 psu superaron los 100 m en el sector costero de esta sección.

En primavera, los valores de anomalía de temperatura y salinidad obtenidos de los promedios históricos en las secciones en análisis **(Figura 39)** mostraron un predominio de valores negativos en la capa de los primeros 50 m de la sección de punta Lobos, mientras que en las dos restantes secciones éstos fueron principalmente positivos. Bajo el nivel de 50 m, las anomalias fueron en general menores a 0,5°C y 0,05 psu en temperatura y salinidad, respectivamente, excepto en las secciones 3 y 5 en que se registraron anomalías de temperatura en el rango -0,5 a 1,0°C y en salinidad entre -0,05 a -0,1 psu.

La sección de Arica se caracterizó por presentar valores positivos en la capa de los primeros 50 m, los que a diferencia de la sección realizada frente a bahía Moreno, llegaron hasta la superficie con magnitudes de > 1°C y 0,2 psu. El núcleo se ubicó, en general, entre las 10 y 80 mn de la costa, mientras que en el sector costero hasta las 5 mn las anomalías de temperatura fueron positivas de hasta 1°C, sin embargo, las de salinidad no superaron los +0,05. Bajo el nivel de los 100 m las anomalías estuvieron en el rango de ± 0,5°C y ±0,05 psu, salvo por la presencia de un núcleo de valores negativos levemente mayores ubicado en los niveles más profundos en ambas variables.

La sección de punta Lobos registró las mayores anomalías negativas de las tres transectas en análisis, las cuales superaron los -3°C y > -0,3 psu en cada variable, formando los valores > -2°C y -0,2 psu un extenso núcleo entre las 40 y 70 mn que llegó hasta los 100 m de profundidad. En el sector más oceánico, las anomalías disminuyeron en salinidad en los primeros 50 m, sin embargo se extendieron hasta los 150 m de profundidad, con la aparición de un foco de valores entre 0,2 a 0,3 psu entre los 75 y 100 m de profundidad. Por otro lado, en temperatura se registraron valores positivos > 0,5°C, los que formaron un foco de 40 m de espesor y centrado en los 50 m. Las anomalías negativas se extendieron también a mayor profundidad con valores que superaron en algunas áreas de la sección los 0,5°C y los 0,05 psu.

En la sección de bahía Moreno, destacó el núcleo de valores positivos en ambas variables, el que se ubicó a nivel subsuperficial centrado en los 25 m de profundidad y a 40 mn de la costa. Las mayores anomalías alcanzaron valores de +2°C y +0,2 psu. Tanto en la costa como en el sector más oceánico de la sección se presentaron anomalías negativas en el rango -0,5 a -1,5°C en temperatura y de -0,2 psu en salinidad. A nivel subsuperficial, las anomalías fueron de -0,5 a +0,5°C y de -0,05 a +0,05 psu, con una extensión hacia el fondo, que alcanzó los 200 m de profundidad, de valores levemente mayores, con la formación adicional de otro foco de valores similares entre el nivel de 450 y 500 m.

En verano, las anomalías de temperatura y salinidad en las tres secciones indicadas se muestran en la **figura 40**. En temperatura, las 3 secciones a nivel subsuperficial bajo los 100 m de profundidad, presentaron un predominio de anomalías negativas, las que no superaron el valor de -1°C. El máximo de anomalía, en este caso, superó ligeramente el valor de -1°C sólo en el sector oceánico punta Lobos. A nivel superficial, primeros 100 m de la columna de agua, la situación fue variable ya que en la superficie del área oceánica las anomalías fueron positivas sin superar el valor de +1°C, sin embargo, en la vertical éstas aumentaron formando un núcleo, el cual llegó hasta valores de +2,5°C frente a punta Lobos a 70 mn de la costa, seguido en importancia por el núcleo de +1,5°C al oeste de las 70 mn en bahía Moreno y el de Arica que se ubicó entre las 40 y 100 mn. Las tres secciones registraron en el nivel superficial del sector costero núcleos de anomalías negativas, destacándose en este caso el de la sección de punta Lobos, centrado en los 25 m, donde se midieron valores de -3°C. Las tres secciones registraron, entre los 5 y 10 m de profundidad, anomalías positivas que llegaron hasta +2°C en bahía Moreno, pero que no superaron el valor de +1°C en las dos restantes. La transecta de Arica fue la única que mostró un núcleo de valores negativos, el cual se centró en el nivel de 40 m y con anomalías mayores a -1°C que cruzó la sección, registrando un máximo de -3°C en el borde oeste.

Las anomalías de salinidad bajo los 150 m de profundidad también tuvieron un predominio de valores negativos en las tres secciones, los que en general no superaron el valor de 0,1 psu, no obstante aparecen pequeños núcleos de anomalía mayor a 0,1 psu en las secciones bahía Moreno y punta Lobos. Núcleos subsuperficiales de anomalías positivas menores a +0,05 psu se registraron en las tres secciones. Este núcleo se ubicó pegado a la costa en la sección de bahía Moreno hasta las 40 mn y estuvo centrado en los 150 m de profundidad, mientras que en la sección de punta Lobos, se localizó desde la costa hasta las 70 mn centrado en el nivel de 100 m; en la sección de Arica lo hizo en el sector oeste de la transecta centrado a 100 m, extendiéndose hasta las 70 mn pero con un espesor disminuido. Desde la superficie hasta los 75 m, como nivel de profundidad promedio, se ubicaron

anomalías negativas de un valor mayor, destacándose el núcleo de -0,3 psu en punta Lobos, centrado en los 75 m, y que se extendió desde las 40 a 70 mn de la costa. Otro núcleo de similar valor se ubicó en el borde oeste de la sección de Arica, centrado en los 25 m. Núcleos de anomalías positivas que no superaron los 0,1 psu se observaron en superficie, hacia el límite oeste en Arica y punta Lobos.

## 5.14 Distribución vertical de oxígeno disuelto

En invierno de 2005 (**Figuras 41** y **42**), la distribución vertical de OD mostró que todas las transectas registraron un ascenso de las isolineas en la zona costera, con distintas intensidades en el gradiente óxico. Además todas presentaron, a lo menos, un par de estaciones con altos valores (> 6 mL/L) de OD en los primeros metros de la columna.

Entre las transectas de Arica y punta Copaca, la capa óxica presentó un espesor máximo que no superó los 50 m, con gradientes óxicos intensos, por lo que el límite superior de la capa de mínimo OD (LSCMOD, isolinea de 1 mL/L) se ubicó entre los 50 y 80 m en el sector oceánico y entre los 10 y 30 m en la costa. Altos valores se observaron en forma de núcleos en las cuatro transectas. En el sector costero, isolineas de valores subóxicos alcanzaron la superficie en las transectas de Arica y punta Junín.

Desde bahía Moreno a Pichidangui, las isolineas entre 1 a 6 mL/L se profundizaron, por lo que los espesores de la capa óxica aumentaron en promedio a 100 m en el sector oceánico, mientras que los gradientes óxicos disminuyeron su fuerza en relación a la parte norte del área de muestreo. No obstante lo anterior, el ascenso de las isolineas en las transectas señaladas fue más notorio. Lo indicado se refleja bien en bahía Moreno, donde el LSCMOD ascendió desde los 160 m en el sector oceánico hasta los 25 m en la costa. En ente sentido, en el sector costero las isolineas de valores subóxicos alcanzaron la superficie en las transectas de bahía Moreno, caleta Inglesa, punta Farellones y caleta Maitencillo. Desde caleta Inglesa hacia el sur, la

isolinea de 1 mL/L, se alejó del gradiente óxico típico (1 a 5 mL/L), no pudiendo considerarse como parte del gradiente. Esta situación se acentúa entre las transectas de punta Farellones y Pichidangui, donde el LSCMOD se observó cercano a los 80 m en el sector costero y en los 300 m en el oceánico. Por otra parte, concentraciones menores a 0,25 mL/L no se detectaron en la capa profunda desde bahía Salada al sur.

En la primavera, las mayores diferencias verticales en la concentración de OD se desarrollaron en la capa de los primeros 100 m **(Figura 43)**. La capa óxica desde punta Lobos al norte, tuvo espesores de no más de 50 m en el sector oceánico, el que aumentó en la parte sur hasta cerca de los 90 m en la estación de 70 mn de punta Copaca. En todas las transectas se observaron marcados gradientes óxicos, los que tendieron a acercarse a la superficie en la zona costera, llegando a interceptarla en los casos de punta Copaca y punta Lobos. La isolínea de 1 mL/L en el sector oceánico entre bahía Moreno y punta Lobos presentó las mayores profundizaciones, las que como máximo superaron levemente los 130 m. En punta Junín esta isolínea se ubicó a menos de 75 m, en tanto que entre las 40 y 70 mn en Arica, se observó una profundización de todas las isolíneas, aunque la de 1 mL/L no superó los 100 m. En la zona costera, el valor de 1 mL/L se ubicó en todas las transectas a menos de 35 m. En todas las transectas se midieron altas concentraciones de OD, > 6 mL/L, las que se distribuyeron a lo largo de gran parte de las transectas, excepto en la sección de punta Junín. En general, en todas las transectas se midieron concentraciones inferiores a 0,25 mL/L dentro de la capa de mínimo OD.

En el verano de 2006 **(Figura 44)**, las mayores diferencias verticales en la distribución de la concentración de OD se desarrollaron en la capa de los primeros 100 m. En el sector oceánico, la capa óxica en punta Copaca y Arica tuvo un espesor cercano o inferior a 50 m, el que aumentó en bahía Moreno hasta un máximo de 70 m en la estación de 70 mn.

En todas las transectas se observaron marcados gradientes óxicos, siendo el menos intenso los de la sección de bahía Moreno. Los gradientes tendieron a

acercarse a la superficie en la zona costera pero sin llegar a interceptarla, ubicándose dentro de los 25 m en la mayoría de las transectas, salvo bahía Moreno, que tuvo un espesor mucho mayor con un gradiente que fue desde la superficie hasta los 60 m. Dentro de la capa óxica se registró una capa de altos valores de OD > 6 mL/L en todas las transectas, los que en el caso de bahía Moreno y punta Lobos, ocuparon la mayor parte de la capa bien oxigenada. En las tres transectas restantes, estos valores oxicos se observaron en forma de cuña, con espesores variables, dentro de la capa de valores > 5 mL/L, a lo largo de la sección.

Valores mayores a 7 mL/L se registraron en pequeños focos superficiales en las transectas desde Arica a punta Lobos, mientras que en punta Copaca éste fue subsuperficial y se ubicó en la estación de 10 mn. En bahía Moreno se registró un foco subsuperficial en las 20 mn con un valor de 8,1 mL/L, además de un núcleo superficial de valores > 9 mL/L, que son los más altos del muestreo. La isolínea de 1 mL/L en el sector oceánico de bahía Moreno presentó las mayores profundizaciones, 150 m, mientras que en punta Copaca y punta Lobos se ubicó en los 100 m, en punta Junín a menos de 90 m en la estación de 70 mn.

## 5.15 Distribución de la profundidad de la isolínea de 1 mL/L

En invierno de 2005, la distribución de la isolínea de 1 mL/L que representa el límite superior de la capa de mínimo OD (**LSCMOD**) **(Figura 45a**), en la zona norte entre Arica y bahía Moreno indicó profundidades inferiores a 20 m dentro de las primeras 10 mn entre Arica y punta Junín, más al sur en general estos fueron cercanas a 30 m. Profundidades menores a 20 m se registraron en Arica, , punta Madrid (Lat. 19º 00'S), punta Junín y punta Gualaguala (Lat. 22º 50'S). En el sector oceánico de la transecta de Arica las profundidades fueron inferiores a 60, aumentando hacia el sur. Una profundización de la isolinea se registró en la estación de 80 mn frente a punta Patache (Lat. 20º 50'S; E23; 95 m), mientras que frente a bahía Moreno, la profundidad sobrepasó los 120 m a 70 y 100 mn de la costa.

Desde rada Paposo a Pichidangui las profundidades del sector costero fueron inferiores a 80 m. Las mínimas de 50 m se registraron en rada Paposo y bahía Salada. Las mayores profundidades se registraron a 20 mn frente a bahía Salada con 120 m y caleta Inglesa con 220 m.

En la primavera de 2005, el LSCMOD **(Figura 45b)**, se ubicó a profundidades inferiores a 60 m en la zona costera, registrándose los menores niveles (< 20 m) en la estación de caleta Camarones (19º22'S), punta Lobos a caleta Chipana (21º20'S), y en las estaciones costeras de punta Copaca, donde se registró la profundidad mínima de 9 m a 5 mn de la costa. En la zona oceánica, el LSCMOD se profundizó a más de 90 m entre las 40 y 70 mn frente a Arica. Desde el sur de punta Lobos hasta bahía Moreno, se registraron profundidades > 100 m, con máximos que superaron los 130 m en la estaciones de 70 mn frente a punta Copaca y bahía Moreno.

En el verano de 2006, el LSCMOD **(Figura 45c)**, presentó en la mayor parte de la zona costera profundidades inferiores a 40 m, registrándose los menores niveles de profundidad (< 20 m) en la estación costera de: Arica; dentro de la 5 mn en punta Junín con una profundidad mínima de 5 m en las 5 mn; y en la estación costera de punta Lobos (9 m), hacia el sur estas profundidades aumentaron hasta 60 m en el sector de Antofagasta.

En el sector oceánico el LSCMOD se profundizó gradualmente hasta > 60 m frente a Arica, en tanto que, desde punta Junín al sur, la profundidad aumentó a > 80 m, acercándose estos niveles hacia el sector costero en la punta sur de la península de Mejillones. Desde punta Patache (E32; 20º 48'S) hacia el sur los niveles oceánicos aumentaron en general a más de 100 m, salvo en el sector de la península de Mejillones donde se observó un núcleo > 90 m. Los máximos niveles de profundidad superaron los 130 m en las estaciones de 70 y 100 mn frente bahía Moreno.

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

En invierno, la temperatura de las secciones entre Arica y Antofagasta mostraron gradientes térmicos más intensos en la capa superficial de los primeros 50 m **(Figura 46a)** y desde Antofagasta al sur, se registró en esta misma capa una temperatura más homogénea, con valores entre 15° y 16°C. Entre los niveles de 100 y 200 m, las isotermas se mantuvieron relativamente paralelas a la superficie con la excepción de la isoterma 13°C que registró una elevación entre las latitudes 20° y 23°S. Bajo los 300 m de profundidad las isotermas mostraron un ascenso de 50 m en sentido norte-sur entre los dos extremos. Las temperaturas mínimas fueron inferiores a 6°C a lo largo de toda la sección, con valores menores hacia el sector sur de la zona.

La distribución de salinidad **(Figura 46b)** mostró la formación de núcleos salinos y también de bajo valor muy bien desarrollados. EL núcleo salino superficial se localizó con valores > a 34,9 psu en la zona norte, cubriendo una estrecha capa de agua que alcanzó casi hasta los 22°S con un espesor máximo de 50 m. El máximo en este núcleo fue de 35,1 psu y se midió en la estación de la sección de Arica. Inmediatamente bajo este núcleo se registró una delgada capa (20 m) de mínimo (34,7 a 34,8 psu), que se observó en las dos estaciones más al norte (1 y 14). Se destacó en el sector sur un núcleo de mínima subsuperficial con valores de 34,3 a 34,8 psu centrado en los 100 m y que llegó a la superficie y hasta los 50 m en la estación del borde sur de la zona. Este núcleo se extendió hacia el norte hasta la estación central de la zona en análisis (estación 30). El núcleo de máxima subsuperficial abarcó gran parte de la columna de agua entre los 100 y 200 m entre Arica y punta Lobos, mientras que hacia el sur se localizó bajo el núcleo de mínima pero abarcando un delgada capa que no superó los 50 m. Bajo este núcleo de

máxima subsuperficial se registró un aumento gradual de los valores de esta variable con la profundidad, pero en sentido norte-sur se observó un ascenso de las isohalinas, destacándose la de 34,5 psu, que fue la mínima en la vertical, que subió desde los 600 hasta los 460 m entre ambos extremos.

La distribución de oxígeno disuelto **(Figura 46c)** presentó, en los primeros metros de la columna, una capa óxica (> 5 mL/L) de un espesor de 30 m en la estación de Arica, aumentando gradualmente hasta los 100 m en la transecta de bahía Moreno. Dentro de esta capa se observó otra, de altos valores (> 6 mL/L) que estuvo presente en las dos estaciones del norte y en las de punta Copaca y bahía Moreno por el sur, donde se observó el máximo espesor cercano a los 100 m. Por otra parte, la capa de mínimo OD (≤ 1 mL/L, CMOD) en el sector norte de la zona de estudio se desarrolló entre los 50 y los 500 m aproximadamente, mientras que en el extremo sur lo hizo entre los 160 y los 350 m. En la parte profunda de la transecta se midieron valores > 2 mL/L desde la estación de punta Junín hacia el sur.

La masa de agua Ecuatorial Subsuperficial **(Figura 46d)** en el período registró un núcleo de porcentaje de participación de masas de agua (PPMA) en la mezcla mayor al 90% centrado en los 150 m de profundidad, con un espesor máximo de 30 m que se extiende desde el límite norte hasta el sector central de la sección. PPMA de hasta 80%, se extendieron formando un núcleo hasta la estación de los 22°40'S, el cual disminuyó su espesor desde ese punto hacia la estación del limite norte. En superficie, desde el borde norte hasta la estación central, los PPMA fueron entre 40 y 50%, el cual disminuyó hacia el sector sur a porcentajes menores de 20%. Bajo el nivel de 250 m de profundidad las isolíneas de composición se ubicaron casi paralelamente con un ascenso de 50 m hacia el norte en las estaciones de ambos extremos. Los PPMA mínimos subsuperficiales se ubicaron en la estación 40 y 54, hacia el sector sur, los cuales fueron menores a 20% en el nivel de 700 m.

En primavera, **(Figura 47a)** las isotermas reflejaron también lo señalado para las secciones perpendiculares en el sentido de la importante disminución de las TSM

desde el límite norte hasta los 22°30'S. Al sur de esa latitud, los valores de TSM y los de la capa de 50 m de profundidad, se mantuvieron con valores similares entre 18° y 19°C. En la capa de los primeros 50 m se observó a la termoclina presente a lo largo de toda la sección, pero que se hizo menos intensa hacia el sur en comparación con lo observado en el área Arica Antofagasta. La isoterma de 15°C se mantuvo en la transecta en un nivel de profundidad similar, por sobre los 50 m. Bajo el nivel de 50 m, las isotermas que presentaron más variabilidad en su nivel de ubicación son las de 12° y 13°C que se ubicaron entre los 70 y 180 m de profundidad.

La salinidad formó tres núcleos característicos **(Figura 47b)**. El primer núcleo, con valores mayores a 35,0 psu, ubicado en el extremo norte ocupando una estrecha franja no superior a 50 m y que se extendió, al menos, hasta los 21°S. El segundo fue un núcleo con valores menores a 34,4 psu en la mitad sur, centrado en los 50 m, el cual se extendió desde los 21°30'S hacia el norte por debajo del máximo salino superficial. Este núcleo con valores menores a 34,7 psu alcanzó un espesor de hasta 100 m, pero en su recorrido hacia el norte, redujo su espesor a sólo 25 m. El tercer núcleo fue un máximo subsuperficial con valores mayores a 34,8 psu, el que tuvo su expresión máxima en el borde norte de la sección con un espesor de 200 m. En su recorrido hacia el sur, se profundizó y es probable que se divida en dos (lo presentado en la figura podría ser una condición de la interpolación). El núcleo indicado se adelgazó hacia el borde sur alcanzando un espesor promedio de 100 m. Bajo el núcleo de máxima subsuperficial la salinidad decreció gradualmente con una baja variación en sentido norte sur.

En el OD, la capa óxica tuvo un espesor de aproximadamente 20 m **(Figura 47c)**. La CMOD se desarrolló a partir de los 45 m y no se detectó su límite inferior. Hacia el sur la capa óxica aumentó su espesor hasta cerca de los 60 m. Dentro de esta capa se registró valores > 6 mL/L a lo largo de toda la transecta a nivel superficial en las estaciones al norte de punta Lobos, mientras que, en el resto de la transecta estuvieron centrados alrededor de los 20 m. En la estación E12 se observó una

elevación de las isolíneas de 1 a 5 mL/L, disminuyendo el espesor de la capa óxica a alrededor de 50 m. Dentro de la CMOD se registraron varios núcleos de valores inferiores a 0,25 mL/L, los que tuvieron una mayor presencia en las estaciones de la parte norte de la transecta.

La distribución vertical de la AESS **(Figura 47d)**, mostró que los PPMA en superficie fueron menores al 10% a lo largo de toda la sección. De punta lobos al norte, la condición señalada se registró en los primeros 10 m de la columna de agua pero se extendió hasta los 30 metros en la mitad sur. Un núcleo de PPMA mayor a 80% se ubicó entre los 50 y 250 m, el cual se adelgazó y profundizó hacia el sur, alcanzando el mínimo espesor en los 22°30'S de latitud para luego ensancharse a 150 m en los 23°20'S. Dentro de éste se localizaron pequeños núcleos de PPMA > 90%, pero sólo al norte de los 20°S. Bajo la isolínea de PPMA de 80%, y bajo los 300 m de profundidad, la AESS disminuyó gradualmente su participación, encontrándose PPMA menores al 50% a 500 m de profundidad.

En verano, **(Figura 48a)** se observó que los mayores gradientes térmicos, se ubicaron en la mitad norte de la zona. Las isotermas que formaron este gradiente térmico, asociado a la termoclina, se separaron hacia el sur de la sección lo que significó la desaparición de algunas isolíneas de mayor valor que se encontraban más cerca de la superficie, mientras que las de menor valor ubicadas cerca del nivel de 50 m se profundizaron 20 m desde el borde norte hasta el borde sur de la transecta. En superficie, la mitad norte de la zona registró una capa más homogénea en temperatura que abarcó los primeros 10 m. Se destaca en esta sección la diferencia de temperatura que se observó en el nivel más profundo entre el límite norte y sur de la transecta. En este sentido, las temperaturas ubicadas a 500 m de profundidad en el sector norte superaron los 9°C en las estaciones 43 y 44, mientras que en el límite sur éstas fueron menores a 8°C.

En salinidad **(Figura 48b),** el núcleo de máximo superficial se extendió desde el límite norte hasta los 22°S con valores mayores a 34,9 psu y un espesor no mayor a 25 m.

El núcleo de mínima salinidad superficial se extendió desde el límite sur hasta los 22°30'S, aproximadamente, centrado en el nivel de 50 m, con valores menores a 34,6 psu y de un espesor variable de 50 a 100 m. El núcleo de máxima subsuperficial se extendió a lo largo de toda la sección pero disminuyendo su salinidad de norte a sur. Este núcleo tuvo un espesor aproximado de 400 m en el borde norte de la transecta, con valores mayores a 34,7 psu, disminuyendo a 200 m en el borde sur. Dentro de este núcleo salino se registraron también núcleos de salinidad mayor, 34,9 psu, que se ubicaron desde el borde norte hasta los 20°S, con un espesor de 50 m. Las salinidades registradas en el nivel de muestreo más profundo también fueron más altas en el borde norte de la zona, con valores de 34,6 a 34,7 psu, mientras que en el borde sur no superaron los 34,6 psu.

La capa óxica al norte de punta Lobos **(Figura 48c)** presentó un espesor de aproximadamente 30 m y la CMOD se desarrolló a partir de los 45 m, no detectándose su límite inferior. Hacia el sur, la capa óxica aumentó su espesor hasta cerca de los 100 m en la estación 31, este espesor se mantuvo sin grandes variaciones hasta la estación 16, profundizándose hasta 150 m en el límite sur del área de estudio. Dentro de esta capa, se registró otra a lo largo de toda la transecta con valores > 6 mL/L, centrada alrededor de los 20 m, con fluctuación en el espesor a lo largo de la transecta. El límite inferior de la CMOD se detectó en las estaciones 31 y 14 con valores levemente superiores a 1 mL/L. En estas estaciones el espesor de la CMOD fue de alrededor de 260 m.

La AESS **(Figura 48d)**, mostró que a nivel de cero metro los PPMA son menores a un 10%. En el nivel de 500 m los porcentajes fueron mayores a 50% sólo en las estaciones del área norte. El núcleo de PPMA de 90% tuvo un espesor de 50 m, el cual localizado en el borde norte de la sección y centrado en los 150 m, se extendió hacia el sur hasta los 20°S. En el caso del núcleo de PPMA de 80%, éste se presentó separado en dos; el de mayor espesor alcanzó un máximo de 250 m en el borde norte y se extendió hasta los 21°S y el de menor tamaño, se centró en los 23°S y 150 m, tuvo un espesor de 50 m.

## 5.17 Masas de agua

En invierno **(Figura 49)**, la mayor participación del agua subtropical (**AST**), observada a traves de diagramas **TS**, se registró en la capa superficial en las secciones entre Arica y Antofagasta, lo que disminuyó en las secciones del área sur, llegando a ser muy baja en la sección de Pichidangui. El agua subantártica (**ASAA**) se observó en todas las secciones y tuvo su máxima presencia en la sección ubicada en el extremo sur de la zona. La presencia del agua ecuatorial subsuperficial (**AESS**) fue disminuyendo de norte a sur, siendo la única masa de agua (**MA**) que se registró en forma notoria en toda la zona. Los sectores localizados entre Chañaral a caleta Inglesa, fueron los que presentaron las mayores variaciones del AESS, lo que se evidencia por la separación que muestran las líneas ***T-S*** en cada diagramas.

En primavera, los diagramas ***T-S*** **(Figura 50)** indicaron que las secciones de bahía Moreno y punta Copaca, son las que tuvieron una mayor variabilidad en la distribucion de las líneas ***T-S***, principalmente por sobre el núcleo de agua ecuatorial subsuperficial (AESS) y que comprende a la AST y ASAA. Las secciones de punta Junín y Arica, son las que tuvieron una mayor participación de AST, mientras que para el ASAA ocurrió en la sección de punta Copaca.

Los diagramas ***T-S*** del crucero de verano **(Figura 51)** señalaron que la AST se registró con mayor participación en las dos transectas del extremo norte (punta Junín y Arica), mientras que la AESS presentó una participación similar en un sentido norte sur, no obstante, en las tres primeras transectas (bahía Moreno, punta Copaca y punta Junín) la separación de las líneas ***T-S*** del grupo indicó una menor presencia de ésta en algunos de los sectores de la transecta. La ASAA registró una mayor participación en la mezcla en algunas de las estaciones de las transectas de punta Copaca y Antofagasta, las que se destacaron por tener una

separacion de las líneas ***T-S*** del resto del grupo y que correspondieron a estaciones oceánicas.

En invierno, los porcentajes de participación de masas de agua (**PPMA**) de AST en la mezcla **(Figuras 52 y 53)** mostraron al núcleo que ésta ubicado en la capa superficial, con porcentajes variables que disminuyeron de norte a sur. La composición máxima estuvo en el sector oceánico de la sección de Arica, el cual superó el 60%, mientras que el máximo en la sección de Pichidangui, superó levemente el 10%. En general esta MA participó hasta los 100 m de profundidad, sin embargo, los núcleos de mayor porcentaje (> 50%) se ubicaron en los primeros 50 m en las tres primeras secciones del sector norte. Los gradientes de disminución de composición son intensos en la capa de los primeros 50 m, los que disminuyen hacia el sur. Dos situaciones destacables para esta MA fueron el ascenso de las isolíneas de composición en la sección de Chañaral, donde se llegó a porcentajes de 20 a 30% en el centro de ésta. La otra situación fue en la transecta de punta Farellones (30°20'S), ya que se reconocen PPMA de > 30% en el sector oceánico desde las 40 mn, no obstante en las transectas adyacentes ésta no supera el 30%. En todas las secciones el AST mostró un ascenso de las isolíneas de PPMA en la costa. Se destacó también que la AST fuera detectable hasta los 150 m (PPMA de 10%) en las secciones del área norte, nivel que disminuyó hacia el sur hasta sólo 100 m en la sección de Pichidangui.

El ASAA **(Figuras 52** y **53)** registró PPMA máximos en el extremo sur de la zona > 90% en el nivel superficial llegando incluso a abarcar los primeros 50 m de profundidad. Gradualmente esta masas de agua disminuyó su participación hacia el norte y su núcleo se ubicó a nivel subsuperficial desde punta Lobos hacia el norte, pero sin superar el 40% de PPMA. En las restantes transectas los PPMA señalaron una importante participación en la mezcla a nivel superficial. El mínimo de PPMA se registró en Arica donde fue levemente superior al 10%. La participación de ésta masa de agua alcanzó hasta el nivel de profundidad de 400 m, sin embargo, bajo los 250 m en el sur y bajo los 100 m en el norte, su PPMA no superó el 10%.

Ascensos de las isolíneas de participación se observaron en las secciones centrales de rada Paposo y Chañaral, y también, pero en menor grado, en la sección de caleta Maitencillo de Coquimbo.

El AESS fue la masa de agua de mayor participación en la columna de agua en todas las secciones **(Figuras 52** y **53)**, con núcleos de PPMA > 90% en las dos primeras secciones, disminuyendo gradualmente hacia el sur hasta un PPMA > 60% en la sección de Pichidangui. Su participación se extendió desde superficie hasta profundidades mayores a los 500 m, sin embargo en las secciones desde Antofagasta al sur disminuyó considerablemente en la capa superficial, con PPMA <20% y desde caleta Inglesa con PPMA < 10%. Se destacó en todas las secciones el aumento de participación en la mezcla de esta MA en el sector costero. El núcleo de máxima composición en cada sección respectiva aumentó su profundidad de ubicación hacia el sur, centrándose éstos en los 150 m en las primeras 4 secciones (Arica a punta Copaca) y en los 200 m en las restantes. Un ascenso notorio de las isolíneas se observó en la sección de rada Paposo, ubicándose un núcleo de PPMA > 70% en los 50 m, lo que acercó las isolíneas más superficiales pero sin alcanzar la superficie.

En primavera, el AST **(Figura 54)** presentó PPMA mayores al 10% hasta una profundidad máxima de 100 m, siendo prácticamente regular el nivel de máxima ubicación de esta isolínea en todas las secciones. Los mayores PPMA se registraron en superficie en punta Junín y Arica , donde se superó el 90% en el sector oceánico, mientras que hacia la costa de estas secciones los valores de composición disminuyeron a menos de 70% en las primeras 10 mn. Desde punta Lobos al sur, los porcentajes de composición de la AST en superficie disminuyeron notablemente a un rango de 50% a 70% en la sección de bahía Moreno y de 50% a 70% en punta Copaca.

El agua subantártica ASAA **(Figura 54)** se ubicó también desde la superficie hasta una profundidad variable, tanto en sentido norte sur como en cada transectas, es

así como en la sección de bahía Moreno llegó hasta los 200 m con PPMA de 10%, disminuyendo la profundidad hacia la costa hasta los 125 m, situación que se repitió en tendencia en las secciones de punta Copaca y punta Lobos pero con una disminución de las profundidades alcanzadas por la isolínea, sin embargo, en las secciones de punta Junín y Arica esta profundidad máxima del PPMA de 10% se mantuvo en los 100 m a lo largo de toda la sección. Las secciones T1 y T2 registraron en superficie PPMA mayores a 50%, especialmente la T2 y hacia el sector oceánico. Las secciones T3 a T5 registraron una rápida disminución de los PPMA máximos, disminuyendo a valores próximos a 30%, 20% y 10%, respectivamente en cada sección.

En todas las transectas se destacó la PPMA de AESS menor a 10% **(Figura 54)**, en la capa superficial de los primeros 30 m, no sólo en sentido longitudinal sino también latitudinal. Esta masa de agua sólo participó mayormente a nivel superficial en la franja costera de las primeras 10 mn de las secciones T2 a T4. Todas las secciones registraron un núcleo de participación de AESS que superó el 80%, núcleo que en general se centró en los 150 m de profundidad y que sólo en la transecta de bahía Moreno éste no abarcó toda la sección hasta las 100 mn, alcanzando solamente hasta las 40 mn de la costa. La sección de Arica es la única que mostró un núcleo de máxima participación, > 90%, entre las 10 y 20 mn y entre los niveles de profundidad de 80 y 140 m.

El AST en verano **(Figura 55)** registró un PPMA que superó el 90% en superficie hacia el borde oeste de la sección de Punta Junín. El menor PPMA medido en la superficie del sector oceánico se midió en bahía Moreno, el que tuvo valores entre 50 y 60%. En el sector oceánico, la máxima profundidad que alcanzó el PPMA de 10% fue de 75 m en bahía Moreno, mientras que en Arica, ésta llegó sólo hasta los 50. Se destaca entonces que si bien se encontraron los mayores PPMA en el borde norte, también hubo menores espesores de la capa ocupada por esta masa de agua. En el sector costero los PPMA disminuyen hacia la costa, condición más

notoria entre punta Junín y bahía Moreno, con valores mínimos de 20%, mientras que en la sección de Arica, los PPMA en superficie no disminuyeron del 40%.

El ASAA **(Figura 55)** registró un PPMA máximo de 60% a 70% en un núcleo subsuperficial en bahía Moreno, centrado en los 50 m de profundidad a 70 mn de la costa. En superficie del área oceánica, los PPMA disminuyeron de norte a sur de un valor de > 40% a > 20% entre cada extremo de la zona, sin embargo, en el sector costero aumentaron en relación a aquellos del sector oceánico, registrando en las secciones de más al sur, PPMA que superaron el 50%, con un mínimo de 30% en la sección de Arica. El PPMA de 10% llegó hasta los 200 m de profundidad en la sección de bahía Moreno, haciéndose más somero en Arica donde alcanzó hasta el nivel de 100 m.

El AESS **(Figura 55)** tuvo un máximo de PPMA en núcleos que superaron el 90% en las secciones punta Junín y Arica y centrados en el nivel de profundidad de 150 m. En todas las secciones se observó el núcleo de AESS bien desarrollado con valores que superaron el 80%, con una disminución de los PPMA en sentido norte-sur. La AESS se presentó en el sector oceánico con un PPMA de 10% hasta una profundidad que varió de 25 a 50 m de norte a sur, alcanzando la superficie con valores de composición más altos en las primeras 10 mn. En el nivel de 500 m también se apreció una mayor participación de esta masa de agua en la sección de Arica, con PPMA entre 50% y 60%, los que disminuyen en un 10% hacia la sección del límite sur (bahía Moreno).

Los resultados de los 3 cruceros presentan características oceanográficas y meteorológicas marcadas que cambian estacionalmente. Al norte de Antofagasta, donde en los cruceros coinciden espacialmente los registros de viento y el índice de surgencia, muestra que en la zona costera entre Arica y Antofagasta, prevalecen vientos favorables a la surgencia en las tres estaciones del año, aun así, tienden a ser más débiles durante invierno (~5 m/s) y más intensos durante primavera (~10

m/s), especialmente al sur de Arica, frente a Pisagua, al sur de Iquique y en Antofagasta **(Figuras 7** a **9)**. Los valores del índice de surgencia que acompañan a estos valores de viento, muestran valores del orden de 500 $m^3/s^{-1}$, con una distribución espacial similar a la del viento. Durante el invierno, al sur de Antofagasta, el viento observado alcanza los mayores valores (~10 m/s) en relación con la zona más al norte, junto con el índice de surgencia (> 1000 $m^3/s$) y turbulencia (> 1000 $m^3/s^3$).

La temperatura superficial del mar (**TSM**) durante los tres cruceros permite observar un cambio en los valores y la distribución espacial de la TSM **(Figura 10)**. Durante invierno, prevalece el decaimiento latitudinal de la temperatura con valores mayores a 17° C frente a Arica, hasta temperaturas del orden de 15°C frente a Antofagasta y 13° C frente a Pichidangui. Los resultados insinúan la presencia de leves gradientes horizontales en la dirección zonal, asociados a la distribución de las isotermas de 16°, 15° y 13°C, pero solamente en las áreas costeras de Arica y el norte e Iquique, como también entre punta Lobos y el sur de Antofagasta y, al sur de Huasco. En primavera y verano, los gradientes zonales de temperatura se incrementan asociados a la aparición de aguas frías en la costa (<18°C) y al aumento de la temperatura en la zona oceánica (20-22°C en primavera a 23-25°C en verano). El descenso latitudinal de la TSM observado durante el invierno está presente durante primavera y verano, pero con mayores valores, frente a Arica la TSM varia entre 22°C a 25°C, mientras que en Antofagasta aumenta de 18.5°C a 22.5°C entre primavera y verano, respectivamente. La distribución de TSM durante verano permite mostrar que los puntos de TSM menores se encuentran en zonas locales, acotadas dentro de la banda costera de aguas frías, donde se destaca a Arica, la zona entre Pisagua e Iquique, las zonas entre punta Lobos y Tocopilla y el área de punta Caleta Errazuriz.

La distribución vertical de temperatura muestra la profundización de las isotermas en el sector oceánico y el ascenso de las isolíneas de temperatura hacia la costa, la que se intensifica hacia el periodo de primavera - verano y que está marcada por el afloramiento de la isoterma de 15°C cerca de la costa. Por otro lado, la profundización de la isoterma de 15°C en el sector oceánico respecto al periodo de invierno, va acompañada por un aumento de las temperaturas en superficie. Bajo la capa superficial las isolíneas menores a 11° C muestran oscilaciones de diferente amplitud, que afectan a casi todas las isotermas bajo los 100 m de profundidad en todas las transectas y estaciones del año. Paralelamente, sobre el talud las isotermas profundas (<11°C) tienden a profundizarse **(Figuras 26** a **29)**. Por otro lado, las anomalías de temperatura en la vertical, calculadas respecto a la climatología de las transectas en la zona, muestran que durante invierno, bajo los 100 m las condiciones son relativamente constantes (~0° C), mientras que en primavera - verano, sobre el talud y bajo los 250 m, se presentaron anomalías positivas del orden de 0.5°C **(Figuras 38** a **40)**.

La salinidad superficial del mar (**SSM**) muestra un comportamiento similar al observado en la TSM, ya que presenta un gradiente latitudinal, con mayores salinidades frente a Arica (35.05 psu) y que se incrementan hacia primavera (35.2 psu), mientras que durante verano se presenta un núcleo oceánico (35.3 psu, frente a punta Madrid) **(Figura 12)**. Por otro lado, frente a Antofagasta la SSM desciende a 34.65 psu durante los 3 cruceros. Una banda costera de menores SSM aparece levemente entre Arica y Piragua (>34.9 psu) durante el invierno, la que se incrementa en extensión espacial durante primavera y que no aparece al sur de Tocopilla. Posteriormente, en verano, la isohalina de 34.9 psu que marca esta banda costera al norte de Tocopilla, se extiende hacia el sector oceánico dejando lugar a núcleos de aguas menos salinas (<34.8 psu) de una escala espacial del orden entre 30 y 100 Km de diámetro. Al sur de Tocopilla, la banda costera se caracteriza por la presencia de salinidades menores a 34.8 y 34.7 y presenta dos núcleos frente a punta Copaca, uno dentro de la banda costera de salinidades menores a 34.6 psu y otro fuera de la banda costera con salinidades mayores a 34.9 psu, con escalas espaciales del orden de los 40 km de diámetro.

En la columna de agua, la salinidad exhibe un comportamiento menos regular que la temperatura, ya que en términos generales muestra una alta salinidad en superficie (>34.9 psu), una salinidad relativamente baja entre 50 y 100 m de profundidad (<34.6 psu), para luego volver a incrementarse bajo los 100 m y especialmente asociada al talud continental (>34.7 psu). Este ultimo núcleo abarca una gran extensión en la columna de agua, pero tiende a disminuir su salinidad hacia el sur (34.8-34.7 psu) **(Figuras 30** a **33)**. Al igual que las isotermas, las isohalinas muestra perturbaciones en forma de oscilaciones de diferente amplitud en las diferentes transectas (~ decenas de metros). Respecto a la distribución vertical de las anomalías de salinidad, estas muestran que la columna de agua bajo los 100 m, no muestra anomalías significativas respecto a la climatología de la

zona durante la epoca de invierno, mientras que en superficie, las anomalías negativas se incrementan hacia el sur (<-0.2 psu). En primavera y verano, bajo los 150 m se presentan anomalías negativas con una distribución espacial irregular, aunque frente a Arica en general son menos significativas, frente punta Lobos cambia de distribución espacial y frente a bahía moreno se ve la influencia de una perturbación que aparece en verano. Sobre los 150 m las anomalías tienden a ser negativas, especialmente frente a bahía moreno que presenta un núcleo de <-0.3 psu durante verano **(Figuras 38** a **40)**.

La distribución superficial de las anomalías de TSM **(Figura 11** y **13)**, presenta principalmente en primavera y verano, una clara banda costera definida por valores negativos de anomalía de TSM entre -1 y -3° C. Por otro lado, en invierno aparecen grandes áreas en forma de lengua, que se desprenden de la costa con valores menores a -1 °C y centradas en focos costeros encerrados por anomalías menores a -2 °C. En primavera y verano, los resultados muestran dos núcleos de anomalías de TSM frente a Pisagua (>2°C) y punta Copaca (>2°C), de escalas espaciales entre 20 a 50 km de diámetro, respectivamente. Paralelamente, las anomalías de SSM no están definiendo la banda costera, sino que mas bien describen grandes núcleos oceánicos asociados principalmente a anomalías negativas (< -0.2 psu), excepto frente al área oceánica frente a punta Madrid y frente a punta Copaca (>0.0 psu).

La densidad superficial **(Figura 14)**, muestra una distribución espacial más bien asociada con la distribución superficial de TSM, es decir, con mayores densidades en la banda costera, la que está caracterizada por aguas frías y menos salinas que las circundantes. En esta zona, la densidad muestra en la banda costera valores mayores a 25.8, 25.0 y 24.0 ($kg/m^3$) en el periodo invierno, primavera y verano respectivamente. En profundidad, la densidad está muy asociada a la distribución de la temperatura, mostrando un ascenso hacia la costa de las isopicnas mayores a

26.2 kg/m$^3$ y un descenso de las isopicnas sobre el talud que es más intenso en primavera y verano. Acompañando a las isotermas e isohalinas, las isopicnas muestran oscilaciones de decenas de metros en las transectas 6 y 11 durante invierno, transectas 1, 2 y 4 en primavera y transectas 3 y 5 en verano **(Figuras 34** a **37)**.

Paralelamente a la temperatura, salinidad y densidad, la distribución superficial de oxígeno no muestra estructuras claras, salvo una banda costera poco definida (entre bahía Salada y punta Pozo), con una menor concentración relativa de oxígeno (<5 mL/L). Esta también aparece al sur de Arica durante el crucero de invierno **(Figura 15)**. En primavera, aparece un núcleo con una concentración de oxígeno levemente baja (<5 mL/L) al sur de Tocopilla y posteriormente en verano, un núcleo costero pero esta vez de mayor concentración de oxigeno superficial (>8mL/L), frente a punta Cobija. En profundidad, la concentración de oxígeno disuelto muestra una distribución espacial estable con cambios estacionales. Las isolineas ascienden hacia la costa, se observa una mayor concentración superficial (>6 mL/L), la cual desciende en profundidad llegando a un mínimo a los 300 m. La concentración mínima se eleva de valores menores a 0.25 mL/L en invierno, a valores menores de 0.5 mL/L en verano. En la capa superficial, el máximo que se observaba en superficie (>6 mL/L) durante invierno, aparece a nivel subsuperficial (~25 m), mientras que la concentración superficial disminuye a valores cercanos a 5 mL/L.

La distribución espacial de la profundidad de la isoterma de 15° C muestra un ascenso hacia la costa en los 3 cruceros, mostrando básicamente una elevación zonal de la profundidad de esta isoterma desde valores mayores a 40 y 60 m en la zona oceánica, hasta alcanzar profundidades menores a 10 m cerca de la costa **(Figura 16)**. Esta distribución espacial forma una banda costera coincidente con la TSM y densidad superficial.

La distribución espacial de la anomalía geopotencial en los tres cruceros muestra básicamente la existencia de flujos geostroficos hacia el norte, paralelos a la costa y siguiendo el contorno de la banda costera descrita por temperatura y salinidad. Los valores de la anomalía geopotencial muestran que durante el verano estos flujos hacia el norte son más intensos y concentrados, mientras que en invierno y primavera las estructuras asociadas ellos son difusas **(Figura 18)**. No se aprecia en forma evidente la presencia de estructuras de mesoescala como giros. Cabe señalar que durante el verano se observó la presencia de valores elevados de anomalía geopotencial frente a punta Copaca, que separan la zona de estudio en dos, como también en la zona oceánica frente a punta Madrid, describiendo lo que podría ser la mitad de un giro anticiclónico.

En los 3 cruceros el espesor de la capa de mezcla muestra distribuciones irregulares, aunque en general disminuye hacia la costa como también disminuye estacionalmente en toda el área desde el crucero de invierno al de verano. En la zona oceánica se pueden apreciar núcleos de hasta 30 m de espesor en invierno, 15 m en primavera y sólo 10 m en verano, mientras que en la costa las profundidades disminuyen desde 10 m a 0 m en verano. Al igual que en el caso anterior, el espesor de la termoclina y la profundidad base de la termoclina disminuyen hacia la costa durante los tres cruceros **(Figuras 20** y **22)**, aunque estas variables muestran variaciones estaciónales, ya que el espesor de la termoclina se incrementa de invierno a verano alcanzando valores extremos en la zona frente a Pisagua entre 15 m en invierno, 25 m en primavera hasta 35 m en verano. Paralelamente, la profundidad de la base de la termoclina disminuye de invierno hacia el periodo primavera-verano. Las profundidades observadas durante invierno muestran profundidades mayores a 70 m en la zona oceánica y menores a 30 m en la costa, mientras que durante el periodo primavera-verano las mayores profundidades llegan a 40 m y 20 m, respectivamente. La temperatura base de la

termoclina muestra un gradiente latitudinal en invierno, entre temperaturas mayores a 14°C frente a Arica hasta 12.5°C frente a río Límarí **(Figura 21)**. Este gradiente latitudinal no aparece durante primavera-verano y se presentan un incremento de la temperatura en toda la zona, cuyos valores abarcan desde 14°C cerca de la costa hasta 16°C en el área oceánica.

El máximo gradiente de temperatura en la termoclina muestra un incremento estacional, ya que pasando de 0.4 (°C/m) en invierno, llega a más de 1 (°C/m) en primavera-verano **(Figura 24)**. La profundidad a la que se encuentra este gradiente decrece, ya que este asciende bajo 40 m en invierno hasta menos de 20 m de la superficie en verano **(Figura 25)**. En los tres cruceros se observa un cambio zonal del gradiente, es decir, el máximo gradiente se encuentra más cerca de superficie, mientras más cerca de la costa se encuentre.

Los resultados de los diagramas TS muestran que en la zona se encuentran en diferentes proporciones 3 masas de agua, el AST en superficie, ASAA (40-100 m) y AESS (bajo 100 m) **(Figuras 49** a **51)**. En los tres cruceros, se observa un descenso del porcentaje del AST y AESS a medida que se avanza hacia el sur y por el contrario un aumento del porcentaje del ASAA. El AST (0-50 m) incrementa su participación de valores alrededor de 50% durante invierno a valores mayores a 80% en los períodos de primavera y verano, paralelamente el AESS incrementa el área que abarca en la columna de agua con valore mayores al 80 % entre invierno y verano. El ASAA, entre los 50 y 100 m, muestra una reducción en la extensión espacial que ocupan los valores mayores al 30 % en el periodo de primavera y verano **(Figuras 52** a **55)**.

## 5.18 Distribución espacial y mensual de la TSM satelital (junio 2005 – marzo 2006)

Las TSM satelitales (**TSMsat**) promedio mensuales se muestran en la **figura 56**. En general, el período junio-julio se caracterizó por un rango de valores de TSMsat que estuvo en el rango 15° a 20ºC. Se destacó el desplazamiento de las isotermas de menores temperaturas hacia sectores costero. Los meses de agosto y septiembre presentaron TSMsat que varíaron entre 15° y 17,5º C, con un marcado predominio de valores de 15° y 16°C y se caracterizó por exhibir una homogenización de la estructura térmica superficial, disminuyendo con ello la intensidad de los frentes térmicos costeros. En términos generales, se apreció para estos meses, una disminución de las temperaturas respecto al mes de junio y una alta nubosidad.

La distribución de TSMsat del mes de octubre fue similar a la encontrada el mes anterior, caracterizándose este mes por un aumento de la TSM oceánicas entre Pisagua y Tocopilla en alrededor de 1°C respecto a la ultima semana del septiembre y por la ausencia del habitual gradiente térmico costero y la presencia de condiciones muy similares desde Tocopilla al sur durante el mes.

En noviembre, la TSMsat presentó un rango de variación entre los 15° y 20 °C, ubicándose los máximos en el sector oceánico y los mínimos en el sector costero. En las imágenes del mes se aprecia la intrusión de aguas cálidas desde la zona noroeste y una franja de aguas frías en los sectores ribereños, lo que implica la existencia de frentes térmicos entre el área costera y oceánica.

Durante diciembre, la TSMsat presentó un rango de variación entre los 16° y 23 °C, destacándose una intrusión de aguas con temperaturas mayores a 22°C en el sector oceánico norte y una banda de aguas frías en todo el sector costero, situación que estuvo relacionada con eventos de surgencias, que formaron gradientes térmicos de importancia entre ambos sectores en toda la zona de estudio.

En enero de 2006 la estructura térmica superficial presentó un aumento de las temperaturas en el área oceánica en 2° a 3°C respecto del mes anterior. En este

mes las TSMsat estuvieron en el rango de 19° a 24,5°C, destacándose un foco de aguas de temperatura mayores a 24°C en el área oceánica entre Arica e Iquique, también una disminución de la franja ocupada por las aguas frías costeras en el mismo sector y la presencia de pequeños focos de surgencia desde Iquique al sur. La TSMsat oceánica más baja se registró al sur de los 23°S de latitud, la cual estuvo en el rango de 21 a 22°C.

Durante febrero, la TSMsat en el área de estudio presentó un rango de valores entre los 17° y mayores a 25°C. Un extenso foco de valores mayores de 25°C ocupó el sector oceánico que va de Arica a Iquique. En el sector costero de la mitad sur de la zona se registraron nuevamente las menores TSMsat del mes, principalmente de Iquique al sur, las que corresponderían a valores cercanos a los 18°C.

Durante el mes de marzo, el área de estudio presentó un rango de valores de TSMsat de 18° a 25°C. Se observó que los menores valores de TSM se registraron en las proximidades de Mejillones, en tanto que los mayores registros se localizaron en el sector oceánico de la mitad norte, en especial en el sector oceánico frente a Arica.

## 5.19 Distribución espacial y semanal de la TSM satelital (junio 2005 – marzo 2006)

La primera semana de junio presentó TSMsat entre 16 y 20°C **(Figura 57)**, destacándose una masa de aguas más cálidas en el extremo norte y una franja de aguas frías que se localizó en las primeras millas de la costa, lo que implicó la formación de fuertes gradientes de temperatura en el sentido costa-océano. En la segunda semana continuó presentándose el núcleo de aguas cálidas en el sector norte, aunque se apreció una considerable disminución de la extensión geográfica del foco de aguas > 19°C, lo cual se refleja en el desplazamiento de la isoterma de 19ºC (color amarillo) hacia zonas oceánicas. Por otra parte, se observó alta

nubosidad en la zona de estudio. La tercera semana se registró una disminución de las TSM en aproximadamente 0,5ºC respecto de la semana anterior. En esta semana observó nuevamente una disminución espacial de las aguas de 19ºC en el sector norte y se apreció una homogenización de la estructura térmica superficial en la zona de estudio, también se observó la gran cobertura geográfica que alcanzaron las aguas de 17°C con un área que cubrió sobre el 80% de la zona de estudio. Durante la cuarta semana persiste el decrecimiento en los registros de TSM, con baja participación de las aguas de 19°C, lo que es normal para la época del año.

La primera semana del mes de julio **(Figura 57)** se caracterizó por una importante presencia de nubes en prácticamente toda la zona. En las areas descubiertas, principalmente costeras, las TSMsat estuvieron entre 17° y 18°C desde Tocopilla hasta Punta Grande, y con valores aun más bajos, del orden de los 16° a 17° desde Mejillones al sur. Entre los 20° y 21° de latitud sur se ubicó en el área oceánica un núcleo de agua relativamente más cálida, que alcanzó hasta los 19°C. La segunda semana del mes registró un gradiente térmico costa océano similar al de la semana anterior, observándose en el área oceánica un predominio de temperaturas entre 18° y 19° C entre Arica y Tocopilla, mientras que desde esa localidad al sur predominan los valores entre 17° y 18°C. Se mantiene aun un pequeño núcleo de aguas mayores a 19°C cercanas a la costa frente a la localidad de Iquique, mientras que en el sector costero de mejillones la TSM ha disminuido cerca de 1°C respecto a la semana anterior. Durante la tercera semana se registró en promedio una disminución de la TSM de cerca de 1°C respecto a la semana anterior, en toda el área oceánica. Dado esto predominaron las temperaturas de 17° a 18°C entre Arica y Tocopilla, mientras que desde Tocopilla al sur las TSM fueron de 16° a 17°C. No obstante lo anterior, se registró un leve aumento de temperatura en la costa de la península de Mejillones, la que tuvo en esta oportunidad TSM de 16° a 17°C. La cuarta semana tuvo una gran cobertura de nubes en buena parte de la zona oceánica. El sector costero que estuvo descubierto mostró una distribución similar a la semana anterior, excepto en el área que rodeó la Península de

Mejillones y frente a Antofagasta, en el extremo sur de la zona, la cual se vió más fría con temperaturas menores a 15°C. En la quinta semana la TSMsat registró un descenso de alrededor de 1°C respecto a lo observado en la tercera semana. De acuerdo a los valores de TSM promedio mensuales para la zona, ésta última semana presentaría en el sector oceánico cerca de 1°C bajo el promedio.

En agosto **(Figura 57)**, la primera semana registró una TSM > 17°C desde el Río Loa al norte, tanto en el sector costero como oceánico. Desde El Río Loa hasta Mejillones, los valores de TSM descendieron a valores entre 16° y 17°C para finalmente presentar una franja latitudinal de mínimo térmico superficial que va desde la costa hasta el sector oceánico, la que tuvo valores entre 15° y 16°C, hasta al menos los 72° W (100 mn de la costa). Frente a Tocopilla, centrado en las 40 mn de la costa, se registró un foco de máxima térmica con valores mayores a 18°C. No se registraron frentes térmicos costeros. La segunda semana registró una disminución de las TSMsat respecto a la semana anterior, lo que se observó en el avance hacia el norte de la isoterma de 15°C desde frente a Mejillones hasta los 21°S, mientras que la isoterma de 16°C avanzó por el sector costero y oceánico desde los 21°S de la zona de estudio hasta Arica (18°20'S). En general, la TSM costera registró una disminución en relación a la semana anterior formándose esta vez unos débiles gradientes térmicos, principalmente desde el río Loa al sur. Se destacó la aparición de un foco de temperaturas menores a 14°C en el extremo sur de la zona desde las 50 mn hacia el oeste. Desde Mejillones hasta Antofagasta, hubo una situación térmica bajo el promedio, histórico pero no mayor a 1.0°C, lo que noes significativo. La tercera semana de Agosto tuvo una distribución de TSMsat similar a la observada en la primera, excepto por un foco de agua de temperatura mayor a 18°C entre los 71'30° y 72°W, así también como unos pequeños focos cálidos pegados a la costa entre Iquique y Pisagua. El foco frío observado hacia el límite sur de la zona no se presentó, registrándose en esta oportunidad nubosidad en la misma área. Desde el Río Loa al sur se mantuvieron algunos gradientes costeros débiles. La cuarta semana registró una condición similar a la indicada para la semana anterior, con temperaturas por sobre 17°C en

el área oceánica y costera hasta Iquique, y TSM de 16° a 17°C entre Tocopilla y Mejillones. Los gradientes costeros en esta semana se localizaron principalmente desde Tocopilla al sur. TSMsat de 14° C a 15°C se han replegado desde el sector oceánico hacia el límite sur de la zona, extendiéndose hacia el norte por la zona central del área pero sin superar los 22°S.

La primera semana de septiembre **(Figura 58)** registró en la mitad norte de la zona valores de TSMsat sobre 16°C, los que se extendieron hacia el sur-este hasta alcanzar la latitud de Tocopilla. Esta semana fue la única que registró algunos sectores con gradientes térmicos entre la costa y el sector oceánico, como los observados desde el río Loa al sur, aunque éstos fueron débiles debido a diferencias menores a 2°C entre ambos sectores. La segunda semana registró un aumento de las TSMsat en la mitad norte de la zona, lo que se observó en el aumento de área de cobertura de aguas de temperatura > 16°C y por la aparición de TSM sobre 17°C. Las TSM sobre 16°C se registraron en el sector oceánico hasta Tocopilla por el sur y hasta la costa en sentido este-oeste. Se destacó esta última situación ya que en particular durante la segunda semana, prácticamente todo el sector costero de la zona registró TSM > 16°C. La cuarta semana registró una disminución de las TSM, en comparación con la segunda semana, entre el límite norte y los 19°S de latitud, lo que se aprecia por una disminución en la cobertura de área del foco de aguas de TSM >17°. Así tambien, las TSM disminuyeron en el sector costero frente a Arica y entre Iquique y Tocopilla.

La primera semana de octubre **(Figura 58)** registró un rango de TSMsat entre 13° y 17°C. Las aguas de temperatura > 17°C se ubicaron en dos focos al norte del Río Loa, uno frente a Arica y el otro centrado en los 21°S, ambos al oeste de los 71°W. El sector costero registró temperaturas menores a 16°C, siendo esta semana la única que registró un gradiente térmico costero débil que se ubicó entre Arica y Tocopilla. Al sur de esta localidad la temperatura fue prácticamente similar tanto en la costa como en el área oceánica. La segunda semana se caracterizó por la desaparición del gradiente térmico costero debido a la entrada de aguas de

temperatura mayor a 17°, situación que se observó hasta Tocopilla. Hacia el sur de esa localidad, las condiciones fueron similares a la semana anterior, con temperaturas entre 15° y 16°C. El aumento de las TSM en la mitad norte de la zona abarcó esta semana una mayor área, formándose un solo foco de máximas térmicas. La presencia de TSM menores a 17°C ubicadas dentro del foco de máxima térmica, sería un efecto de la nubosidad y por lo tanto no es una condición real. La cuarta semana de octubre tuvo, comparativamente con la segunda, una disminución de las TSM en el sector oceánico de la mitad norte de la zona, quedando el foco de aguas de temperaturas mayores a 17°C ubicado sólo entre Pisagua y el Río Loa, y otro foco de menor cobertura frente a Arica. Apareció en forma incipiente un foco de TSMsat mayores a 18°C.

La primera semana de noviembre **(Figura 58)** tuvo un leve aumento de las TSMsat en aproximadamente +1,0°C respecto de la semana anterior. Las TSMsat fueron de 15° a 19°C desde la costa hacia el sector oceánico. Se destaca la aparición de la isotermas de 19°C (color amarillo) la cual alcanzó la cuadra de Mejillones y una delgada franja de aguas frías en la costa. La segunda semana presentó nuevamente un aumento de las TSMsat respecto de la semana anterior, especialmente en el sector oceánico, mostrado por el desplazamiento de la isoterma de 19°C (color amarillo) hacia el sur y hacia el oeste, y a la aparición de aguas con 20°C (salmón claro) entre Arica y Pisagua. En la franja costera hubo un leve aumento de las temperaturas, aunque se mantuvieron valores menores a 18°C y los gradientes térmicos latitudinales (este-oeste). Las semanas tercera y cuarta exhibieron una estructura térmica similar entre ambas y, respecto a la anterior, muestran un aumento de la TSM al oeste de la longitud 72°W, lo que se apreció por la desaparición de valores > 17°C y un aumento de las temperaturas en la costa al sur de Iquique, principalmente en la cuarta semana. Este período registró una importante nubosidad en el área de estudio, la que se ubicó sobre los focos de mayores temperaturas.

Las imágenes de TSMsat presentaron en la primera semana de diciembre **(Figura 59)** un incremento de aproximadamente +1,5°C respecto de las dos últimas semanas. Se presentaron también isotermas de 20 y 21°C (color salmón claro y oscuro) formando algunos focos en el sector oceánico y en el sector costero frente a Tocopilla. Se destacó una disminución de la presencia de aguas de 16°C, las que se restringieron a las proximidades de Iquique y Mejillones. Las semanas segunda y tercera mostraron una estructura térmica similar, acentuándose el aumento de las TSM respecto de la semana anterior, especialmente en el sector oceánico, lo que se reflejó en la penetración de aguas de 22°C y en el desplazamiento de las isotermas de 20 y 21°C en dirección sureste alcanzando la cuadra de Mejillones. Se mantuvo la franja de aguas frías en la costa y con ello los gradientes térmicos costa-océano.En la última semana del mes se presentó nuevamente un aumento de la TSMsat, especialmente al norte de Iquique con un crecimiento en la cobertura espacial de las aguas de 22°C. Hubo también una disminución en la extensión geográfica de las aguas de 17 y 18°C, quedando éstas restringidas al extremo sur de la zona.

En enero **(Figura 59)**, la TSMsat presentó un aumento aproximado de 1°C respecto de las últimas dos semanas de diciembre, destacándose una clara intrusión de aguas más cálidas en forma de lenguas, con TSM superiores a los 23ºC. Focos de aguas frías se ubicaron al sur de Iquique y en las proximidades de la península de Mejillones, lo que provocó gradientes térmicos latitudinales en esos sectores. En la siguiente semana hubo un aumento promedio en la TSMsat de 0,8°C. El foco de aguas de 23°C alcanzó hasta la cuadra de Tocopilla. Finalmente, se observó una disminución en la cobertura espacial de la franja de aguas de menor temperatura y la disminución de las áreas de frentes térmicos. Las dos últimas semanas del mes tuvieron un incremento de las temperaturas en aproximadamente +0,5°C respecto de la semana anterior. En estas dos semanas se observó un desplazamiento de las aguas de 22°C, llegando hasta el sur de Antofagasta. En forma simultánea se produjo una disminución de las áreas cubiertas por aguas con temperaturas de 19° y 20°C, las que sólo se observaron en las proximidades de Iquique y Mejillones.

La primera semana de febrero **(Figura 59)** se caracterizó por la presencia de TSMsat mayores a 24°C en la mitad norte de la zona, con extensos focos de valor > 25°C. En esta semana no hubo información de TSM en la costa debido a la presencia de nubes. En la mitad sur la TSMsat se presentó en el sector oceánico con valores menores de 23°C en los 21°S de latitud, a 22°C en el límite sur de la zona; mientras que en la costa éstas fueron menores a 21°C desde Tocopilla al sur. En la segunda semana la distribución de TSM fue similar a la semana anterior, destacándose en esta oportunidad un alejamiento de la costa del foco de TSMsat mayores a 25°C ubicadas en la mitad norte de la zona, sin embargo, se aprecia una extensión de las aguas de TSM mayores a 24°C hacia la costa entre Arica y Pisagua. En la costa de la mitad sur de la zona se observó la formación de gradientes térmicos superficiales costa-océano más intensos que los medidos en la primera semana debido a aguas con 20° a 21°C. En la tercera semana del mes se destacó una disminución del tamaño del foco de agua con TSM mayores a 25°C y una extensión hacia el sur de aguas entre 24° y 25°C que llegaron hasta la latitud de Tocopilla. En el borde sur de la zona las TSMsat aumentaron a valores entre 23° y 24°C. En el sector costero de toda la zona las TSM disminuyeron, pero esta situación fue mayor entre Arica y Tocopilla ya que se detectaron valores entre 16° y 17°C. Frente a Iquique se observó el desplazamiento hacia el sector oceánico de aguas de temperatura en el rango entre 23° y 24°C, las que llegaron hasta al menos las 70 mn. En la cuarta semana no hubo observación de TSM satelital debido a la nubosidad en la zona.

La primera semana de marzo **(Figura 59)** se caracterizó por la presencia de TSMsat por sobre 24°C de punta Lobos al norte, con un pequeño núcleo de valor > 25°C. También se apreció una delgada banda de aguas frías a lo largo de la región costera. En las semanas segunda y tercera, la distribución de TSM fue muy similar a la semana anterior, destacándose en esta oportunidad la desaparición del foco de TSM > 25°C y un repliegue hacia el norte de las aguas de >23°C. En el sector costero se observa también una mayor cobertura espacial hacia el oeste de la

franja de aguas frías y la formación de gradientes térmicos superficiales costa-océano más intensos que los exhibidos en la primera semana. En las semanas posteriores, cuarta y quinta, se destacó una disminución espacial del foco de agua con TSM > 24°C y un retroceso en sentido noroeste de las aguas >22°C. Paralelamente, en todo el sector costero las TSM disminuyeron, aunque lo anterior fue mas notorio en la mitad sur de la zona de estudio ya que se detectaron valores de hasta 18°C en los alrededores de Mejillones y que se extienden hacia el oeste en las primeras 10 mn de la costa, situación relacionada con los eventos de surgencias. También se destacó un desplazamiento de las aguas de 20 y 21°C en dirección norte formando gradientes térmicos importantes.

## 6. Análisis de pigmentos vegetales

### 6.1 Distribución superficial de clorofila

En invierno de 2005, la biomasa fitoplanctónica expresada como clorofila ***a*** (cloa) superficial **(Figura 60a),** presentó una gran cobertura de valores pigmentarios altos. Las mayores concentraciones se registraron en un foco de poca extensión, en el sector costero de la transecta de Arica, donde la cloa superó los 20 µg/L. En esta misma transecta destacó además, la presencia de un foco oceánico que abarcó desde aproximadamente las 50 mn hasta el límite oeste del muestreo, el que tuvo concentraciones de 2,5 µg/L centradas en las 70 mn. Desde el sector costero de punta Camarones (Lat. 19º 20'S) hasta bahía Moreno, se extendió una franja continua de valores de cloa > 2 µg/L. Esta franja presentó dos focos con valores de 3,8 µg/L y 5,2 µg/L, en la estación de 40 mn frente a punta Junín y en el sector costero de punta Camarones (Lat. 19º 20'S), respectivamente. Hacia el sur, la franja aumentó los valores costeros, generándose entre punta Lobos y Mejillones un continuo de valores > 5 µg/L, el que presentó focos de más de 10 µg/L en punta Arenas (Lat. 12º 40'S), punta Gualaguala (Lat. 22º 50'S) y en la punta norte de la península de Mejillones (Lat. 23º 10'S).

Desde rada Paposo hasta Pichidangui **(Figura 60a)**, las concentraciones costeras fueron, en general, inferiores a aquellas de la parte norte. Las mayores concentraciones se detectaron en las estaciones costeras de rada Paposo, donde se observó un foco con valores > 5 µg/L y un máximo de 11 µg/L en la costa. Frente a Chañaral sólo en la estación costera los valores fueron altos (> 8 µg/L). En bahía Salada, el valor costero disminuyó a > 3 µg/L, mientras que en caleta Inglesa, los valores eutróficos fluctuaron alrededor de 1 µg/L pero sobrepasaron las 40 mn. En la transecta de punta Farellones, la situación fue similar a la de bahía Salada. Desde caleta de Maitencillo de Coquimbo hasta Pichidangui, la cobertura de los valores eutróficos aumentó, llegando hasta las 100 mn en la última localidad. En esta transecta además, se registró un foco > 2 µg/L dentro de las 10 primeras mn, con un máximo costero de 5,8 µg/L.

En primavera, la cloa **(Figura 60b)** presentó bajas concentraciones en el sector de Arica, siendo estas inferiores a 0,5 µg/L. Hacia el sur de Arica, se registró el sector costero una franja discontinua de valores eutróficos (> 1 µg/L), con un pequeño foco de 2,5 µg/L al norte de punta Junín y en la estación costera de punta Lobos (5 µg/L). Frente a punta Arenas se interrumpió la distribución eutrófica, la que se recuperó desde Tocopilla hasta bahía Moreno. En el sector oceánico los valores pigmentarios fluctuaron entre oligotróficos y ultraoligotróficos.

En verano de 2006, la cloa superficial **(Figura 60c)** presentó en el sector costero parches aislados de concentraciones eutróficas, las que se registraron en el sector de Arica, con un valor máximo > 2 µg/L; en una franja desde punta Junín a punta Lobos; otro foco se observó en la estación costera de punta Copaca (2 µg/L). Entre Arica y punta Lobos, los valores mesotróficos se ubicaron por fuera de los núcleos eutróficos, en general, hasta una distancia de 10 mn, acercándose hasta la costa en las inmediaciones de caleta Camarones (19º 22'S), en tanto que, la mayor extensión desde la costa (20 mn) se observó en el sector de punta Gruesa (E34; 20º 23'S). Hacia el sur, concentraciones mesotróficas se observaron en el sector de Mejillones. En el sector oceánico, las concentraciones de cloa se mantuvieron en el

rango ultraoligotrófico (< 0,2 µg/L) cerca de la costa en el sector de caleta Chipana a punta Arenas, entre punta Cobija (22º 33'S) y punta Gualaguala (22º 33'S), y en las inmediaciones de bahía Moreno.

Los feopigmentos (feop) superficiales en invierno **(Figura 61a)**, siguieron una distribución muy similar a la de cloa, manteniendo en general concentraciones inferiores a ésta en la mayor parte de la zona muestreada. En el sector oceánico los feop fluctuaron entre 0,3 y 0,9 µg/L, mientras que, en el sector costero presentaron un foco de alta concentración relativa, > 2 µg/L, en la estación costera de Arica. Desde punta Camarones (Lat. 19º 20'S) hasta la punta sur de Mejillones se desarrolló una franja continua con valores > 1 µg/L, donde se observaron focos >3 µg/L dentro de las 10 mn frente a punta Lobos y en la estación costera de punta Arenas (Lat. 21º 40'S). El mayor foco se desarrolló entre las estaciones costeras desde punta Copaca hasta la punta norte de la península de Mejillones (Lat. 23º 10'S), con valores que superaron los 3 µg/L, presentando un máximo de 6,4 µg/L en punta Cobija (Lat. 22º 40'S). En la parte sur, se observó una franja con valores >1 µg/L desde la estación costera de rada Paposo hasta punta Farellones, donde los mayores valores (> 3 µg/L) se registraron en las estaciones costeras de rada Paposo. Entre caleta Maitencillo y Pichidangui, la mayor parte de los valores fluctuaron entre 0,5 y 0,9 µg/L, salvo por las estaciones costeras de Pichidangui, donde fueron de 1,1 µg/L.

Las mayores concentraciones de feop **(Figura 61b)** en primavera se registraron en un pequeño núcleo al norte de punta Junín (1,5 µg/L), una franja de valores > 1µg/L se desarrolló desde Iquique hasta caleta Chipana, donde el máximo valor, > 2 µg/L, se registró en la estación costera de punta Lobos. En la parte sur se observó un amplio foco de valores > 1 µg/L que abarcó las primeras 20 mn desde punta Copaca a bahía Moreno, donde las mayores concentraciones se registraron en las estaciones costeras al sur de punta Copaca (> 2 µg/L), en la punta norte de la península de Mejillones (E3; >2 µg/L) y en la estación de 10 mn frente a bahía Moreno (> 4 µg/L).

En verano, los feop superficiales **(Figura 61c)** presentaron valores > 1 µg/L entre: punta Junín y punta Lobos, ubicándose las mayores concentraciones en las estaciones costeras de ambas transectas con valores de 2 y 2,1 µg/L respectivamente; en las estaciones costeras entre Tocopilla y punta Copaca, en la punta norte de la península de Mejillones y en las estaciones costeras de bahía Moreno. Los valores > 0,5 µg/L se registraron en gran parte del sector costero desde Arica a punta Copaca, y en las inmediaciones de la península de Mejillones. La mayor cobertura hacia el oeste, se observó frente a punta Gruesa (E34; 20º 23'S) donde alcanzaron las 20 mn. En el sector oceánico las concentraciones fluctuaron en el rango oligotrófico (≥ 0,2 µg/L < 0,5 µg/L), valores que se observaron además en los sectores costeros de caleta Chipana (E1; 21º 21'S) y entre punta Cobija (E4; 22º 33'S) y punta Gualaguala (E5; 22º 33'S).

## 6.2 Distribución de la clorofila integrada

En invierno de 2005, la distribución de clorofila integrada (cloint) **(Figura 62a)** fue similar a la de cloa superficial, con altas concentraciones de cloint en gran parte de la zona muestreada. Altos valores (> 150 mg/m$^2$) se registraron en la estación costera de Arica y desde punta Lobos hasta la punta norte de la península de Mejillones, con focos que superaron los 300 mg/m$^3$ en las estaciones costeras de punta Copaca y punta Gualaguala (Lat. 22º 50'S; E43). El valor más alto de cloint, 500 mg/m$^2$, se registró en la punta norte de la península de Mejillones (Lat. 23º 10'S; E45). En la parte sur las mayores concentraciones se registraron en las estaciones costeras de rada Paposo (200 mg/m$^2$), bahía Salada (300 mg/m$^2$) y punta Farellones (190 mg/m$^2$).

Las isolíneas de cloint en primavera **(Figura 62b)** mostraron focos de altas concentraciones (> 100 mg/m$^2$) en el sector costero entre Arica y punta Pinto (18º 44'S); también más al sur, en un franja entre punta Junín y punta Lobos, donde se registraron las concentraciones más altas (150 mg/m$^2$); más un foco que superó los 90 mg/m$^2$ entre las estaciones de 5 y 10 mn frente a bahía Moreno. El valor más bajo (17 mg/m$^2$) se registró en la estación costera de punta Arenas (21º 40'S). En el sector oceánico los valores fluctuaron entre 14 y 54 mg/m$^2$.

En verano, las isolíneas de cloint **(Figura 62c)**, presentaron focos de altas concentraciones (> 100 mg/m$^2$): entre las estaciones de 5 mn y 20 mn en la transecta de Arica y la estación costera de punta Pinto (E52; 18º 44'S), en la estación de 10 mn se registró un valor superior a 300 mg/m$^2$; más al sur en un franja entre punta Camarones (E54; 19º 22'S) y punta Junín; y dos pequeños focos en la estaciones costeras frente a punta Copaca y Mejillones. Una franja de valores >80 mg/m$^2$ se registró entre Arica y punta Lobos, la cual no superó las 25 mn en Arica, acercándose hasta la costa en los sectores de punta Madrid (E53; 19º 03'S) y desde Iquique a punta Lobos. En bahía Moreno, los valores costeros fueron > 20 mg/m$^2$. En el sector

oceánico los valores fueron inferiores a 20 mg/m$^2$, al igual que en el sector costero entre punta Cobija (E4; 22º 33'S) y punta Gualaguala (E5; 22º 33'S).

Los feop integrados (feopint) de invierno (**Figura 63a)**, presentaron una distribución similar a la de la cloint, pero con valores inferiores principalmente en la zona costera. Altos valores de feopint (> 100 mg/m$^2$) se registraron: entre las estaciones de 5 y 20 mn frente a punta Junín, dentro de las 10 mn frente a punta Lobos y en una franja que abarcó entre punta Copaca y la punta norte de la península de Mejillones (Lat. 23º 10'S; E45), donde además, se registraron focos de valores > 200 mg/m$^2$ en las estaciones de 1 y 20 mn frente a punta Copaca. En la parte sur, focos de altos valores (> 100 mg/m$^2$) se registraron en la estación de 5 mn frente a rada Paposo y de 1 mn frente a bahía Salada. En la zona oceánica, los fepint fluctuaron entre 30 y 84 mg/m$^2$.

Los feopint de primavera **(Figura 63b)**, presentaron una franja de altos valores >80 mg/m$^2$, en todo el sector costero con una menor presencia en la transecta de Arica, mientras que en la parte central del área de estudio esta superó las 30 mn desde la costa. Los mayores valores de feopint (> 100 mg/m$^2$) se registraron en varios focos: en la estación costera de punta Camarones (19º 22'S); dentro de las 20 mn al oeste de punta Lobos; entre las 5 y 20 mn frente a punta Copaca; en la punta norte de la península de Mejillones (E3) y un último en la estación de10 mn frente a bahía Moreno. En el sector oceánico los valores de feopint fluctuaron entre 31 y 78 mg/m$^2$.

Los feopint de verano **(Figura 63c)** presentaron una franja próxima a la costa, a lo largo de toda la zona de estudio con valores > 60 mg/m$^2$, dentro de la cual se midieron altos valores (>100 mg/m$^2$): entre las 5 y 20 mn Arica, y la estación costera de punta Lobos; entre Tocopilla y punta Copaca y un pequeño foco centrado en la punta norte de la península de Mejillones (E6; 23º 0,7'S). Los mayores valores de feopint (> 200 mg/m$^2$) se registraron en la estación de 10 mn frente a Arica, punta Camarones (E54; 19º 22'S) y en la punta norte de la península de Mejillones (E6; 23º 0,7'S). En el sector oceánico entre Arica y punta Lobos, en

general los valores fueron > 40 mg/m$^2$, mientras que hacia el sur éstos fueron menores a 40 mg/m$^2$.

En términos generales, comparativamente la clorofila superficial muestra las mayores concentraciones (>4 µg/L) durante el crucero de invierno, las que espacialmente están restringidas a las primeras 60 mn desde la costa. Estas altas concentraciones se ubican en la zona entre Iquique y Antofagasta. La concentración observada en la costa decae rápidamente hacia la zona oceánica (<0.5 µg/L), situación que se repite en primavera y verano (<3 µg/L), aunque las concentraciones en la costa son menores a las observadas durante el crucero de invierno **(Figuras 60 a 63)**. Una distribución espacial similar a la clorofila-**a** presentan los feopigmentos y los valores integrados de ambas variables. La clorofila-**a** integrada permite ampliar la zona de altas concentraciones observada entre Iquique y Antofagasta hasta el área de Arica. Los mayores valores se observaron cercanos a la costa, para luego decaer rápidamente hacia la zona oceánica. Estacionalmente, también se observaron los mayores valores en el crucero de invierno, los que se reducen hacia primavera y verano.

## 6.3 Clorofila satelital

En invierno de 2005, se recepcionaron cuatro imágenes de clorofila satelital (**cloas**), correspondientes a los días 1, 7 y 14 de septiembre y 5 de octubre, las que se muestran en la **Figura 64**. En términos generales, las imágenes de color que abarcaron el mes de septiembre y la primera semana de octubre, presentaron altas concentraciones del pigmento tanto en el sector costero como oceánico. A pesar de la cubierta nubosa se pudo identificar una franja costera de altas concentraciones, que se mantuvo a través de todo el período, con distinta intensidad, en este sentido, el foco ubicado en torno a los 21°S (> 5 µg/L) partió muy extenso, sobrepasando los 72°W el 1 de septiembre, observándose debilitado en la última

imágen de octubre. Por otra parte, en el sector al norte de los 19°S, a pesar de la gran cantidad de nubes, se pudo observar como el gran foco pigmentario de la primera semana disminuye tanto en concentración como en extensión, entre el 7 y el 14, para nuevamente expandirse en la primera semana de octubre aunque aparentemente con una menor concentración que la observada en la primera semana de septiembre.

Coetáneas al crucero de primavera de 2005, se recepcionaron y analizaron tres imágenes de cloas correspondientes a los días 2, 4 y 12 de diciembre **(Figura 65)**. En la primera imágen se pudo observar la presencia de una franja costera discontinua en toda la zona de muestreo, donde los valores fueron inferiores a 2 µg/L. Sólo en las inmediaciones de la península de Mejillones se observaron algunos focos de concentración levemente superior a 2 µg/L, en tanto que, un pequeño foco de altas concentraciones (> 4 µg/L) se ubicó frente al río Loa. La segunda imágen mostró una distribución pigmentaria similar a la del día 2. En esta imágen se pudo observar, sin embargo, que desde Iquique hacia el sur los focos pigmentarios tendieron a aumentar su distribución hacia el oeste, a la vez que los focos de valores mayores a 2 µg/L, previamente señalados en la imágen anterior, aumentaron sus concentraciones a > 4 µg/L frente a Antofagasta, Mejillones y desde el río Loa hasta el norte de punta Lobos (21°S), observándose además, un foco > 2 µg/L en la parte sur de Iquique. La tercera imágen tuvo una distribución pigmentaria similar a la de las otras dos anteriores, mostrando la evolución de los núcleos pigmentarios. En esta imágen, la franja pigmentaria desde los 19°S al sur presentó varios focos de valores >2 µg/L, mientras que los focos ubicados entre Mejillones y punta Copaca y el ubicado en torno a punta Lobos, aumentaron su extensiones conservando el nivel de concentración visto en la imágen anterior (> 4 µg/L).

En el verano de 2006, se recepcionaron y analizaron dos imágenes correspondientes a los días 14 y 17 de febrero **(Figura 66)**. En la imágen de color correspondiente al 14 de febrero, se pudo observar una franja costera continua en toda el área de muestreo, con valores de cloas superiores a 2 µg/L, con focos de concentraciones > 4 µg/L desde Arica a punta Lobos, entre el río Loa y Tocopilla, y en las cercanías de Mejillones y Antofagasta. Por otra parte, al norte de Arica se observaron prolongaciones de los núcleos pigmentarios hacia el oeste, donde valores > 1 µg/L sobrepasaron los 72°S (120 mn de la costa), en tanto que, hacia el sur también se advirtieron prolongaciones de los núcleos los que se ubicaron en: los 20°30'S, punta Arenas y en la punta norte de península de Mejillones. En la segunda imágen, los focos de valores superiores a 2 µg/L, abarcaron el área desde Arica a punta Lobos en forma continua. En esta banda, los núcleos de concentraciones > 4 µg/L se ubicaron sólo en las proximidades de Iquique. Al sur de punta Lobos las concentraciones en general fueron muy inferiores a los de la parte norte, registrándose sólo un foco de valores > 2 µg/L ubicado entre el río Loa y Tocopilla. Más al sur las concentraciones fueron inferiores a 1,9 µg/L.

## 6.4 Distribución histórica de clorofila a desde 1993 a 2005

La distribución histórica de cloa superficial para el período de invierno se muestra en la **Figura 67.**

En el invierno de 1994, las concentraciones de cloa fueron muy altas. Todas las transectas presentaron valores eutróficos en las estaciones costeras, los menores valores se dieron en punta Copaca (1,6 µg/L) mientras que las más altas concentraciones se observaron en punta Junín donde la cloa superó los 11 µg/L.

En el invierno de 1995, las concentraciones de cloa fueron algo inferiores a las observadas el año anterior. Los menores valores se dieron en punta Junín, con la presencia de un núcleo oceánico de 1,7 µg/L, mientras que las mayores concentraciones se observaron en Arica donde superó los 9 µg/L.

En el invierno de 1997, se observó un abrupto descenso en las concentraciones de cloa debido al efecto del evento de el Niño, por lo que la gran mayoría de los datos variaron entre meso y oligotrófocos. A pesar de esto, valores eutróficos se midieron en las estaciones costeras de: Arica, punta Copaca y bahía Moreno, aunque éstas no superaron los 2 µg/L.

En el invierno de 1998, se produjo un aumento de las concentraciones en todas las transectas. Los menores valores se observaron en bahía Moreno, donde la cloa alcanzó los 2,7 µg/L y los mayores en punta Copaca superando los 14 µg/L.

En el invierno de 1999, a pesar que los valores de cloa son inferiores a los del año precedente, la única transecta que no presentó concentraciones eutróficas fue la de punta Lobos, donde los valores fueron inferiores a 1 µg/L. Por otra parte las mayores concentraciones 6,8 µg/L se midieron en Arica.

En el invierno de 2000, las concentraciones de cloa fueron eutróficas en todas las estaciones costeras de las distintas transectas, sin embargo en general, no se midieron los altos valores de los primeros años. Las menores concentraciones se observaron en punta Copaca con 2 µg/L de cloa, y la máxima medida fue 6,8 µg/L en punta Junín.

En el invierno de 2001, las concentraciones de cloa son inferiores a las del año 2000. Las estaciones costeras de las distintas transectas presentaron concentraciones eutróficas, sin embargo superaron levemente 1 µg/L. Las menores concentraciones se observaron en punta Lobos con 1,1 µg/L de cloa, y la máxima fue de 3 µg/L en punta Junín. En este caso el mayor valor medido se observó en Iquique con 3,3 µg/L.

En el invierno de 2002, las concentraciones de cloa se mantuvieron en similar rango al visto en el año 2001. La única transecta que no presentó concentraciones

eutróficas en las estaciones costeras fue punta Junín, mientras que la máxima fue de 3,7 µg/L en Arica. En este caso el mayor valor medido en estaciones de intertransectas se observó en Iquique con 3,3 µg/L.

En el invierno de 2003, las concentraciones de cloa volvieron a aumentar aunque no a los niveles observados en 1998, 1995 ó 1994. En esta oportunidad son dos las transectas que presentaron concentraciones mesotróficas: punta Copaca y punta Junín, mientras que la transecta con más cloa fue bahía Moreno con 5 µg/L. En este caso el mayor, 6,9 µg/L, se observó en la intertransecta entre Arica y punta Junín.

En el invierno de 2004, todas las transectas presentaron concentraciones eutróficas, observándose núcleos de altas concentraciones de cloa a lo largo de toda la zona costera. Los valores más altos (> 10 µg/L) se observaron en la transecta de punta Lobos y en la intertransecta entre punta Lobos y punta Copaca siguiéndole en concentración, la estación costera de bahía Moreno (> 9 µg/L), mientras que los valores más bajos se registraron en las transectas de Arica y punta Junín (> 3 µg/L).

En el invierno de 2005, todas las transectas presentaron concentraciones eutróficas, observándose núcleos de altos valores a lo largo de toda la zona costera y oceánica. Las concentraciones más altas en la costa se observaron en la transecta de Arica (>20 µg/L), en la intertransecta frente a punta Arenas (Lat. 21º 40'S; > 10 µg/L) y en las inmediaciones de Mejillones (> 10 µg/L). Menores concentraciones se observaron en punta Lobos (> 8 µg/L) y punta Copaca (> 6 µg/L), mientras que los valores más bajos se registraron en las transectas de punta Junín (> 3 µg/L) y bahía Moreno (2 µg/L). Este año es apreciable la gran extensión que alcanzaron las lenguas frente a punta Copaca, punta Junín y el foco ubicado en el extremo oeste de la zona de muestreo frente a Arica.

La distribucion histórica de cloa superficial para el período de primavera se muestra en la **Figura 68.**

En la primavera de 1997, se observó un abrupto descenso en las concentraciones de cloa debido al efecto del evento cálido El Niño, por lo que la gran mayoría de los datos variaron entre meso y ultraoligotrófocos, siendo el valor más alto 0,9 µg/L medido en la estación costera de punta Junín.

En la primavera de 1998, a pesar de que no se cuenta con la información de Arica, se pudo observar un importante aumento de las concentraciones ya que éstas estuvieron en el rango de eutróficas en todas las estaciones costeras. Los menores valores se observaron en la estación costera de punta Junín donde la cloa alcanzó 1 µg/L y los mayores en punta Lobos con 3,8 µg/L.

En la primavera de 1999, la única transecta que no presentó concentraciones eutróficas fue la de punta Junín, donde los valores fueron inferiores a 0,4 µg/L. Por otra parte las mayores concentraciones 4,1 µg/L se midieron en Arica.

En la primavera de 2000, tanto la transecta de punta Copaca como la de bahía Moreno y la estación de Mejillones presentaron bajas concentraciones de cloa, menores o iguales a 0,5 µg/L, en tanto que en las demás transectas y estaciones fijas la cloa se mantuvo dentro del rango eutrófico pero sin valores elevados (< 2µg/L), salvo en Arica, donde se midió un máximo de 7,4 µg/L, valor que además correspondió al más alto medido en esta época del año para la serie de primavera hasta el año 2000.

En la primavera de 2001, la distribución de los valores eutróficos fue más amplia que en los casos anteriores, aunque igualmente sin núcleos de altas concentraciones. Como el año anterior bajas concentraciones cortaron la distribución productiva, esta vez entre caleta Chipana y punta Arena (< 0,7 µg/L). Los máximos valores de este crucero se midieron en Iquique 4,3 µg/L y en Arica 3,2 µg/L.

En la primavera de 2002, en general los valores eutróficos fueron más altos que en los años anteriores, con varios núcleos de concentración superior a 3 µg/L. A pesar

de lo anterior, la distribución eutrófica se cortó entre punta Copaca y los 22º 48'S. Los máximos valores se midieron en Arica (5 µg/L) y punta Junín (4,7 µg/L).

En la primavera de 2003, los valores de cloa descendieron con respecto a los años 2001 y 2002 principalmente, presentando además concentraciones eutróficas sólo en la parte sur del área de muestreo, sin embargo la presente distribución no es tan distinta de lo observado en 1999 o en el año 2000 aunque en esa ocasión la producción se concentró en la zona norte del área de muestreo.

En la primavera de 2005, cuatro transectas presentaron concentraciones eutróficas, las mayores concentraciones se registraron en un foco desarrollado entre Tocopilla y bahía Moreno, con máximos en este último lugar, > 11 µg/L, y en la intertransecta al norte de punta Hornos (Lat. 22º 34'S; > 6 µg/L). Un segundo foco se extendió desde caleta Chipana a punta Camarones, con un máximo en punta Lobos (> 5 µg/L). Arica fue la única transecta que no presentó núcleo eutrófico, junto con la estación costera de punta Pinto, presentaron las menores concentraciones (< 0,5 µg/L), mientras que concentraciones mesotróficas se registraron en las estaciones costeras de punta Madrid y punta Arenas,

La distribucion histórica de cloa superficial para el período de verano se muestra en la **Figura 69**.

En el verano de 1998, debido al evento El Niño se observaron concentraciones ultraoligotróficas en prácticamente toda la zona de estudio, salvo por un foco oligotrófico observado entre punta Copaca y bahía Moreno. En este último lugar, se midió la mayor concentración de cloa del crucero, 1,1 µg/L, en la estación costera.

En el verano de 1999, la situación fue completamente distinta. Importantes núcleos pigmentarios se observaron en el sector de Arica y punta Lobos, con máximos de 4,5 y 5,9 µg/L respectivamente.

En el verano de 2000, se midieron concentraciones eutróficas en cuatro de las cinco transectas, siendo la excepción punta Lobos, donde las mayores concentraciones sólo llegaron a los 0,6 µg/L. Los mayores valores se midieron en la transecta de punta Junín con 7,5 µg/L medido en la estación costera.

En el verano de 2001, se observó una franja costera eutrófica que abarcó gran parte el área de estudio. Esta franja se interrumpió en punta Copaca, donde el valor medido fue del orden mesotrófico. El máximo valor 6,6 µg/L, se midió en la estación costera de punta Lobos.

En el verano de 2002, en general las concentraciones fueron más elevadas que en los períodos anteriores, observándose una franja eutrófica entre punta Junín y bahía Moreno, donde la mayoría de los valores superaron los 2 µg/L. En este sentido, el máximo se observó frente a bahía Moreno con 8,7 µg/L. Las concentraciones más bajas del área de estudio se midieron en la transecta de Arica (0,7 µg/L).

En el verano de 2003, las concentraciones fueron incluso más elevadas que en el verano de 2002, observándose una franja eutrófica con núcleos de altas concentraciones entre Arica y Tocopilla. La franja se interrumpió en punta Copaca 0,7 µg/L y desde punta Hornos al sur se recuperaron niveles de cloa > 2 µg/L. La distribución de cloa se caracterizó por presentar tres núcleos de concentraciones que superaron los 5 µg/L, en este sentido los máximos valores se observaron en el sector de Arica, donde la concentración más alta se registró en la estación costera de la transecta con 9,8 µg/L y en la estación fija con 11,3 µg/L.

En el verano de 2004, las concentraciones de cloa fueron las más elevadas de todo el período estudiado, hasta el 2004, observándose una franja de altas concentraciones a lo largo de toda el área de estudio. Esta distribución se caracterizó por presentar cuatro focos de concentraciones que superaron los 10 µg/L. El máximo valor se midió en la en la estación costera de la transecta de Arica, donde la

concentración de cloa superó los 46 µg/L. El valor más bajo de las transectas se midió en bahía Moreno >5 µg/L.

En el verano de 2006, las concentraciones fueron muy inferiores a las reportadas en el 2004. Aunque cuatro transectas entre Arica y punta Copaca, presentaron concentraciones eutróficas en las estaciones costeras, estas fueron moderadas (2 µg/L), y la concentración más alta se registró en punta Junín (> 4 µg/L). En bahía Moreno, los valores fueron oligotróficos.

## 6.5 Distribución vertical de clorofila

En el invierno **(Figuras 70** y **71)**, se detectaron núcleos eutróficos (> 1µg/L) de cloa en todas las transectas. Los feop siguieron la distribución de la cloa observándose los mayores valores en los mismos lugares donde se desarrollaron los máximos de cloa, siendo siempre inferiores a ella en los sectores costeros.

En la zona comprendida entre Arica y bahía Moreno, se observaron núcleos de altas concentraciones de cloa en las cuatro primeras transectas. Las mayores concentraciones se registraron en Arica, donde el valor superficial fue de 21 µg/L, sin embargo este núcleo estuvo muy restringido al sector costero y no superó los 5 m de profundidad. En esta transecta destaca un núcleo eutrófico oceánico que abarcó desde aproximadamente las 50 mn hasta el límite oeste, con un espesor que no superó los 30 m y una concentración máxima > 3 µg/L. En esta transecta, los feop fluctuaron alrededor de 0,5 µg/L, prácticamente en toda la transecta, con un núcleo de 7 µg/L en la estación costera.

punta Junín y punta Lobos, presentaron núcleos eutróficos de larga extensión, en ambos casos estos superaron las 30 mn, con espesores que superaron los 20 y 30 m respectivamente. En punta Junín la mayor concentración fue > 5 µg/L en la estación costera, en tanto que una capa de concentraciones > 3 µg/L ocupó gran parte del núcleo eutrófico. En punta Lobos, altas concentraciones (> 5 µg/L) se registraron en los primeros 30 m dentro de las 10 mn, con un máximo de 14 µg/L en la estación costera. Desde punta Junín a punta Copaca, las concentraciones de feop > 0,5 µg/L ocuparon toda la columna muestreada en las estaciones costeras, con valores que superaron 1 µg/L en punta Junín y los 3 µg/L en punta Lobos.

En la transecta de punta Copaca, el núcleo eutrófico se extendió más allá de las 80 mn, con un espesor variable que tuvo un máximo de 50 m en las 20 mn. Dentro del núcleo se observaron tres pulsos: el primero en la estación costera, donde se registraron valores > 7 µg/L en los primeros 10 m con un máximo de 12 µg/L en los primeros 5 m; un segundo núcleo centrado en las 20 mn que tuvo valores > 7 µg/L entre los 5 y 20 m, con un máximo de 10 µg/L centrado en los 10 m; mientras que, el tercer pulso se observó en las 70 mn y tuvo una concentración máxima de 3 µg/L en los 20 m de profundidad. Los feop, tuvieron respectivamente valores > 5 µg/L en la costa y en la estación de 20 mn, y > 1 µg/L en la de 70 mn.

Por otra parte, en la transecta de bahía Moreno, el núcleo eutrófico se restringió en los primeros 20 m en la estación costera, con un máximo de 2,6 µg/L en los 10 m de profundidad, en tanto que las concentraciones mesotróficas se extendieron hasta las 15 mn. Los feop por su parte ocuparon las primeras 5 mn con valores > 0,5 µg/L.

Desde rada Paposo hasta Pichidangui, los núcleos eutróficos, en la mayoría de las transectas, se observaron restringidos a la zona costera. En el caso de rada Paposo, el núcleo de altas concentraciones (> 5 µg/L) se observó dentro de las primeras 5 mn y desde la superficie hasta los 20 m en donde se detectaron valores >10 µg/L,

formando una lengua que se profundizó desde los niveles superficiales en la estación costera hasta los 20 m en las 5 mn. Los feop tuvieron un núcleo de concentraciones mayores a 5 µg/L entre los 5 y 10 m, en la estación de 5 mn.

En la transecta de Chañaral, el foco eutrófico se desarrolló dentro de las 5 mn con un espesor que sobrepasó los 20 m, y una concentración máxima de 5 µg/L en la superficie de la estación costera. En estas dos últimas transectas, se detectó además, un pequeño foco oceánico (70 mn) eutrófico, mientras que las concentraciones mesotróficas ocuparon un amplio sector de la capa superficial. Los feop en Chañaral, presentaron valores > 1 µg/L en los 20 m de la estación costera y un núcleo de > 0,5 µg/L, en el sector oceánico.

En la transecta de bahía Salada, el núcleo eutrófico abarcó la capa de 50 m en la estación costera, extendiéndose hasta las 20 mn y profundizándose hasta los 75 m en forma de lengua, donde se registró un valor de 3,1 µg/L. En las estaciones costeras, los valores más altos (> 14 µg/L) se registraron en los 5 y 10 metros de la estación de 1 mn. Los feop presentaron una lengua con valores > 1 µg/L y un máximo > 3 µg/L, en la estación costera.

En la transecta realizada frente a caleta Inglesa, el núcleo eutrófico se desarrolló entre las 10 y 40 mn, con un espesor máximo de 60 m en la estación de 20 mn y una concentración que superó los 2 µg/L en el centro del núcleo. Las concentraciones mesotróficas se extendieron desde el núcleo eutrófico hacia la costa y en sentido opuesto hasta las 100 mn, abarcaron así casi toda a transecta en una capa de espesor variable, la que tuvo un máximo de 75 m en la estación de 20 mn. Los feop presentaron concentraciones > 0,5 µg/L en gran parte de la transecta, con un núcleo de valores > 1 µg/L en la estación de 20 mn.

En la transecta de punta Farellones, el núcleo eutrófico abarcó las primeras 15 mn aproximadamente, con un espesor promedio de 50m. Las mayores concentraciones (> 6 µg/L) se registraron en un núcleo ubicado a los 46 m en la estación de 5 mn, mientras que, los valores mesotróficos se extendieron hasta poco más de 30 mn hacia el oeste. Un pequeño núcleo de 0,8 µg/L se registró a 80 m en la estación de 40 mn. Los feop tuvieron un núcleo de valores poco mayores a 1 µg/L dentro de las 10 mn, mientras que valores > 0,5 µg/L se extendieron hasta las 40 mn en la capa profunda.

En la transecta de Maitencillo de Coquimbo, se observó un núcleo eutrófico de grandes dimensiones, extendiéndose desde las 5 mn hasta las 60 mn aproximadamente, con un espesor promedio de 40 m. En este núcleo, el mayor valor (2,3 µg/L) se registró a 30 m, en la estación de 40 mn. Los feop presentaron un pequeño núcleo > 1 µg/L en las 40 mn, mientras que valores > 0,5 µg/L ocuparon gran parte de la capa de los primeros 50 m desde la costa hasta las 70 mn.

En Pichidangui, el núcleo eutrófico contuvo valores mayores a 5 µg/L en los 5 primeros metros de la estación costera. Por otra parte, en el sector oceánico se observó un núcleo eutrófico que abarcó aproximadamente desde las 50 mn hasta el límite oeste del muestreo, con un espesor que no superó los 50 m en esta última posición. Valores > 0,5 µg/L cortaron la distribución del núcleo eutrófico en la estación de 40 mn, ocupando toda la capa superficial, además, éstos valores se observaron a lo largo de toda la transecta, desde la base de los núcleos eutróficos hasta una profundidad de 20 m, en la estación costera, hasta 60 m en la estación oceánica. Los feop presentaron un núcleo costero hasta las 10 mn con valores >1 µg/L, mientras que valores > 0,5 µg/L ocuparon toda la capa de los primeros 40 m, en promedio, entre el núcleo ya mencionado y las 100 mn.

La disribución vertical de cloa para el período de primavera de 2005 se muestra en la **Figura 72**.

Bahía Moreno, presentó un núcleo eutrófico que sobrepasó las 10 mn, con un espesor > 10 m. Dentro de este núcleo, se desarrolló una capa con valores > 5 µg/L en los primeros 5 m, la mayor concentración superó los 11 µg/L en la superficie de la estación de 5 mn. Pasadas las 20 mn los valores fluctuaron entre oligo y ultraoligotróficos. Los feop presentaron un núcleo de valores >1 µg/L desde la costa hasta cerca de las 20 mn, donde concentraciones > 4 µg/L se registraron dentro de los 5 m en la estación de 10 mn. Bajo los 20 m los valores > 0,5 µg/L ocuparon gran parte de la transecta, además de la presencia de dos pequeños focos de > 1 µg/L en la estación de 10 mn.

En la transecta de punta Copaca, los valores productivos de cloa se presentaron en forma de cuña partiendo desde la superficie y abarcando al menos entre las 5 y las 20 mn, profundizándose hasta los 40 m cerca de las 50 mn. El máximo valor superó los 5 µg/L en los 20 m de la estación de 20 mn. Las concentraciones mesotróficas se registraron alrededor de la cuña sin extenderse en la transecta, el resto de los valores se mantuvieron entre oligo y ultraoligotróficas. En esta transecta los feop tuvieron una distribución más extensa de valores >1 µg/L, ocupando gran parte de la columna en la zona costera y extendiéndose hasta las 40 mn, el mayor valor (> 3 µg/L) se registró en el nvel de 10 m de la estación de 20 mn.

En la transecta de punta Lobos, el núcleo productivo se extendió desde la costa hasta las 15 mn, ocupando los primeros 40 m de la columna en la costa, espesor que disminuyó hasta los 25 m en las 10 mn. Desde las 15 mn el núcleo se profundizó en forma de cuña alcanzando los 32 m en las 35 mn, dentro de este núcleo se registraron altas concentraciones en las estaciones de 1 mn (> 5 µg/L), 10 mn (>5 µg/L) y 20 mn (4,9 µg/L). Las concentraciones mesotróficas se extendieron bajo el núcleo hasta un máximo de 50 m. Los feop presentaron valores >1 µg/L en gran parte de la columna dentro de las 20 mn, registrándose valores máximos >4 µg/L. Bajo los 50 m gran parte de la transecta fue ocupada

por valores > 0,5 µg/L, midiéndose valores > 1 µg/L en los 70 m de la estación de 70 mn.

Frente a punta Junín, presentó un núcleo que ocupó los primeros 30 m en la costa, desde donde se profundizó en forma de cuña hasta las 20 mn. En las estaciones costeras se desarrolló un restringido núcleo de altos valores (> 5 µg/L) que abarcó hasta las 5 mn donde el máximo valor > 10 µg/L se midió a 10 m en la estación de 1 mn. En el sector oceánico se registró un segundo núcleo subsuperficial, con concentraciones >1 µg/L centrado en los 50 m de la estación de 70 mn. Los feop presentaron dos núcleos con valores > 1 µg/L, uno centrado en los 50 m de la estación de 70 mn, y otro costero que abarcó entre los 5 y 40 m en la estación costera disminuyendo su espesor rápidamente hacia las 9 mn. La concentración más alta superó los 4 µg/L, formando un pequeño núcleo centrado en los 10 m de la estación costera.

En la transecta de Arica, se registró un núcleo subsuperficial que se extendió entre la costa y las 10 mn, bajo los 5 m y hasta los 30 m en la estación de 5 mn. La máxima concentración, > 6 µg/L, se registró en los 20 m de la estación de 5 mn. Un núcleo mesotrófico observado entre las 50 y 100 mn, dentro del cual se midió un valor de 1,4 en los 30 m en la estación de 70 millas náuticas. Los feop presentaron valores > 1 µg/L en gran parte de la columna en las estaciones costeras con un núcleo de > 3 µg/L ente los 10 y 20 m en la estación de 5 mn. En el sector oceánico se registró un núcleo de valores > 0,5 µg/L que abarcó desde las 50 mn hasta el límite del muestro, ocupando en esta última estación desde los 10 hasta los 70 m, observándose además un pequeño núcleo de > 1 µg/L en los 50 m.

La disribución vertical de cloa para el período de verano de 2006 se muestra en la **Figura 73**.

Frente a bahía Moreno, se presentó un pequeño núcleo subsuperficial de valores >1 µg/L entre el sector costero y las 8 mn, centrado en los 10 m. Dentro de este núcleo, la mayor concentración fue de 3 µg/L en la estación de 5 mn. Desde las 10 mn los valores fueron ultraoligotróficos. Los feop presentaron un núcleo de valores >1 µg/L dentro de las 5 mn, donde el mayor espesor abarcó desde la superficie hasta los 20 m en la estación costera, disminuyendo gradualmente hacia el oeste. Las mayores concentraciones se registraron a los 10 m en las 5 mn con un valor de >4 µg/L. Fuera del núcleo los valores fluctuaron alrededor de 0,3 µg/L.

En la transecta de punta Copaca, el núcleo de cloa con valores eutróficos (>1 µg/L) se presentó restringido a la capa superficial de 30 m en la estación costera hasta 50 m en las 5 mn. Concentraciones > 4 µg/L se registraron en un núcleo subsuperficial entre los 5 y 20 m de la estación costera con un máximo de 5,3 µg/L en los 10 m. Las concentraciones mesotróficas se registraron alrededor del núcleo extendiéndose, en el nivel de 50 m hasta las 10 mn. Los valores de cloa se mantuvieron entre oligotróficas en la parte profunda de la primera milla y ultraoligotróficas en el resto de la transecta. En los feop los valores > 1 µg/L, ocuparon gran parte de la columna dentro de las 5 mn hasta una profundidad de 80 m, dentro de la cual se registraron valores máximos > 2 µg/L. Un pequeño núcleo de valores > 0,5 mL/L se observó en los 50 m de la estación de 40 mn, en tanto que en la parte profunda de la transecta estos se detectaron dentro de las 30 primeras millas como tambien en un núcleo centrado en las 70 mn.

En punta Lobos, el núcleo eutrófico se extendió desde la costa hasta las 15 mn aproximadamente, ocupando los primeros 50 m de la columna en la estación costera, espesor que disminuyó hasta 10 m en las 10 mn. Dentro de este núcleo se registraron concentraciones > 2 µg/L en las estaciones de 5 y 10 mn, con un máximo de 4,5 µg/L en los 20 m de la estación de 5 mn. Un pequeño núcleo de 2,1 µg/L se registró en los 50 m de la estación costera. Las concentraciones mesotróficas se extendieron bajo el núcleo anterior hasta una profundidad máxima de 70 m en la estación costera,

mientras que hacia el oeste se extendieron hasta las 20 mn ocupando la capa entre los 15 y 40 m. Concentraciones oligotróficas ocuparon una franja subsuperficial, de espesor variable, en las 20 mn y centrado en los 28 m, que se profundiza gradualmente hasta el límite oeste, centrado en los 55 m. Los feop presentaron valores >1 µg/L en gran parte de la columna, en las estaciones costeras dentro de las 5 mn. Los valores > 2 µg/L se midieron dentro de los 10 primeros metros en la estación costera y hasta los 20 m en la estación de 50 mn. Un segundo núcleo se registró en los 50 m de la estación costera, donde el valor de feop alcanzó los 3,8 µg/L. Un pequeño foco de 1 µg/L se registró en los 100 m de la estación de 70 mn. Bajo los 30 m gran parte de la transecta fue ocupada por valores > 0,5 µg/L.

La transecta realizada frente a punta Junín, presentó dos núcleos eutróficos que formaron una cuña que se profundizó desde la costa hacia el oeste. El primero de estos ocupó la capa de los primeros 20 m hasta una distancia de 5 mn, y en él se registraron valores >8 µg/L entre los 6 y 12 m, con un máximo de 19,8 µg/L en los 10 m. El segundo núcleo se centró en los 20 m de la estación de 10 mn, con un valor máximo de 8,8 µg/L. Los valores mesotróficos alcanzaron las 20 mn por el oeste y los 30 m de profundidad. En el sector oceánico se registró un pequeño núcleo mesotrófico subsuperficial centrado en los 30 m de la estación de 100 mn. Las concentraciones oceánicas fluctuaron entre oligo y ultraoligotróficas. Los feop presentaron un gran núcleo con valores > 1 µg/L, el que abarcó casi toda la columna en la estación costera, disminuyendo su espesor rápidamente hasta unos 26 m en la estación de 20 mn. Las concentraciones más altas se encontraron en dos núcleos, uno que superó los 5 µg/L entre los 4 y 14 m con una concentración máxima de 10,4 µg/L de la estación costera. El segundo núcleo, de valores > 2 µg/L se ubicó entre los 14 y 30 m en la estación de 10 mn, con un máximo de 4,8 µg/L en los 20 m. En el sector oceánico, bajo los 20 m, la mayoría de los valores fueron > 0,5 µg/L. Se registró además, un núcleo de 1,3 µg/L centrado en los 30 m de la estación de 100 mn.

En Arica, se registró un núcleo subsuperficial con valores > 1 µg/L que se extendió entre la costa y las 25 mn aproximadamente. Las mayores concentraciones se registraron en un núcleo de valores > 5 µg/L, que se desarrolló entre la costa y las 10 mn abarcando desde los 5 m hasta los 34 m. En este núcleo los valores más altos se midieron en los 5 m de la estación costera (9,4 µg/L) y en la estación de 10 mn en los niveles de 20 m (13,7 µg/L) y 30 m (9,9 µg/L). Un núcleo mesotrófico fue observado en los 50 m de la estación de 70 mn. Los valores oligotróficos que bordearon el núcleo pigmentario se registraron hasta las 100 mn formando una franja de aproximadamente 20 m de espesor centrada en los 50 m. Los feop presentaron valores > 1 µg/L en un núcleo que ocupó gran parte de la columna en las estaciones costeras. Este núcleo sobrepasó hacia el oeste las 20 mn y en profundidad llegó hasta los 82 m, extendiéndose a este nivel hasta las 40 mn. En el núcleo señalado se registraron concentraciones > 3 µg/L entre la costa y las 20 mn, con concentraciones máximas mayores que 6 µg/L en la estación de 10 mn. En el sector oceánico, gran parte de la columna bajo los 30 m fue ocupada por valores > 0,5 µg/L.

En términos generales, comparativamente la distribución vertical de clorofila-**a** y feopígmentos muestra claramente que las mayores concentraciones de clorofila-**a** (>4 µg/L), se encuentran sobre la plataforma, sobre el talud y también a nivel subsuperficial (5-40 m), presentando variaciones dependiendo de la transecta. Durante el crucero de invierno, los máximos (>4 µg/L) se presentaron sobre los 40 m y muy cercanos a la costa, excepto en bahía Moreno que exhibe valores cercanos a 1 µg/L y punta Junin donde las concentraciones no superaron los 3.5 µg/L y donde se observa un importante máximo secundario sobre los 40 m de profundidad a 40 mn de la costa. Estos máximos secundarios se repiten frente a Arica (> 2 µg/L), aunque más alejado de la costa (70 mn) y en punta Copaca donde aparecen dos máximos secundarios subsuperficiales, el principal (>5 µg/L), a 20 m de profundidad y el segundo (> 2 µg/L) a 30 m, separados de la costa a 20 mn y 70 mn, respectivamente. En la transecta frente a rada Paposo también aparece un máximo

oceánico (> 1 µg/L) a 30 m de profundidad y 70 mn de la costa. En forma paralela a la distribución de clorofila-**a**, los feopigmentos muestran similar distribución excepto el máximo oceánico superficial frente a Arica. Al igual que las distribuciones de invierno, en primavera los mayores valores (>4 µg/L) están sobre la plataforma y se observan máximos secundarios subsuperficiales sobre el talud (>4 µg/L) y en la zona oceánica (>1 µg/L) hasta 70 mn de la costa. La extensión espacial que ocupan estos máximos es menor a la observada en invierno. Durante verano los máximos secundarios no están presentes y predominan máximos (>4 µg/L) subsuperficiales (bajo los 5 m de profundidad) sobre el talud continental. En ambos casos, primavera y verano, los feopigmentos tienen el mismo comportamiento que la clorofila-**a**. En todas las mediciones de clorofila-**a** y feopigmentos estacionalmente separadas, las condiciones varían de transecta en transecta.

## 6.6 Profundidad del 10% y el 1% de penetración de luz

En los tres cruceros, invierno y primavera de 2005 y verano de 2006, se realizaron mediciones de la profundidad del disco Secchi, estimándose a través de estos datos, las profundidad de penetracipón de la luz de 10% y del 1%, información que se detalla en la **Tabla 8**. Por cada crucero, menos de un tercio de la información señalada se obtuvo en las horas de la mañana.

En el crucero de invierno de 2004, se realizaron 39 estaciones con información de penetración de luz. A partir de esta información se calculó que en la franja costera de las primeras 20 mn, la profundidad del 10% estuvo en el rango de 5 a 17 m y para el caso del 1% el rango fue de 12 a 37,5 m. En esta misma área la capa de mezcla (CM) tuvo un espesor entre 0 y 20 m. En el sector oceánico, los rangos de profundidad que tuvo cada porcentaje de penetración de luz fueron de 7,5 a 17 m para el 10 % y de 17,5 a 37,5 m para el 1%, con un rango de CM en el sector que fue desde 0 a 29 m de profundidad.

En el sentido este-oeste se observó en el sector oceánico, una mayor frecuencia de profundidades > 10 m y > 20 m de los porcentajes 10 y 1 respectivamente. En cuanto al sentido norte sur, no se observó una clara tendencia en los datos. En el espesor de la CM, se observó una tendencia a aumentar la profundidad en el sentido norte-sur, el que presentó valores cercanos a cero entre la transectas de Arica y las 10 mn en bahía Salada, mientras que las mayores profundidades se registraron en la transecta de punta Farellones y caleta Maitencillo.

En el crucero de primavera, en la zona costera hasta las 20 mn la profundidad del 10% osciló entre 5 y 18 m, en tanto que el 1% estuvo entre 12 y 41 m. En esta área, la capa de mezcla (CM) en la mayoría de las estaciones fue cero, siendo la mayor profundidad de sólo 3 m en la estación costera de la transecta de Arica y en la de 20 mn frente a punta Copaca. En el sector oceánico los rangos del 10% fluctuaron entre 20 y 28 m, mientras que el 1% lo hizo entre 47 y 64 m, en conjunto con una CM que fluctuó entre 0 y 32 m.

Para el verano de 2006, en la zona costera entre 1 y 20 mn, la profundidad del 10% tuvo un rango de 4 a 24 m, en tanto que el 1% estuvo entre 9 y 55 m. La CM en la mayoría de las estaciones fue cero, siendo la mayor profundidad de sólo 4 m en la estación costera intertransecta entre Arica y punta Junín. En el sector oceánico, el rango del 10% fue de 17 a 30 m, mientras que el 1% fue de 37 a 70 m con CM que fluctuaron entre los 0 y 13 m.

B. **Objetivo específico 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, y su relación con las condiciones oceanográficas"**

## 7. Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces

El procesamiento y análisis de las 210 muestras de zooplancton recolectadas durante la realización de los cruceros estacionales de monitoreo, a objeto de determinar la distribución y abundancia de los estadios tempranos de anchoveta, sardina española, jurel y caballa, permitió cuantificar la presencia de 976.043 huevos y 337.886 larvas, de los cuales 889.423 huevos (91,1 %) y 263.717 larvas (78,0%) correspondieron a las especies objetivo del estudio. El detalle del número de huevos y larvas por especie correspondiente a la totalidad de las muestras procesadas se entrega en las **Tablas 13** y **14**.

Cabe mencionar que durante la prospección realizada en invierno de 2005 no se registraron larvas de sardina. Durante la primavera no hubo registros para huevos y larvas de sardina. De la misma manera, en verano de 2006, no se encontraron estaciones positivas para huevos y larvas de sardina y huevos de caballa.

### 7.1 Anchoveta, *Engraulis ringens*

En el curso de los tres cruceros estacionales se reconocieron 83 registros positivos para huevos y 124 para larvas, lo que representó una frecuencia de 39,5% y 59,0% y una dominancia numérica igual a 90,1% y 77,6% para cada una de las respectivas fases de desarrollo. El procesamiento y análisis de las muestras permitió determinar la presencia de 879.332 huevos y 262.049 larvas de anchoveta, señalando para la especie una importante actividad reproductiva durante las

estaciones de invierno y verano, lo cual es coherente con los máximos primario y secundario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie **Tablas 13** y **14.**

### 7.1.1 Invierno de 2005

Para esta especie se identificaron 32 estaciones positivas para huevos y 59 para larvas, lo que representó una frecuencia de 31,3% y 57,8% y una dominancia numérica igual a 94,1% y 71,1% para cada estadio de desarrollo, respectivamente (**Tabla 15**).

El análisis de las muestras colectadas en las 120 estaciones zooplanctónicas permitió verificar la presencia de 452.200 huevos y 122.474 larvas, señalando una situación característica de una amplia e importante actividad reproductiva a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y bahía Salada (27°40´S).

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 47 y 240.403 huevos/10m$^2$. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 14.131 (DS= 43603,84).

La distribución geográfica de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señaló que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y Pichidangui (32°08S) y longitudinalmente se extendio hasta las 100 mn frente al puerto de Arica.

No obstante, la amplia cobertura espacial del desove y de acuerdo a lo indicado por la fase de huevos, estos presentaron una modalidad nerítica en su postura concentrándose el 88,4% de ellos y el 69% de los registros positivos en las primeras 20 mn, presentando los niveles de abundancia una tendencia a incrementarse hacia el norte de la zona prospectada (**Figura 74a**).

Las áreas de mayor abundancia (> 34.200 huevos/10m2) se ubicaron frente a Arica, punta Madrid (19°00´S), punta Berger (19°20´S) y punta Gruesa (20°20´S), encontrándose configuradas por 5 registros positivos de un total de 32 (15,6%), los que en conjunto albergan al 89,8% del total de huevos de anchoveta cuantificados en invierno de 2005. El resto de las estaciones positivas, no incluidas las áreas de desove anteriormente mencionadas, exhibieron también niveles de abundancia significativos comprendidos dentro del rango 47 a 7.051 huevos/10m2 . En este contexto, la estación positiva mas relevante en términos de su abundancia se localizó a 1 mn frente a punta Madrid con 240.403 huevos/10m2 (53,1%).

Con respecto al número de huevos y para la zona Arica - Antofagasta, el invierno de 2005 presentó con respecto al crucero de invierno precedente una tasa de cambio positiva igual a 45%, constituyéndose en el séptimo registro más importante en cuanto al número de huevos cuantificados de los últimos 24 años.

Las fases larvarias en invierno de 2005, se presentaron en 59 registros positivos de un total de 102, con una abundancia igual a 122.474 larvas/10m$^2$. Respecto a las densidades larvarias, éstas fluctuaron entre 33 y 18.510 larvas/10m$^2$, con una densidad promedio igual a 1.201 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva alcanzó a 2.076 (DS= 3486,94).

El patrón de distribución espacial de las larvas de anchoveta en invierno de 2005, señala que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre Arica y bahía Salada (27°40´S) y longitudinalmente se extendió hasta una distancia de 100 mn de la costa frente a las localidades de Arica, punta Junín (19°40´S) y punta Copaca (22°20´S) (**Figura 74b**).

Con respecto a la fase de huevo, y como habitualmente acontece, las larvas de anchoveta exhibieron una mayor cobertura espacial y menor abundancia relativa, la cual se verificó por una diferencia porcentual de 84,4% en la frecuencia de

estaciones positivas y de -72,9% y -85,3% en la densidad promedio por estaciones totales y positivas, respectivamente; situación que se produce en el primer caso debido al proceso de dispersión y transporte que afecta a los productos del desove en el curso de su desarrollo, y al efecto combinado de la mortalidad y capacidad de evasión por parte de las larvas mas desarrolladas (**Tabla 15**).

Las áreas de desove más significativas para este estadío de desarrollo (> 3.000 larvas), se localizaron frente a Arica, punta Madrid (19° 00´S), punta Gruesa (20°20´S), caleta Ligate (20°30´S), punta Lobos (21°00´S), caleta Chipana (21°20´S) y punta Arenas (21°40´S), encontrándose configuradas por 10 registros positivos de un total de 59 (17%) los que en conjunto albergaron al 65,2% del total de larvas de anchoveta cuantificadas. El resto de las estaciones positivas, no incluidas las áreas de desove anteriormente mencionadas, presentaron también niveles de abundancia significativos comprendidos dentro del rango 33 a 2.490 larvas/10m$^2$ . En este contexto, en invierno de 2005, la estación positiva mas relevante en términos de su abundancia, se localizó a 1 mn frente a caleta Chipana con 18.510 larvas/10m$^2$ (15%)**.**

En relación al número de larvas y para la zona Arica - Antofagasta, el invierno de 2005 presentó respecto al crucero de invierno precedente un incremento en sus niveles de abundancia, con una tasa de cambio igual a 41,3%, constituyéndose este registro, en el noveno más importante en cuanto al número de larvas cuantificadas de los últimos 24 años.

### 7.1.2 Primavera de 2005

Cabe destacar que en primavera de 2005, se detectó la presencia inusual de una microalga no determinada embebida en una masa mucilaginosa, la cual dificultó la separación de los estadios tempranos de peces y la medición de biovolumenes de plancton, especialmente en la zona comprendida entre punta Lobos y punta Madrid.

Anchoveta aparece una vez más, como la especie más importante en términos de su dominancia numérica con valores iguales a 77,04% para los huevos y de 80,62% en el caso de las larvas, reconociéndose 27 estaciones positivas para huevos y 34 para larvas, lo que representó una frecuencia de 50,0% y 62,9%, respectivamente; determinándose un total de 186.356 huevos y 64.839 larvas/10m$^2$, lo que señaló una importante actividad reproductiva en el área de estudio (**Tabla 15**).

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 36 y 93.748 huevos/10 m$^2$ la media de huevos por estación positiva alcanzó a 6.902 (DS= 18013,95), cifra 59,9% y 31,8% menor respecto a la obtenida en invierno de 2005 y primavera de 2003, respectivamente.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en primavera de 2005, señaló que el desove se verificó en todo el rango latitudinal de la I y II Regiones y longitudinalmente estuvieron presentes hasta un distancia de 70 y 100 mn frente al puerto de Arica y punta Madrid (19°02´S) (**Figura 75a**). No obstante lo anterior la mayor frecuencia de estaciones positivas (n=18) se observó en la zona comprendida entre Arica y caleta Chipana (21°20´S), donde este estadio de desarrollo mostró una modalidad costera en la postura ya que más del 94% de los huevos de esta especie, se distribuyeron en la franja de estaciones comprendida entre la costa y las 20 mn.

Los focos de desove cuantitativamente importantes (> 14.000 huevos/10 m$^2$) se localizaron en el sector costero frente a Arica y punta Madrid y a 20 mn al oeste de punta Lobos (21°00´S) y punta Copaca (22°20´S), cuyas abundancias en conjunto importaron al total de huevos de anchoveta cuantificadas un 74,3 %. En este contexto, la estación más importante en términos de número de huevos (>90.000 huevos), correspondió a aquella designada con el número 28, la cual se localizó a 20 mn al oeste de la transecta realizada frente a punta Lobos.

Con respecto al número de huevos, la primavera de 2005 presentó con respecto al crucero de primavera precedente una tasa de cambio positiva igual a 67,3%, constituyéndose en el tercer registro más importante de los últimos 23 años (serie 1983 – 2005).

Las fases larvarias de anchoveta se presentaron en 34 registros positivos con una abundancia igual a 64.839 larvas/10 $m^2$, fluctuando éstas entre 37 y 19.663, con una media por estaciones totales igual a 1.201 larvas. La media de larvas por estación positiva alcanzó a 1.907 (DS= 3825.75), cifra 24,1% menor y 268% mayor respecto a la obtenida en invierno de 2005 y primavera de 2003, respectivamente.

El patrón de distribución espacial de las larvas, señaló que el desove se verificó en todo el rango latitudinal de la zona de estudio, exhibiendo una cobertura longitudinal máxima frente a punta Madrid, punta junín y punta Copaca, siendo ésta con respecto a lo descrito para el estadio de huevos mucho más amplia, lo que se expresó, por una parte, en un incremento en la frecuencia de estaciones positivas igual a 25,9% y en una disminución en su densidad promedio por estaciones positivas igual a -72,3% (**Figura 75b**).

Las áreas de desove más significativas (>3.000 larvas/10 $m^2$) se localizaron frente a Arica, punta Junín, caleta Ligate, punta Patache y punta Lobos cuyas abundancias en conjunto representaron el 65,3 % del total de larvas de la especie. La estación con la abundancia más importante se localizó al igual que los huevos a 20 mn al oeste de punta Lobos con un total de 19.663 larvas.

En relación al número de larvas y al igual que lo señalado para el estadio de huevos, la primavera de 2005 presentó con respecto a la primavera de 2004 un significativo incremento en sus niveles de abundancia, con una tasa de cambio igual a 497%, constituyéndose en el registro más importante para la serie 1983-2005.

### 7.1.3 Verano de 2006

En verano de 2006 y al igual que lo registrado en invierno y primavera de 2006, anchoveta aparece como la más abundante en términos de dominancia numérica con valores iguales a 94,8% para los huevos y de 87,4% en el caso de las larvas, reconociéndose 24 estaciones positivas para huevos y 31 para larvas, lo que representó una frecuencia de 44,4% y 57,4% para las respectivas fases de desarrollo, identificándose un total de 240.776 huevos y 74.736 larvas de anchoveta, lo que evidencia para este período estival una importante actividad de desove en la zona de estudio (**Tabla 15**).

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 25 y 43.534 huevos/10 $m^2$, la media para esta fase por estación positiva alcanzó a 10.032 (DS= 13668,5), cifra 45,3% y 164% mayor respecto a la obtenida en primavera de 2005 y verano del año 2004, respectivamente.

Espacialmente la distribución de los huevos de anchoveta estuvo restringida a lo largo de todo el borde costero de la zona de estudio, no sobrepasando en sentido longitudinal mas allá de las 20 mn, alcanzando esta máxima distancia en las localidades de punta Junín (19°40'S) y punta Gruesa (20°23'S), correspondiendo ambos registros a dos de los cuatro que presentaron los valores mas bajos consignados (**Figura 75c**). La mayor frecuencia de estaciones positivas (n=11) se observó en la zona comprendida entre Arica y punta Junín, sector donde se reunió dentro de las primeras 20 mn el 100% de los huevos de la especie.

Los focos de desove cuantitativamente importantes (> 24.000 huevos/10 $m^2$) se localizaron a 1 mn frente a Arica, entre caleta Chipana (21°20'S) y punta Copaca (22°20'S) y frente a punta Baja (23°7.5'S), cuyas abundancias en conjunto aportaron con un 67% al total de huevos de anchoveta cuantificados. La estación

más importante en términos de número de huevos correspondió a aquella localizada a 1 mn al oeste de la transecta de Arica.

En términos comparativos, el número de huevos cuantificados en el verano de 2006, presentó con respecto al crucero de verano del año 2004, una tasa de cambio positiva igual a 217%, constituyéndose en el segundo registro más importante de la serie 1982 - 2006.

Las larvas de anchoveta se presentaron en 31 registros positivos con una abundancia igual a 74.736 larvas/10 $m^2$, fluctuando éstas entre 30 y 20.613, con una media por estaciones totales igual a 1.384 larvas/10 $m^2$ (**Tabla 15**). La media de larvas por estación positiva alcanzó a 2.411 (DS= 4108,75), cifra 26,4% y 257% mayor respecto a la obtenida en primavera de 2005 y verano de 2004, respectivamente.

El patrón de distribución espacial de esta fase de desarrollo fue acorde a lo exhibido por los huevos, presentándose a lo largo de todo el borde costero de la zona explorada, con una cobertura longitudinal mayor, la cual alcanzó las 100 mn frente a punta Copaca, 70 mn en punta Lobos y 40 mn frente a Arica (**Figura 75d**).

En verano de 2006, las principales áreas de desove (>7.000 larvas/10 $m^2$) se localizaron frente a Arica, punta Copaca y punta Baja, cuyas abundancias en conjunto representaron el 51,3 % del total de larvas de anchoveta. La estación con la abundancia más importante se localizó al igual que los huevos, a 1 mn al oeste de Arica con un total de 20.613 larvas.

Con respecto al número de larvas, el verano de 2006 presentó con respecto al crucero de verano de 2004, un significativo incremento en sus niveles de abundancia, lo que se traduce en una tasa de cambio igual a 343%, constituyéndose en el segundo registro más importante de la serie analizada.

Los resultados correspondientes a la estimación de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta de los cruceros estacionales de monitoreo se presentan en la **Tabla 16**. En ella se aprecia que durante el invierno y la primavera de 2005 y verano de 2006 los coeficientes de variación más altos fueron obtenidos mediante la distribución Log-normal o distribución delta.

## 7.2 Sardina española, *Sardinops sagax*

### 7.2.1 Invierno de 2005

Se reconocieron 2 estaciones positivas para huevos y ausencia de larvas, en las cuales se colectaron 90 huevos, cifra referida a un área de superficie de 10m$^2$, lo que señala para dicho estadio una dominancia numérica de 0,02% respecto del total de huevos, situación que caracteriza una actividad reproductiva muy deprimida, presentando además la menor constancia numérica de las especies analizadas (1,96%).

Las estaciones con presencia de huevos se distribuyeron latitudinalmente entre caleta Yapes (22°50´S) y caleta Herradura de Mejilloness (23°10´S) siendo estas esencialmente neríticas (**Figura 76a**).

### 7.2.2 Primavera de 2005

Durante la primavera de 2005 y al igual que lo reportado para las primaveras de los años 2001, 2002 y 2003, no hubo registros positivos para huevos y larvas de esta especie.

### 7.2.3 Verano de 2006

Durante el verano de 2006 no se observaron registros positivos para huevos y larvas de sardina, fases que también estuvieron ausentes durante el período estival del año 2004.

## 7.3 Jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*

El procesamiento y análisis de las 210 muestras de zooplancton recolectadas durante el transcurso de los cruceros estacionales 2005 - 2006, permitió verificar la presencia de 9.028 huevos y 887 larvas, lo que representó una frecuencia de 14,3% y 3,3% para cada una de las respectivas fases de desarrollo (**Tablas 13** y **14**).

### 7.3.1 Invierno de 2005

En el curso de la prospección se identificaron 20 estaciones positivas para huevos y 4 para larvas con totales de 6.274 huevos y 758 larvas, situación característica de un proceso reproductivo en etapa inicial (**Figura 77a y b**). Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel se presentan bajos, exhibiendo para cada una de dichas fases una dominancia numérica de 1,3% y 0,4% **(Tabla 17)**.

La distribución espacial de los huevos de esta especie se detectó en toda la zona latitudinal del área de estudio, a excepción de las transectas realizadas frente a punta Junín, punta Lobos y bahía Salada donde no se consignaron registros positivos para esta fase de desarrollo. Longitudinalmente, presentaron una cobertura longitudinal máxima de 100 mn frente a punta Farellones, Chañaral, rada Paposo y punta Copaca, observándose que los niveles de abundancia promedio y la frecuencia de estaciones positivas, tendieron a incrementarse desde la costa hacia mar afuera y en sentido norte – sur.

Los focos de desove de mayor relevancia cuantitativa (> 240 huevos/10 $m^2$), se localizaron a 40 mn al oeste de caleta Ligate (20°30´S), a 100 mn frente a rada Paposo (25°00´S) y a 1 y 40 mn frente a Chañaral (26°20´S), los cuales se encuentran configurados por 4 registros positivos de un total de 20 consignados, aportando el 75,8% al total de la especie. El resto de los registro positivos, exhibió abundancias que fluctuaron entre 37 y 199 huevos/10 $m^2$ . La mayor abundancia de huevos de jurel se registro en la estación localizada a 100 mn al oeste de rada Paposo (25°00´S) con 2.775 huevos/10 $m^2$.

Las larvas de jurel en general presentaron una distribución geográfica de menor amplitud con respecto a la fase de huevos, observándose en forma puntual frente en la zona comprendida entre rada Paposo y punta Farellones (30°10´S), colonizando la franja longitudinal que se extiende entre las 40 y las 100 mn. Entre la costa y la línea de estaciones de las 20 mn no hubo registros positivos a esta fase de desarrollo (**Figura 77b**). La mayor abundancia de larvas de jurel se registró a 100 mn al oeste de bahía Salado (27°40´S) con 592 larvas/10 $m^2$.

### 7.3.2 Primavera de 2005

Su presencia en la zona de estudio, se verificó en 3 registros positivos para huevos y dos para larvas, los que se localizaron frente a punta Junín, punta Patache (20°48´S) y punta Copaca **(Figura 78a** y **b),** con abundancias que fluctuaron entre 109 y 1467 huevos/10 $m^2$ , exhibiendo las larvas abundancias menores (**Tabla 17**).

En primavera de 2005, la tasa de cambio en el número de huevos con respecto al crucero de primavera precedente, fue positiva e igual a 598%, constituyéndose en el segundo registro más importante de la serie analizada (1996 - 2005).

### 7.3.3 Verano de 2006

Los huevos de esta especie se presentaron en la zona de estudio en 7 registros positivos, localizados entre las 10 y 40 mn al oeste de Arica y a 1 mn entre punta Arenas (21°40'S) y punta Gualaguala (22°48'S) (**Figura 78c**), con abundancias que fluctuaron entre 23 y 143 huevos/10 $m^2$. Las larvas por su parte se presentaron solamente a 1 mn frente a punta Copaca (**Figura 78d**), exhibiendo una abundancia igual a 46 larvas/10 $m^2$ (**Tabla 17**).

La tasa de cambio en el número de huevos cuantificados entre el verano de 2004 y verano de 2006 fue positiva e igual a 166%, constituyéndose el período reciente, en el cuarto registro más importante de los últimos nueve años.

## 7.4 Caballa**, *Scomber japonicus***

### 7.4.1 Invierno de 2005

Durante el crucero de invierno de 2005, se registro la presencia de una estación positiva para huevos y larvas de esta especie, con abundancias iguales a 151 huevos y 48 larvas/10$m^2$, las cuales se localizaron a 1mn frente a caleta Yapes (22°50´S) y a 5 mn al oeste de bahía Moreno (23°40´S), respectivamente (**Tabla 18; Figura 79 a** y **b**).

### 7.4.2 Primavera de 2005

En primavera de 2005, los huevos y larvas de caballa se presentaron en 5 y 3 estaciones, respectivamente con abundancias iguales a 912 huevos y 702 larvas/10 $m^2$ (**Tabla 18**).

El patrón de distribución espacial de huevos y larvas de caballa en el área de estudio, señala que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre

Arica y punta Patache (20°48´S), distribuyéndose los huevos de esta especie desde las 10 a las 70 mn de la costa, exhibiendo las fases larvarias una distribución más costera (1 a 20 mn) **(Figura 80a** y **b)**.

### 7.4.3 Verano de 2006

En verano de 2006, los huevos de caballa no fueron detectados en la zona de estudio y solo un registro positivo fue observado para larvas, con una abundancia igual a 31 larvas/10 $m^2$ (**Tabla 18**) a 70 mn frente a Arica (**Figura 80a** y **b**).

En términos generales, comparativamente los huevos de anchoveta se presentaron durante los tres períodos estacionales a lo largo de toda la extensión latitudinal comprendida entre Arica y Antofagasta, ampliando esta distribución mas hacia el sur, principalmente hasta Chañaral en invierno, único período que presenta mayor extensión latitudinal en el muestreo. Durante el invierno se aprecia una mayor ocupación espacial que en primavera y verano, la que alcanza hasta las estaciones más oceánicas en gran parte de la zona, a diferencia de los otros dos períodos en donde los huevos en su gran mayoría se concentran en las primeras millas de la costa, lo que se hace más evidente durante el verano (**Figuras 75** y **76**).

Las áreas de mayor abundancia se presentaron indistintamente en los tres cruceros, aunque la zona del extremo norte es la que se repite entre un período a otro con las mayores abundancias. Particularmente los huevos exhibieron sus registros mas altos entre Arica (18º 25'S) y punta gruesa (20º20'S) en invierno; frente a Arica, punta Madrid; punta Lobos y punta Copaca en primavera y frente a Arica, entre caleta Chipana (21º20'S) y punta Copaca (22º20S) y frente a punta Baja en verano (**Figuras 75** y **76**).

Por su parte las larvas, tuvieron una distribución latitudinal similar a la exhibida por los huevos en cada uno de los tres períodos estacionales, pero con una mayor amplitud longitudinal en invierno y primavera, la que alcanzó un mayor número de estaciones oceánicas, entre las 70 y 100 mn, mientras que en verano, estas se restringieron casi exclusivamente dentro de las primeras 20 mn.
Las áreas de desove más importantes para esta fase se presentaron frente a caleta Chipana en invierno, punta Lobos en primavera y Arica en verano (**Figuras 75** y **76**).

La especie anchoveta fue la mas abundante en toda la zona de estudio en los tres períodos estacionales, mientras que sardina solo se detectó en invierno en su fase de huevos y en solo dos estaciones costeras. Jurel se presentó en los tres períodos, con mayor presencia de huevos que de larvas, siendo notoriamente mas abundantes en invierno, donde se presentaron con una mayor distribución espacial, distribución que se redujo considerablemente en primavera y verano, restringiéndose prácticamente a la primera milla de la costa en verano.

## 8. Distribución vertical de huevos y larvas de anchoveta

Durante la ejecución de los cruceros estacionales de monitoreo, se obtuvieron muestras estratificadas de zooplancton en los niveles de 0-10, 10-25 y 25-50 m de profundidad, entregándose en la **Figura 81**, la ubicación geográfica de estas estaciones y en la **Tabla 19** el detalle del número de registros positivos, rangos, media y la desviación estándar de huevos y larvas de anchoveta referido a cada uno de los intervalos de profundidad por crucero.

### 8.1 Invierno de 2005

Como se aprecia en la **Figura 82a**, los huevos de anchoveta se encontraron en los tres intervalos de profundidad muestreados, con niveles de abundancia promedio significativamente mayores en los estratos 10-0 y 50-25 m, exhibiendo con respecto

al intervalo intermedio (25-10m), porcentajes de cambio iguales a 188% y 75,5%, respectivamente. Las fases larvarias se distribuyeron al igual que el estadio de huevos en los tres estratos, con niveles de abundancia cuantitativamente importantes en los estratos 10-0 y 50-25 m, con tasas de cambio respecto al intervalo 25-10 m iguales a 64,4% y 80%, respectivamente (**Figura 82d**). La distribución geográfica de ambos estadios de desarrollo fue similar, destacando por su presencia y niveles de abundancia, las localidades de Arica, punta Lobos y punta Copaca.

## 8.2 Primavera de 2005

De la información proveniente del crucero de primavera de 2005, se reconoció en los tres intervalos de profundidad muestreados la presencia de huevos y larvas solamente de anchoveta En ambos casos las abundancias mas altas se registraron en el nivel intermedio (10-25 m), pero con una mayor dominancia de huevos que de larvas en todos los estratos (**Figura 82**). Si bien los huevos exhibieron una mayor abundancia promedio entre los 10-25 m, la abundancia registrada a nivel superficial no fue muy diferente, siendo 20% mayor respecto al estrato mas profundo, donde la disminución en el número de huevos entre los 10-25 m y 25-50 fue de un 21%.

Por su parte las larvas exhibieron superficialmente la menor abundancia y entre los dos estratos de mayor profundidad se concentraron entre un promedio de 532 y 513 larvas/10 $m^2$.

## 8.3 Verano de 2006

En particular los huevos de anchoveta fueron localizados en cada uno de los estratos muestreados, pero las abundancias promedio mas altas se detectaron en el estrato más profundo (50 - 25 metros), disminuyendo hacia el nivel de menor profundidad, donde se registró una abundancia promedio igual a 2455 huevos/ huevos/10 $m^2$, (**Figura 82c; Tabla 19**). Con respecto al patrón de distribución de los

huevos de anchoveta, se presentó asociado a las primeras 10 mn de la costa, registrándose las mayores abundancias entre Arica y punta Junìn.

La larvas al igual que el estadio de huevos, incrementaron sus abundancias promedio con profundidad (**Figura 82f**), registrándose las mayores abundancias frente a Arica.

Durante los tres cruceros estacionales, se observó una profundización de las mayores concentraciones de huevos y larvas de anchoveta durante los períodos más cálidos, en comparación al período mas frio, así, el mayor número de huevos y de larvas de anchoveta se detectó en el nivel intermedio (10-25 m) en primavera y en el mas profundo (25-50 m) en verano, mientras que durante el invierno los huevos se concentraron mayoritariamente en el estrato mas superficial, no así las larvas, quienes se encontraron en su mayoría entre los 25 y 50 m.

## 9. Sistema de muestreo horizontal continuo, CUFES (Continuos Underway Fish Egg Sampler)

### 9.1 Invierno de 2005

De las 115 muestras recolectadas con la bomba de huevos, se determinó la presencia de 30 estaciones con registros de huevos de anchoveta, en las que se contabilizaron un total de 7.166 huevos. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 239 (DS = 442,8), fluctuando sus abundancias entre 1 y 2.145.

Los huevos se localizaron geográficamente entre el puerto de Arica y punta Hornos (22°58´S) **(Figura 83a),** observándose núcleos con altas abundancias frente a caleta Buena, Iquique, punta Lobos y caleta Chipana (21º20’S). Cabe señalar que la ausencia de esta fase de desarrollo en el sector comprendido entre el sur de Arica y Pisagua y desde punta Arenas (21º40’S) hasta las cercanías de punta Grande (22º30’S), es similar a la observada durante el invierno del año 2004.

## 9.2 Primavera de 2005

Durante la ejecución del crucero de primavera de 2005, se obtuvo a través del sistema de muestreo CUFES un total de 168 muestras planctónicas, determinandose la presencia de huevos de peces en 112 estaciones. Las especies identificadas fueron anchoveta, caballa y jurel, siendo la primera de éstas, la mas abundante de la zona de estudio. Los huevos de anchoveta fueron detectados en 80 estaciones exhibiendo una abundancia de 3.913, la cual fluctuó entre 1 y 505 huevos, con una media igual a 23.

Latitudinalmente se distribuyeron entre Arica y Antofagasta, siendo menos frecuentes en el sector comprendido entre punta Arenas (21º40'S) y punta Grande (22º30'S) (**Figura 83b**). Frente a punta Lobos, no sobrepasan la línea de estaciones de las 20 millas y en la transecta diagonal frente a Iquique, colonizaron el total de estaciones.

La caballa fue la segunda especie identificada en la zona de estudio, determinándose su presencia en 11 estaciones positivas, con un total de 944 huevos y una media a 6, fluctuando sus abundancias entre 1 y 418 huevos. Con respecto a su distribución geográfica, los huevos de esta especie se presentaron entre Iquique y Arica, exhibiendo una mayor cobertura longitudinal (**Figura 84 a**).
La presencia de huevos de jurel se restringió a dos registros positivos con abundancias muy bajas los cuales se localizaron en las inmediaciones de punta Madrid y frente al puerto de Arica (**Figura 84 b**).

Si bien el sistema CUFES fue diseñado para la recolección de huevos de especies pelágicas, también se puede obtener información relacionada con la presencia de las fases larvarias, identificándose en la primavera de 2005 la presencia de larvas de anchoveta, caballa y jurel **(Figura 84c, d, e)**.

### 9.3 Verano de 2006

Durante este período se recolectaron 162 muestras planctónicas, verificándose la presencia de huevos de las especies de interés, en 77 de ellas. Las especies identificadas fueron anchoveta, sardina, caballa y jurel. Anchoveta fue la más importante, con 67 registros positivos y una abundancia igual a 3.655 huevos, fluctuando ésta entre 1 y 521 huevos (**Tabla 20**).

Con respecto a su distribución geográfica esta fue eminentemente costera (**Figura 83c**) y con áreas de postura claramente definidas frente al puerto de Arica, punta Junín, caleta Chipana, Tocopilla y Mejillones

El jurel fue la segunda especie identificada, con 10 registros positivos y un total de 47 huevos los cuales se localizaron entre punta Lobos (21º00'S) y punta Copaca (22º20'S) y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 40 mn frente a punta Lobos (**Figura 85a**). Los huevos de sardina solo fueron registrados en dos estaciones localizadas a 2,5 frente a punta Copaca (22º20'S) y sur de punta Pinto (18º44'S) (**Figura 85b**).

## 10. Biomasa Zooplanctónica Estacional

### 10.1 Invierno de 2005

La biomasa zooplanctónica como medida estimativa de la productividad secundaria de la zona de estudio, presentó en invierno de 2005, valores extremos comprendidos entre 28 y 1.401 ml de zooplancton/1.000 $m^3$, con un promedio general para la zona igual a 422 (DS = 265,44); predominando los valores comprendidos en los rangos de densidad categorizados entre 101-300 y 301-900 los que representaron el 31,4% y 56,9%, respectivamente. El 11,76% restante se categorizó dentro de los rangos 0-33 (1,96%), 34-100 (4,9%) y 901-10.000 (4,9%).

El patrón de distribución espacial de la biomasa señaló que el rango 101-300 se presentó el tramo latitudinal comprendido entre Arica y Taltal, distribución que fue interrumpida por biomasas mayores (301-900) en el área costera entre Arica y Mejillones. La categoría de densidad 301-900, fue observada desde punta Lobos hasta Pichigangui abarcando toda la extensión longitudinal del área explorada, con dos núcleos de altas biomasas localizados a 70 y 20 mn de rada Paposo y caleta Inglesa, respectivamente. En términos generales los valores promedio de biomasa muestran una tendencia creciente hacia el sur de la zona de estudio (**Figura 86a).**

Las áreas donde se registraron las mayores biomasas promedio (> 700 mL de zooplancton) correspondieron a las observadas frente a Arica, punta Baquedano, rada Paposo, Chañaral, bahía Salado y desde caleta inglesa hasta Pichidangui. Con respecto a la constitución de las muestras, el elemento predominante correspondió al mesozooplancton y particularmente al grupo de los copépodos, quetognatos y eufáusidos.

Cabe señalar que la biomasa zooplanctónica promedio estimada en invierno de 2005 para la zona Arica-Antofagasta, presentó con respecto al crucero de invierno precedente una tasa de cambio positiva igual a 17**,**9%, constituyéndose en el tercer registro más importante en cuanto biomasa promedio de los últimos 13 años (**Tabla 21)**.

La información histórica recopilada de los cruceros efectuados durante los períodos de invierno entre los años 1993 – 2005, revela que los mayores valores en la biomasa zooplantónica promedio se han registrado a partir del año 2002 a la fecha, con biomasas que han fluctuado entre 304 y 375 ml/1.000 $m^3$, a excepción del año 1994, período donde se ha detectado el valor mas alto de todos (471 ml/1.000 $m^3$). Si bien durante todas las prospecciones las dos categorías de densidad dominantes en la zona de estudio han sido las correspondientes a concentraciones zooplanctónicas entre 100-300 y 300-900, durante los últimos 4 períodos invernales la categoría 300-900 a pesar de exhibirse en la mayoría de los casos en segundo lugar en la zona, ha sido notoriamente superior en comparación a los años previos, con una mayor

intrusión en la zona de estudio, tanto en la costa como en el sector oceánico (**Figura 87**). Las máximas biomasas han sido detectadas en los inviernos de los años 1994, 1995, 1998, 2002 y 2004, donde se estimaron valores comprendidos entre 1.016 – 4.002 ml/1.000 $m^3$, siendo todas estas registradas en las primeras millas de la costa.

Los valores promedio de la biomasa zooplanctónica registrados en invierno de 2005, para los tres estratos de profundidad fueron decreciendo con el incremento de la profundidad, siendo estos iguales a 581, 435 y 296 ml de zooplancton/1000$m^3$ (**Tabla 22**). El rango de variación mas amplio en la biomasa fue observado en el nivel mas superficial (0 – 10 m), con valores comprendidos entre 29 – 3.518 ml de zooplancton/1.000 $m^3$, localizándose respectivamente ambos a 20 mn de bahía Moreno (23º40'S) y 10 mn frente a punta Junín (19º40'S). Para este intervalo de profundidad se observó un predominio de biomasas concentradas entre 301-900 ml de zooplancton/1.000 $m^3$, categoría que representó el 50%. Los máximos valores registrados frente a punta Junín se correspondieron con una alta abundancia de ctenóforos.

En el estrato de 25-10 m las biomasas estuvieron comprendidas entre 38 y 1.650 ml de zooplancton/1000m3, localizándose éstos a 10 y 40 mn de punta Junín y Arica, con una clara predominancia de las categorías de densidad comprendida entre 101 - 300, la que representó el 56,5%.

El estrato más profundo, 50-25 m, exhibió valores de biomasas comprendidos entre 35 ml/1000 $m^3$ en el sector costero frente a punta Junín y 947 ml/1000 $m^3$ a 10 mn de punta Lobos (**Tabla 22**).

## 10.2 Primavera de 2005

La biomasa zooplanctónica para la primavera de 2005, fluctuó entre 54 y 863 ml de zooplancton/1.000 $m^3$, detectándose ambos valores a 1 y 100 mn frente a punta Lobos y punta Camarones, respectivamente, con un promedio general para la zona de 321. Esta estuvo dominada básicamente por dos categorías de densidad, pero con una predominancia de un 55,8 % del rango de valores incluidos entre 101 – 300 ml/1.000 $m^3$, localizándose estos a lo largo y ancho de la zona comprendida entre Pisagua y Antofagasta, siendo esta, interrumpida en este mismo sector por abundancias mayores de zooplancton categorizadas, entre 300 y 900 ml/1.000 $m^3$, las que representaron el 42,3% de la biomasa, encontrándose principalmente éstas, en las estaciones mas costeras entre caleta Patillos y el norte de Antofagasta, observándose también estas categorías de densidad entre Arica y Pisagua, sector donde prácticamente predominaron, llegando a extenderse hasta la estación de 100 mn localizada frente a punta Lobos (**Figura 86b)**. Destaca una pequeña área cercana a la costa entre Arica (18°25'S) y punta Pinto (18°44'S), con abundancias zooplanctónicas menores (101-300).

Con respecto a la composición específica de las muestras, estas estuvieron constituídas principalmente por copépodos, quetognatos y eufáusidos, cabe señalar la presencia de medusas de gran tamaño en algunas estaciones, principalmente las más someras. También se constato la presencia inusual o poco frecuente de una microalga aún no determinada por los especialistas, embebida en densas masas mucilaginosas, las que se observaron conteniendo diversas especies zooplanctónicas de pequeño tamaño.

Las estaciones con presencia de mucílago estuvieron localizadas entre punta Lobos (21°00'S) y punta Madrid (19°03'S), a 20 mn de punta Lobos, 70 mn de punta Patache, 40 mn de caleta Patillos, 10 mn de punta Junín y 100 mn de caleta

Camarones y punta Madrid. Producto de la presencia de este mucílago, en dos estaciones no fue posible realizar la medición de biovolumenes.

La biomasa zooplanctónica estimada durante la primavera de 2005, denotó una tasa de cambio positiva igual a 34 % respecto al valor promedio observado durante el período primaveral precedente, sin embargo, se ubicó dentro de los registros más bajos desde el año 1993, superando solo lo estimado durante los años 1997, 1998, 2000 y 2003 (**Tabla 23**).

Los registros históricos de la biomasa zooplanctónica observada durante los períodos primaverales realizados desde el año 1993 a la fecha (**Figura 88**), revela en términos generales una dominancia de valores de biovolumenes categorizados entre 101-300 y 301-900 ml de zooplancton/1.000 $m^3$, las que se presentaron en forma individual o combinada a lo largo y/o ancho de la zona de estudio. Particularmente los períodos primaverales que han exhibido los valores promedios mas altos de biomasa han sido los años 1996, 1997 y 1999, períodos donde la categoría comprendida entre 301-900 ml de zooplancton dominó considera-blemente la zona, a diferencia de los restantes períodos.

A diferencia de lo observado durante el crucero de invierno, en primavera las biomasas promedio fueron menores en todos los estratos muestreados, pero mayores a los valores registrados en verano de 2006, estas no mostraron mayor diferencia en la biomasa promedio entre un nivel de profundidad y otro, fluctuando entre 229 ml de zooplancton/1.000 $m^3$ en la capa de profundidad mayor y 378 ml de zooplancton/1.000 $m^3$ en el estrato intermedio. Los valores extremos en la columna de agua variaron entre 5 y 921 ml/1.000 $m^3$ (**Tabla 22**).

## 10.3 Verano de 2006

La biomasa zooplanctónica en el verano de 2006 fluctuó entre 64 y 2.027 ml de zooplancton/1.000 $m^3$, detectándose ambos valores a 40 y 1 mn frente a punta Lobos y Arica, respectivamente, con un promedio general para la zona de 247. Estuvo dominada básicamente por una sola categorías de densidad, cuyo porcentaje de dominancia alcanzó un 64% y correspondió al rango de valores comprendidos entre 101 – 300 ml/1.000 $m^3$, localizándose a lo largo y ancho de la zona comprendida entre Arica y Antofagasta, siendo interrumpida entre Arica y punta Junín por biomasas mayores, categorizadas entre 300 y 900 ml/1.000 $m^3$, representando estas el 13,2% de la biomasa (**Figura 86c**). Las mas altas biomasas se registraron a 40 mn al oeste de punta Junín y a 1 mn de Arica, alcanzando valores iguales a 1.082 y 2.027 ml de zooplancton/1.000 $m^3$, respectivamente. Con respecto a la composición específica de las muestras, estas estuvieron constituídas principalmente por copépodos, quetognatos, sifonóforos y fitoplancton.

La biomasa zooplanctónica estimada durante el verano de 2006, denotó una tasa de cambio negativa igual a 29,6 % respecto al valor promedio observado durante el verano del año 2004, y se ubicó dentro de los registros más bajos desde el año 1993, superando solo lo estimado durante el año 1998 (**Tabla 24**).

Los registros históricos de la biomasa zooplanctónica observada durante los períodos estivales realizados desde el año 1993 a la fecha (**Figura 89**), revelan en general una dominancia de dos categorías de densidad y que corresponden a concentraciones zooplanctónicas fluctuantes entre 101-300 y 301-900 ml de zooplancton/1.000 $m^3$, categorías que se han presentado a lo largo y ancho de la zona de estudio. Los períodos que han exhibido los mayores valores promedio de biomasa, son aquellos correspondientes a los últimos seis años, especialmente el año 2003, 2000, 2004 y 2001, períodos donde se registraron abundancias comprendidas entre 726 y 3.193 ml de zooplancton/1.000 $m^3$.

Durante el período de verano, los valores extremos detectados en cada uno de los intervalos de profundidad se mantuvieron similares, así como también la biomasa promedio, la que exhibió con respecto a primavera una diferencia negativa en todos los estratos, siendo estas iguales a 235, 254 y 212 ml/1.000 $m^3$ entre los 0-10, 10-25 y 25- 50 m, respectivamente. El rango mas amplio de concentración de organismos se registró en el nivel intermedio, 5 – 863 ml de zooplancton/1.000 $m^3$ (**Tabla 22**).

La biomasa zooplanctónica se presentó con mayores valores en la concentración de organismos durante el invierno, donde dominó el rango de densidad comprendido entre 300-900 ml de zooplancton/1000 $m^3$, detectándose esta a lo largo de toda la zona de estudio, en primavera esta categoría se restringió principalmente entre las transectas de Arica y punta Junín y en las estaciones costeras situadas entre punta Lobos y Antofagasta, en tanto en verano, al igual que en primavera, solo se detectó entre Arica y punta Junín, pero con una menor cobertura de estaciones, fue en este último período donde la biomasa zooplanctónica se presentó con los valores mas bajos en la mayor parte de la zona.

## 11. Análisis estacional de huevos y larvas de peces

### 11.1 Desove de Invierno

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

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

El parámetro poblacional densidad promedio por estaciones totales ha reflejado con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado a nivel de ictioplancton la composición específica de la comunidad pelágica de la zona norte del país, los que se han caracterizado por un período comprendido entre 1964 y 1973 con un claro y absoluto predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situación con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina.

La situación observada a partir del invierno de 1985, señaló que nuevamente estábamos frente a un proceso de cambio, con una categórica predominancia en la abundancia de anchoveta respecto de sardina y jurel, con densidades sin precedentes y que han sido registradas en invierno de los años 1985, 1994 y en menor magnitud en 1989. De la misma manera, las disminuciones más drásticas han estado asociadas a perturbaciones ambientales, como lo ha sido la presencia del evento “El Niño” en la zona de estudio durante los años 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992 y 1997-1998 (**Figura 90**).

En el invierno de 1987, los niveles de abundancia promedio experimentaron una drástica disminución asociada al evento cálido que ese año se presentó; el cual generó condiciones desfavorables para la sobrevivencia larval de anchoveta, situación que se vuelve a registrar en 1991 y 1997-98, con una baja aún mayor. Entre períodos cálidos la anchoveta ha experimentado recuperaciones en su abundancia promedio, las que se han visto claramente reflejadas durante el año 1989, año en el cual las condiciones normales lograron restablecerse, tal como volvió a ocurrir después del evento cálido del año 1991, incrementándose gradualmente estos niveles con el transcurso del tiempo hasta registrarse en 1994 la segunda mayor abundancia de

larvas de esta especie después del máximo registrado en el año 1985; año donde a partir de entonces, los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina han permanecido muy por debajo de los de anchoveta, situación que no tan solo fue evaluada en términos del índice de la intensidad del desove de estas especies, sino que también estos resultados fueron corroborados por otros métodos de evaluación como lo son las prospecciones hidroacústicas y las evaluaciones indirectas (APV) **(Braun, 1995)**.

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1981-2005, para la estación de invierno, indican que desde el invierno de 1993 persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situación que se ha mantenido hasta hoy sin alteraciones (**Figuras 91** y **92**) (Braun ***et al*.**, 2005b).

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en invierno de 2005, respecto a las reportadas en inviernos precedentes para la serie 1981/2005, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta una situación diferente para ambas fases de desarrollo. Es así, como el estadio de huevos exhibe con respecto al invierno de 2004, un disminución que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -45,1%. Por su parte las fases larvarias experimentan un importante incremento exhibiendo un porcentaje de cambio igual a + 41,3 % .

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la intensidad y/o concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2004, un decremento para la fase de huevos igual a -32,4 %, observándose para las fases larvarias una importante alza la cual se traduce en un porcentaje de cambio igual a 62,4 %.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1990-2005, nos señala que el desove de invierno presenta un carácter más oceánico,

con presencia de huevos a 100 mn al oeste de Arica y de otras localidades, durante los inviernos de los años 1993, 1994, 1995, 1996 y desde el año 2000 hasta la fecha, respectivamente. Durante los inviernos de 1992, 1993, 1994 y 1995 y debido fundamentalmente a la grilla de muestreo utilizada durante esos años, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos, bahía Moreno y desde el año 2002 en adelante aparece como área de desove importante punta Copaca (**Figura 93**).

Las larvas muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan (dispersión, transporte, advección, etc). Durante los inviernos de los años 1990-1997, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo también importantes los registros de los años 2000, 2002, 2003, 2004 y 2005. Con respecto a las áreas de desove, las larvas exhiben en general, una tendencia similar respecto a la fase de huevos y no obstante su amplia cobertura latitudinal y longitudinal, éstas se concentran mayoritariamente frente a las localidades de Arica, punta Junín, punta Lobos y bahía Moreno (**Figura 94**).

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

Con respecto al índice de abundancia larval para anchoveta, las estimaciones más altas han sido obtenidas en los inviernos de 1985, 1989, 1994 y 2003 y las más bajas han estado asociadas a la presencia de eventos “El Niño”, registrados durante los años 1987, 1991 y 1998. Durante los inviernos de 1995, 1996 y 1997 el índice se mantuvo prácticamente constante, fluctuando entre 5 y 7 para disminuir drásticamente en 1998. A partir de 1998 se observa una tendencia general

ascendente en sus valores para experimentar una nueva disminución en el invierno de 2001 e incrementarse significativamente en invierno de 2002 y 2003, observándose en invierno de 2004 una situación a la baja que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -43,6% con respecto al año 2003. En invierno de 2005, se obtuvo un índice muy similar al estimado en invierno de 1996, siendo este 14% mayor con respecto al año 2004 **(Figura 95, Tablas 25** y **26)**.

En invierno de los años 2002, 2003 y 2005, no hubo presencia de larvas de sardina. Con respecto a los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel analizados a través de los diferentes índices utilizados, revelan ausencia de huevos y larvas durante los inviernos de 2000 y 2001 y presencia de estos estadios de desarrollo para el invierno del año 2002 y ausencia de las fases larvarias para el 2003. En invierno de 2005, el estadio de huevos, exhibe con respecto al invierno de 2004 un incremento en la intensidad del desove y en su cobertura geográfica, lo que se traduce en tasas de cambio iguales a 50,6 % y 48%, respectivamente.

En relación a caballa, en invierno de 2005 hubo un registro positivo a huevos y larvas de esta especie, situación que para el estadio de huevos no se presentaba desde el año 1999 y que en el caso de las larvas y para la estación de invierno corresponde al primer registro de la serie analizada.

Desde Antofagasta al sur, existe menos información y para efectos comparativos se utilizó información proveniente de cruceros realizadas para la estación de invierno en la década de los $80_s$ y $90_s$ a la zona Antofagasta – Coquimbo y cuyo detalle se entrega en las **Tablas 27** y **28.** En invierno de 2005 y para la zona Antofagasta –Coquimbo no se observaron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina.

En relación a la intensidad del desove de anchoveta, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2004, un incremento para el estadio de huevos igual a 25% y una leve disminución para las fases larvarias (0,5%). Con

respecto a su cobertura geográfica tanto huevos como larvas de anchoveta presentan una importante disminución, con tasas de cambio respecto al año 2004 iguales a -63% y -70%.

## 11.2 Desove de Primavera

En primavera de 2005, se apreció una vez más a nivel del ictioplancton, la predominancia de anchoveta, sobre sardina, jurel y caballa, situación que fue corroborada al examinar el parámetro comunitario dominancia numérica, cuyos valores fueron iguales a 77,04% para huevos y 80,62% para fases larvarias.

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta por estaciones totales, analizada como un índice de la extensión del desove, señala la misma tendencia creciente para ambas fases de desarrollo, presentando tasas de cambio positivas iguales a 64,2% y 486%, respectivamente (**Figuras 96** y **97**).

El seguimiento del parámetro poblacional, densidad promedio por estaciones positivas, utilizado como un índice de la intensidad del desove, para la estación de primavera de los años 1983-2005, señala una situación diferente para ambos estadios de desarrollo. Es así, como los huevos de anchoveta exhiben con respecto a la primavera precedente, una importante disminución igual a 31,9%, observándose para la fase de larvas un significativo incremento, el que se traduce en un porcentaje de cambio igual a 268%.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie histórica 1983-2005, nos señala que el desove de primavera presenta una modalidad más nerítica en la postura y es de menor intensidad con respecto al desove de invierno; con presencia de huevos hasta las 100 mn en la primavera de los años 1984, 1990, 1999, 2002 y 2005. Las mayores frecuencias de estaciones positivas (>17) a esta fase de desarrollo han sido registradas durante los años 1985, 1986, 1998, 2002 y 2005, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y bahía Moreno (**Figura 98**).

Por su parte las fases larvarias muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del descrito para el estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan, dispersión, transporte, advección entre otros. Durante las primaveras de los años 1985, 1988, 1990, 1993 y 2005, se registran las mayores frecuencias de registros positivos (>30). Las áreas de desove exhibidas por las larvas muestran a través del tiempo la misma tendencia observada para los huevos, en el sentido de distribuirse particularmente en tres sectores de la zona de estudio y que corresponden a Arica, punta Lobos y bahía Moreno (**Figura 99**).

Para ambos estadios de desarrollo, las más bajas frecuencias de estaciones positivas se registraron en primavera de 1997, asociadas a la presencia de El Niño 1997/98 en la zona de estudio, la cual se caracterizó por una modalidad eminentemente costera en la postura y ausencia de huevos de anchoveta frente a las localidades de Punta Lobos y Punta Copaca.

Las estimaciones más altas del índice de abundancia larval de anchoveta para la estación de primavera se han obtenido durante los años 1988, 1996, 1999 y 2005 y las más bajas se han registrado en las primaveras de los años 1987, 1991 y 1993. En primavera de 1996, se apreció una tendencia general ascendente en los valores de este índice, pero ante la presencia de El Niño 97-98 que afectó a la zona de

estudio, sus valores descienden manteniéndose éstos entre 0 y 2, para experimentar en 1999 un importante incremento y disminuir nuevamente en la primavera de 2000 en un 97%, manteniendo hasta diciembre de 2003 una tendencia no alcista. Con respecto al año 2003, el índice de abundancia larval exhibe un fuerte incremento igual a 395% (**Figura 100; Tablas 29** y **30).**

### 11.3 Desove de Verano

En las **Figuras 101** y **102** se aprecia y confirma una vez más, la persistencia y predominio temporal del ictioplancton de anchoveta sobre sardina, jurel y caballa, especies que han demostrado ser muy vulnerables a perturbaciones ambientales interanuales (El Niño - La Niña). La dominancia en el plancton de huevos y larvas de anchoveta se ha mantenido sin alteraciones a partir de 1990.

El análisis de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta por estaciones totales, señala que durante el verano de 2006, ambas fases de desarrollo experimentan un incremento en la extensión de las áreas de desove, con tasas de cambio positivas iguales a 205% y 326%, respectivamente.

El seguimiento del parámetro poblacional, densidad promedio por estaciones positivas, utilizado como un índice de la intensidad del desove para la estación de verano de los años 1982-2006, muestra con respecto al verano de 2004, un importante incremento exhibiendo las respectivas fases de desarrollo porcentajes de cambio iguales a 164% y 257%, insertándose el verano de 2006 como el tercer registro más importante de la serie analizada.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie histórica 1982-2006, nos confirma el carácter costero que adopta esta especie en su pico secundario de desove, siendo este de menor intensidad con respecto al desove de invierno, con presencia de huevos hasta las 70 mn frente a punta Lobos,

en el verano de 1994 y 2003 **(Figura 103).** Las mayores frecuencias de estaciones positivas (>20) a esta fase de desarrollo han sido registradas durante los años 1990, 1994, 1995, y 2006 destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y bahía Moreno.

Por su parte las fases larvarias muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del descrito para el estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan, dispersión, transporte, advección, entre otros. En verano de los años 1989, 1990, 1991, 1994, 1995, 1999 y 2006, se consignaron las mayores frecuencias de registros positivos (>30). Para este estadio de desarrollo, las áreas de desove muestran a través del tiempo la misma tendencia observada para los huevos, en el sentido de distribuirse particularmente frente a Arica, entre punta Lobos y punta Copaca y bahía Moreno (**Figura 104**).

Las estimaciones más altas del índice de abundancia larval de anchoveta para la estación de verano se han obtenido durante los años 2000, 2003 y 2006 y las más bajas se han registrado en verano de los años 1987 y 1998. En el verano de 1999, se apreció una tendencia general ascendente en los valores de este índice, situación que se mantuvo hasta el año 2000, disminuyendo significativamente en verano de los años 2001 y 2002, donde los valores del índice fluctuaron entre 2,25 y 1,82, respectivamente, para experimentar en el verano de 2003 un importante incremento, insertándose como el valor más alto de la serie analizada. Con respecto al año 2003, el índice de abundancia larval exhibe una disminución igual a 26,2% (**Figura 105; Tablas 31** y **32).**

## 12. Intensidad de desove

La variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta, estimada a través del parámetro poblacional densidad promedio por estaciones positivas, muestra para el período invierno de 1995 – verano de 2006, la misma tendencia creciente para las respectivas fases de desarrollo, exhibiendo ambos estadíos con respecto a la primavera de 2005, un importante incremento en sus niveles de abundancia lo que se traduce en tasas de cambio iguales a 45,3% para huevos y 26,4% para larvas (**Figura 106**). Para el período precitado, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia ascendente, con nueve picos de abundancia significativamente importantes (>18.000 huevos) los que han sido registrados en primavera de 1996 y 1997, invierno de 1998, primavera de 2000, invierno de 2001 y 2002, verano e invierno de 2003 y finalmente invierno de 2004, los cuales son coincidentes con los picos primario y secundario que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie

Con relación a las fases larvarias, éstas muestran una tendencia similar con respecto al estadio de huevos, con abundancias superiores a 4100 larvas, las que han sido reportadas en verano de 1999, 2000 y 2001, otoño 2002, y verano e invierno de 2003.

## 13. Análisis cartográfico de la distribución del ictioplancton respecto de la temperatura superficial del mar obtenida mediante sensores remotos

Para explorar las relaciones entre ambas variables se realizó un análisis visual de las imágenes satelitales de TSM, a las cuales se les superpusieron la distribución de huevos y larvas de anchoveta, registrados en los cruceros bio-oceanográficos efectuados en invierno y primavera de 2005 y verano de 2006.

Durante la realización del crucero de invierno de 2005, las TSM fluctuaron entre 14° y > 17°C, con un marcado predominio de las aguas de 16-16,9°C (color verde claro). Desde Tocopilla al norte se observó una estructura térmica bastante homoterma, en la que no se apreciaron gradientes térmicos de importancia entre la

costa y el área oceánica, no obstante lo anterior, desde el río Loa al sur, se presentaron diferenciales térmicos débiles debido a diferencias menores a 2°C entre ambos sectores. En septiembre, se registró un aumento leve y gradual de las TSM oceánicas, principalmente en el sector central de la zona (**Figura 107**). Con respecto a los huevos de la especie, éstos poseen una alta cobertura espacial, con grandes concentraciones entre Arica y Pisagua, que superan los 200.000 huevos/$m^2$ no obstante lo anterior a pesar de la repartición geográfica más oceánica, las mayores densidades se ubicaron preferentemente en las 10 primeras millas de la costa en los bordes internos de las aguas de 16-17°C (**Figura 107a**). Con respecto a las larvas, éstas exhiben una gran cobertura geográfica con una distribución más oceánica que alcanza las 100 mn de la costa, con dos áreas principales que exhiben registros superiores a las 10.000 larvas/$m^2$: en las proximidades de punta Lobos donde se localizaron preferentemente en las primeras 5 mn de la costa y al sur de Iquique a las 20 millas de la costa (**Figura 107b**).

En el crucero de diciembre de 2005, la temperatura superficial del mar en el área de estudio presentó un rango de variación entre los 16° y 22,5 °C, destacándose una intrusión de aguas de mayores temperaturas (> 21°C) en el sector oceánico norte y una banda de aguas frías en los sectores ribereños, relacionada con eventos de surgencias, lo anterior implica que se formen diferenciales térmicos relevantes en la zona de estudio. Este período exhibe una lengua de aguas cálidas de 20 y 21°C (color salmón claro y oscuro) las que logran alcanzar los alrededores de Tocopilla, paralelamente hay una virtual desaparición de aguas de 16°C, las que se restringen a las proximidades de Pisagua, Pta. Lobos y Mejillones asociadas a aguas surgentes, en sectores de gradientes térmicos laterales (**Fig. 108**). En relación a los huevos de anchoveta, éstos mostraron una baja cobertura espacial, situándose preferentemente en los sectores costeros, donde se concentraron en tres sectores: frente al puerto de Arica, a la cuadra de punta Lobos y en los alrededores de Mejillones, siendo el primer núcleo el más importante en términos espaciales y de densidad, destacándose que los huevos de la especie se sitúan en las cercanías de masas de aguas frías. Por otra parte, las larvas de la especie presentan una mayor

cobertura geográfica y una repartición más oceánica; no obstante lo anterior, las larvas no registran densidades muy altas en este mes y su foco principal se localiza frente a punta Lobos, vinculado al borde interno que forman las aguas de 18-19°C, en un sector asociado a eventos de surgencias (**Figura 108 b**).

Durante el crucero de febrero de 2006, la temperatura superficial del mar en el área de estudio indicó que el sector oceánico registro preferentemente valores mayores a 22°C, con los máximos ubicados en el área noroeste de la zona que va de Arica e Iquique y por sobre las 70 mn, donde se superaron los 25°C. A su vez, a lo largo de toda la zona se aprecia un frente térmico importante en las primeras 50 mn, que fue originado por bajas temperaturas relativas en la costa, las cuales tuvieron un mínimo de 14,6°C frente a la punta sur de la península de Mejillones. Otros sectores como Tocopilla, punta Lobos y punta Junín también exhibieron temperaturas que no sobrepasaron los 16°C (**Figura 109**).

Con respecto a los huevos de la especie, éstos exhiben una baja cobertura espacial y se sitúan preferentemente en sectores costeros que rara vez pasan las 20 mn de la costa, concentrándose en tres núcleos de mayores agregaciones: frente al puerto de Arica, lugar donde se registra la mayor concentración de huevos del crucero; a la cuadra de Pisagua y entre Pta. Lobos y Mejillones, que es el foco más importante en términos espaciales y de densidad, destacándose que los huevos de la especie están muy restringidos a la franja costera de aguas frías. Por otra parte, las larvas de la especie presentan una cobertura geográfica levemente mayor y una repartición más oceánica con registros que alcanzan las 40 mn de la costa y exhiben 31 estaciones positivas (con presencia de larvas), correspondiente a un 57% del total de estaciones. La distribución espacial indica que se observan dos focos principales que se emplazan frente de Arica y a la cuadra de punta Lobos, se destaca que ambos núcleos se encuentran preferentemente restringidos por el borde interno de la franja costera de aguas frías y en las inmediaciones de aguas surgentes (**Figura 109b**).

## 13.1 Relación entre la densidad del ictioplancton y el gradiente térmico

Durante septiembre de 2005, las densidades promedio de los huevos, en general, son muy altas especialmente en el sector norte con concentraciones que superan los 200.000 huevos/$m^2$ teniendo presente que las más altas densidades se ubicaron preferentemente en las 20 primeras millas de la costa; en este período las concentraciones más altas se localizan en diferenciales térmicos superiores a 0,5ºC/mn, en este crucero se ajustó una curva logarítmica que describe el 31% de la varianza (**Figura 110a**). En el caso de las larvas, éstas poseen una mayor cobertura geográfica y una repartición más oceánica; no obstante lo anterior, las larvas no registran densidades muy altas, en este crucero la relación entre larvas y gradiente térmico refleja una muy baja asociación ($R^2$ = 0,18).

En el crucero de diciembre de 2005, los huevos de anchoveta presentan una baja cobertura espacial y las densidades promedio de los huevos, en general, son bajas sin embargo existen importante lugares en Arica y punta Lobos que alcanzan registros superiores a los 10.000 huevos/10$m^2$, los que se asocian a un gradiente menor a un 1,0 ºC/mn, en este período se ajustó una relación polinomial que es bastante significativa y que describe el 50% de la varianza (**Fig. 110b**). En el caso de las larvas, éstas poseen una mayor cobertura geográfica con repartición más oceánica; sin embargo tampoco registran densidades muy altas y solamente frente a punta Lobos se registra una concentración mayor a 10.000 larvas/10$m^2$, en este crucero la relación entre larvas y gradiente térmico nuevamente refleja una baja asociación ($R^2$ = 0,20).

Durante el verano de 2006, las densidades promedios de los huevos continuaron siendo bajas sin embargo existen importante agregaciones en Arica y Pta Lobos que alcanzan registros superiores a los 40.000 huevos/10$m^2$, los que se asocian a diferenciales térmicos superiores a 2,0 ºC/mn, en este período se ajustó una relación logarítmica que describe el 45% de la varianza. En el caso de las larvas, éstas poseen una mayor cobertura geográfica y una repartición más oceánica; no

obstante lo anterior, las larvas no registran densidades muy altas y solamente frente de Arica se observa una concentración mayor a 10.000 larvas/10m$^2$, en este crucero la relación entre larvas y gradiente térmico refleja una buena asociación ($R^2$= 0,47) (**Figura 110c**).

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

Las señales latitudinales de la densidad del ictioplancton y la variable oceanográfica temperatura se muestran en las figuras 5 a 7. Se destaca que en el caso de la variable ambiental, ésta presentó generalmente una disminución en el sentido norte-sur lo que es consecuente con la climatoligía local.

En invierno de 2005, se apreció claramente que las mayores agregaciones de huevos y larvas se localizan entre la costa y las 10 mn de la costa, para luego decaer bruscamente. En el caso específico de los huevos de la especie, éstos alcanzan sus mayores agregaciones en el extremo norte de la zona de estudio en regiones aledañas a aguas surgentes (**Figura 111a**); en tanto que las concentraciones más altas de larvas se ubican en la mitad sur con dos máximos relevantes (SW de Iquique y en las proximidades de punta Lobos). En la banda más oceánica (11-20 mn) se observa que la señal de densidad del ictioplancton de anchoveta indica una gran disminución en la abundancia, en estas franjas los núcleos más relevantes se presentan en el sector sur.

Durante la primavera de 2005, la distribución espacial de huevos y larvas, exhibieron una menor repartición geográfica. De esta manera, en este mes el ictioplancton presentó una distribución preferentemente costera. La señal latitudinal de los huevos indica que las mayores concentraciones se emplazaron en las primeras 10 mn en las proximidades de focos de surgencias. Asimismo, se observa que los focos de punta Lobos y Mejillones están vinculados a gradientes laterales moderados y al borde térmico, compuesto por aguas de 18-19°C (**Figuras 108** y **112a**).

En el caso de las larvas, éstas tienen una mayor cobertura espacial, en la franja costera se puede observar que las mayores concentraciones se ubican frente a Arica y sur de Pisagua, relacionado al borde interno que forman las aguas frías (**Figuras 108** y **112b**). En la franja oceánica se advierte una mayor presencia de larvas, con varios núcleos relevantes localizados preferentemente en el extremo norte.

El crucero de verano del presente año indicó nuevamente una baja repartición geográfica de huevos y larvas de la especie. De esta manera, en este período el ictioplancton presentó una distribución netamente costera y salvo algunas excepciones su localización no sobrepasó las primeras 10 mn de la costa. La señal latitudinal de los huevos indica que las mayores concentraciones se ubicaron en Arica y Mejillones entre las 10 primera millas de la costa relacionadas con aguas surgentes (**Figuras 109** y **113a**). Por su parte, las larvas también exhiben una escasa cobertura geográfica y se localizan netamente en la franja costera registrando las mayores concentraciones entre Arica y sur de Pisagua relacionado al borde interno que forman las aguas frías que están asociadas a eventos de surgencias (**Figuras 109** y **113b**). En la banda oceánica se advierte una virtual desaparición de estaciones con presencia de larvas.

## 13.3 Análisis exploratorio de datos

El período analizado corresponde a los cruceros realizados en invierno entre los años 1993 a 2005, donde se han monitoreado un total de 795 estaciones, en la cuales se registraron las variables predictoras, latitud, longitud, salinidad y temperatura superficial del mar, de igual manera se contabilizó el número de huevos y/o larvas y por consiguiente, la presencia o ausencia de éstos. Del total de estaciones analizadas, un 40 % de éstas registró la presencia de huevos; en tanto, que el porcentaje de estaciones con presencia de larvas alcanzó al 85 %, registrándose una densidad media por estación positiva del orden de 5 mil huevos y 2300 larvas/10 $m^2$.

En la **Tabla 33** se detalla por año el número de estaciones totales, el número de éstas con presencia y ausencia de huevos/larvas y la densidad promedio de las estaciones positivas. En cuanto a la presencia de huevos, los años 1993, 1994, 2004 y 2005 presentaron la mayor proporción de estaciones positivas con un 58 %, 52 %, 54 % y 48% respectivamente; mientras que el menor número de estaciones con presencia de huevos correspondió a los años 1998 y 1999, con un 6 % y un 19%. Respecto a la densidad de huevos, los mayores índices se registraron los años 1994 y 2005 con una densidad media de 6 mil y 17 mil huevos/10 $m^2$, estos períodos coinciden con años donde se observan una alta proporción de estaciones positivas, al igual que el 2004.

En 1996 y 2001, la densidad media fue del orden de los 5 mil huevos/10 $m^2$ densidades por sobre el promedio histórico, sin embargo con una baja proporción de estaciones positivas, en 1998 y 1999 se obtuvieron los menores registros de densidad del orden de los 400 huevos/10 $m^2$, siendo consistente con el menor número de estaciones con presencia de huevos **(Figura 114a**). Para las estaciones con presencia de larvas los primeros cuatro años presentan una alta proporción de estaciones con presencia de larvas, mayores al 90 % de igual forma que los años 1997 y 2004 donde se presenta un 100 % de estaciones positivas, el año 2005 presenta una proporción

de estaciones positivas por sobre el promedio histórico de un 87 % con una densidad media de 2500 larvas/10 $m^2$. De manera similar, a como ocurre para la presencia de huevos, los años 1998, 1999 y 2001 presentan el menor número de estaciones positivas con un 57 %, 67 % y un 47 % respectivamente. En cuanto a la densidad de larvas, el mayor índice se registró el año 1994 con 4500 larvas/10 $m^2$, coincidiendo con una gran proporción de estaciones positivas registrada en dicho año. La menor densidad media de larvas se registró en 1998 y fue del orden de las 550 larvas/10 $m^2$, año que registró una de las menores proporciones de estaciones con presencia de larvas 57 %. Los años 1995, 1996 y 1997 presentan una densidad media entorno a los 1500 larvas/10 $m^2$, no obstante representan altos índices de presencia de estaciones con larvas (**Figura 114b**).

Las estadísticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura superficial y salinidad superficial, junto a las variables de interés densidad de huevos/larvas se presentan en la **Tabla 34**. En los distintos años se cubrió un área muy similar, que abarca latitudinalmente cerca de los 18° 40' hasta los 23° 67' S, a excepción de los años 1998, 2001 y 2002 donde latitudinalmente llego a los 22° 33' S. Longitudinalmente el área cubierta estuvo en torno a los 70°14' y los 72° 18' W, exceptuando el año 2002 donde se llego hasta los 73° 60' W. La temperatura superficial del mar promedio por año se concentro entorno a los 16° C, registrándose para el año 1997 una valor por sobre el promedio histórico de 19° C. Para la salinidad superficial, en los distintos años, se observaron promedios en torno a los 35 psu con un rango de variación entre los 0,45 y 0,65 psu.

## 13.4 Modelamiento estadístico

Los resultados del ajuste de los modelos aditivos generalizados para cada set de datos se resumen en la **Tablas 35** y **36**. Los modelos de efectos principales de cuatro covariables (latitud, longitud, temperatura y salinidad) y un factor correspondiente al año (invierno de cada año), fueron significativos, con pseudo-$R^2$

de 0,15 y 0,41 para los modelos de presencia de huevos y larvas y de 0,18 y 0,25 para la densidad de huevos y larvas de las estaciones positivas, respectivamente.

### 13.4.1 Análisis de presencia / ausencia de huevos y larvas

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

Los predictores incorporados en el modelo tanto de huevos como de larvas, en su mayoría presentaron un comportamiento no-lineal, confirmado a través de la prueba F (**Tabla 35**). Se exceptúa la temperatura superficial del mar para el caso de huevos, y además de ésta, la salinidad para larvas, los cuales no siguen este comportamiento. La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en las **figuras 115, 116** y **117**.

En el caso de la presencia de huevos, se puede observar que latitudes (**Lat**) inferiores a los 18° 42’ S y entre los 20° 36’ y los 23° S se tiene un efecto positivo, mientras que entre los 18° 42’ y los 20° 36’ y superior a los 23° S la influencia es negativa sobre la probabilidad de éxito de estaciones con huevos. Por su parte, la longitud (**Lon**) tiene un efecto positivo para valores inferiores a 71° 6’ W y negativo a longitudes mayores, es decir el proceso de desove aparece más vinculado a la zona costera que oceánica. En relación con la variable temperatura superficial (**TSM**), se observa un efecto positivo de ésta para valores entre los menores a los 15° C y los 17° C, mientras que para temperaturas inferiores o superiores no es posible determinar si éstas afectan de forma negativa, dada la alta incertidumbre presentada por el suavizador spline y reflejada en amplias bandas de confianza. La variable salinidad (**Sal**) muestra una alta incertidumbre en el suavizador a

salinidades inferiores a los 34,8 psu y superiores a los 35,2 psu, observándose un efecto negativo entre los 34,8 y 35,1 psu en la presencia de huevos por estación (**Figura 116**).

En relación al modelamiento de la variable presencia de estaciones positivas de larvas, se puede apreciar que el predictor latitud refleja un efecto positivo a partir de los 21° 24' S, mientras que a latitudes inferiores a ésta el efecto es negativo. Por su parte la variable longitud, de la misma forma en que afecta a la presencia de huevos por estación, muestra un efecto positivo para longitudes cercanas a la costa (< 71° W) y un efecto negativo gradual a medida que aumenta la longitud. La función suave ajustada para la variable temperatura superficial presenta una alta incertidumbre a temperaturas inferiores a los 16° C y superiores a los 17° C, y se observa que a diferencia de los huevos, para temperaturas superiores a los 17° C presenta un efecto positivo en la probabilidad de éxito de estaciones con larvas. Por su parte el predictor salinidad, muestra un efecto positivo a niveles menores a los 34,85 psu, mientras que para salinidades superiores el efecto es negativo, cabe señalar que salinidades menores a los 34,7 psu y superiores a los 35 psu poseen una alta incertidumbre en la estimación del suavizador reflejada en amplias bandas de confianza (**Figura 117**).

### 13.4.2 Análisis de la densidad de huevos y larvas

Para caracterizar la relación entre la densidad de huevos y larvas con variables de localización y oceanográficas, se modeló la variable respuesta (logaritmo de la densidad) considerando una distribución de probabilidades normal, con función de enlace identidad y un ajuste a través de un método robusto.

Los predictores incorporados en el modelamiento de la densidad de huevos y que presentaron un comportamiento no-lineal fueron la latitud y salinidad, mientras que para larvas correspondieron a la latitud, longitud, y salinidad que se refleja en estadísticos F significativos (**Tabla 36)**. La longitud y temperatura superficial para el

caso de huevos y solo la temperatura para el caso de las larvas, no siguieron este comportamiento. La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en las **figuras 118** y **119**.

Las estaciones con presencia de huevos se observan en todo el rango de latitud cubierto, con un efecto positivo sobre la densidad de huevos en latitudes inferiores a los 19°20' S. (zona norte). Por su parte, el efecto de la función suavizada para la longitud muestra que el proceso de desove aparece vinculado a una zona más costera que oceánica, con una alta concentración de estaciones con huevos, teniendo un impacto positivo gradual en la densidad de huevos el área localizada al este de los 70°50' W. En relación a la temperatura, se puede observa que las estaciones con huevos se localizaron principalmente entre los 15° C y 18° C y que temperaturas inferiores a los 16° C tienen un efecto negativo sobre la densidad de los huevos, mientras que temperaturas entre los 16° C y 17° C, tienen un efecto positivo, cabe destacar que temperaturas fuera del intervalo de los 15° C y los 18°C, posen una alta incertidumbre en la estimación reflejada por las amplias bandas de confianza. La figura relacionada con la variable salinidad, muestra que los huevos estuvieron presentes en un rango que va entre las 34,6 y 35,34 psu, favoreciendo la densidad de huevos las aguas con salinidades superiores a las 35 psu (**Figura 118**).

En cuanto a la variable densidad de larvas, en la **figura 119** se presentan los suavizadores splines cúbicos para cada predictor incorporado en el modelo. Se puede apreciar, que al igual que lo observado en los huevos, las larvas estuvieron presentes en todo el rango latitudinal monitoreado, registrándose un efecto positivo gradual sobre la densidad de larvas en latitudes inferiores a los 19°20'S. Nuevamente, el efecto de la función suavizadora para la longitud confirma que el desove de anchoveta es un proceso más costero y que longitudes localizadas al este de los 70°35' W ejercen un efecto gradual positivo sobre la densidad de las larvas. En relación a la temperatura, las larvas se distribuyeron entre los 14° C y 20° C donde la función suavizada presentó una alta variabilidad para temperaturas

inferiores a los 15° C y superiores a los 18° C, reflejada en la amplitud de las bandas de confianza; no obstante, dentro de este intervalo se observa que la temperatura posee un efecto positivo sobre la densidad de larvas a temperaturas superiores a los 16,5° C. El predictor salinidad, muestra que las larvas dentro del intervalo en que estuvieron presentes (34,47 – 35,37 psu), ven favorecida su densidad en aguas con salinidades entre las 34,8 y las 34,96 psu (**Figura 119**).

La contribución parcial del factor año indica que desde 1994 a 1996, 2002 y 2004 a la fecha se tuvo un efecto positivo en la densidad de huevos, registrándose la mayor densidad este ultimo año. Mientras que para la densidad de larvas los años 1993, 1994 y 2005 presentaron efectos positivos.

Finalmente, a partir de los modelos ajustados se puede observar una señal interanual de la respuesta (**Figura 120**). En el caso de los huevos, la señal asociada a los distintos años analizados indica que existió una mayor probabilidad de éxito de encontrar estaciones positivas en los años 1993, 1994, 1997, 2000, 2002, 2004 y 2005; en tanto en larvas, la mayor probabilidad de encontrar la característica de interés se registró en los años 1994 y 1998, nótese que los años 1998 para huevos, y 2001 para larvas, poseen una alta incertidumbre en la estimación reflejada por las amplias bandas de confianza.

## 14. Análisis de los Centros de Gravedad (CG)

En términos generales, se debe destacar que la ubicación de los centros de gravedad de los huevos evidencian distribuciones bastante más costeras respecto de las larvas, preferentemente dentro de las primeras 12 mn, lo que también podría relacionarse con que los rangos de TSM promedio de los huevos sean levemente menores que exhibidos por las larvas. En este sentido destacan los años 1997 y 2002, en los cuales los CG de huevos y larvas se sitúan en la posición más al sur de todo el período analizado, debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS.

En los cruceros de invierno, los CG de huevos no poseen un comportamiento muy definido. En este sentido se puede mencionar que en el año 1997, debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS, el centro de gravedad se encuentra en la posición más meridional de todo el período analizado. No obstante lo anterior, en los años posteriores (1998 y 1999) los CG se localizan frente a la cuadra de Arica, en sectores muy costeros (dentro de las primeras dos millas náuticas), localizándose en la posición mas septentrional del período analizado. Posteriormente, entre los años 2000 y 2003, los CG se desplazan a las proximidades del río Loa, debido a las grandes abundancias que se registran en las zonas adyacentes al río Loa y a punta Lobos (21°00´S), respectivamente. Luego, en los últimos dos años, los CG se ubican al norte de Iquique, en una zona mas bien oceánica, lo que estaría indicando buenas densidades sobre las 10 mn de la costa en estos años (**Figura 121a**). Con respecto a las larvas, en términos generales se puede indicar que éstas poseen distribuciones espaciales bastante diferentes a los huevos y por lo tanto centros de gravedad distintos. No obstante lo anterior, se destaca que en 1997, al igual que en el caso de los huevos, el CG de las larvas se sitúo en la parte sur de la zona de estudio también debido a la influencia del evento ENOS. Por su parte en 1998 se continúa con el mismo patrón de comportamiento que en los huevos y el CG se observa en el sector norte de la zona. Sin embargo, a partir de 1999 el patrón cambia ya que en el período 1999-2002 los CG se emplazan en los alrededores del río Loa y en las áreas próximas a punta Lobos, Los años 2003 y 2004 presentan CG ubicados al norte de Iquique, en áreas oceánicas por sobre las 25 mn de la costa debido a las densidades relevantes que se registraron en estaciones ubicadas sobre las 20 mn de la costa. Finalmente, el presente año el CG vuelve a localizarse en las proximidades de punta Lobos (**Figura 121b**).

En los cruceros de primavera, los CG de huevos muestran un patrón de distribución bastante costero y se ubican en las primeras 10 mn de la costa. También se debe considerar que los CG se localizan preferentemente entre Iquique y punta Arenas,

con excepción del año 2001, año en que el CG se sitúo a la cuadra de Arica en las primeras 5 mn de la costa. Posteriormente, entre los años 2000 y 2003, los CG se desplazan a las proximidades del río Loa. Luego, en el año 2005, el CG se ubica al sur de Iquique, en una zona costera, lo que estaría indicando buenas densidades sobre las 10 mn de la costa en estos años (**Figura 122a**). Con respecto a las larvas, se destaca que los CG tienden a localizarse entre Iquique y el norte de Tocopilla. En este sentido, cabe destacar el año 2002 donde el CG de las larvas se sitúo en la parte sur de la zona de estudio, también debido a la influencia del evento ENOS. En los años posteriores, los CG continúan con el mismo patrón de comportamiento de los huevos y se observan al norte de punta Lobos (**Figura 122b**).

En los cruceros de verano los CG de huevos muestran un patrón de distribución bastante costero y se localizan en las primeras 5 mn de la costa, donde la mayoría de ellos se localizan en los alrededores de punta Lobos en sectores muy costeros especialmente en los últimos años (2004 y 2005) (**Figura 123a**). Con respecto a las larvas, en términos generales se puede indicar que éstas poseen distribuciones espaciales más oceánicas con tendencias a localizarse entre Iquique y el norte de Tocopilla. En este sentido, se destacan las posiciones de los años 2002 y 2003 en los cuales los CG de las larvas se ubican en el sector sur de la zona de estudio (**Figura 123b**).

## C. Objetivo específico 2.3

**"Caracterizar los recursos pelágicos presentes en la zona de estudio, mediante índices de abundancia relativa y de cobertura geográfica, en relación alas condiciones bio-oceanográficas"**

## 15. Calibración electroacústica

Los resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 de las embarcaciones B/I Carlos Porter y B/C Abate Molina, presentan variaciones inferiores a ±0,2 dB, confirmando a través del tiempo la estabilidad de ambos equipos (**Tabla 37**).

## 16. Distribución espacial de los recursos

### 16.1 Total de especies

Las especies detectadas en los cruceros realizados en el año 2005 (Mobio 0508/09-invierno; Mobio 0512-primavera) fueron anchoveta (***Engraulis ringens***), jurel (***Trachurus murphyi***), caballa (***Scomber japonicus***), pez linterna (***Vicinguerria lucetia***) y langostino (***Pleuroncodes*** sp). En verano (Mobio 0602) no se detectó la presencia del pez linterna y del langostino.

En todos los cruceros, la especie más frecuente fue la anchoveta con el 78,8%, 87,2% y 84,9% de las observaciones acústicas realizadas, respectivamente. El jurel estuvo presente en el 8,6%; 7,3% y 13,5% de las observaciones. En invierno (Mobio 0508/09) el pez linterna se registró en un 10,3% de las observaciones, decayendo al 3,3% en primavera (Mobio 0512), no registrándose en el verano (Mobio 0602). El langostino estuvo presente en el 2,0% de las observaciones en invierno (Mobio 0508/09) y primavera (Mobio 0512). La caballa estuvo presente en

los tres cruceros con aportes marginales que variaron entre 0,04% en la primavera (Mobio 0512) y 1,4% en el verano (Mobio 0602).

## 16.2 Anchoveta

El patrón típico de distribución espacial de la anchoveta (Braun ***et al.***, 1998; 1999) se ha caracterizado por presentar altas concentraciones del recurso en áreas neríticas que han aumentado su vinculación con la costa en los períodos primaverales y estivales y una distribución relativamente más oceánica en el invierno y otoño.

En los cruceros analizados en el presente caso, se repite la distribución más oceánica en invierno, período en que se detectó hasta las 80 mn de costa y una localización más restringida a la costa en la primavera donde se presentó en las primeras 5 mn, ampliándose sus límites occidentales en el verano donde las mayores densidades alcanzaron hasta las 40 mn frente a Arica (**Figura 124**).

Específicamente, en el invierno (Mobio 0508/09) la anchoveta presentó una distribución espacial oceánica, común para el invierno, aunque no se aprecia claramente la típica forma de cuña con la base en Arica. Su distribución se limitó principalmente entre Arica y Chañaral (26º20´S) con una presencia escasa y esporádica al sur de éste límite. En general, la anchoveta se caracterizó por una distribución espacial amplia que llegó hasta las 80 mn de costa, con una mayor cobertura espacial entre el paralelo 19º30´S (norte de Pisagua) y Mejillones, al norte y al sur de este sector la anchoveta tendió a ubicarse en focos de menor tamaño y en bajas densidades (**Figura 124a**). En este período, las mayores concentraciones de anchoveta, se registraron en dos grandes focos ubicados entre las 20 y 80 mn desde Pisagua a punta Gruesa (20º20´S) y entre las 3 y 60 mn desde bahía Chomache (21º10´S) al paralelo 22º15´S.

En la primavera (Mobio 0512), la localización de esta especie difiere notablemente de la registrada en el invierno, con una distribución esencialmente costera, registrándose en dos sectores principales. El primero, localizado en las primeras 5 mn de la costa entre Arica e Iquique; donde se incrementan las densidades acústicas hacia la mitad sur del sector, concentrándose entre Pisagua e Iquique y densidades medias entre Arica y Pisagua (**Figura 124b**). El segundo sector se presentó entre punta Grande (22º20´S) y Antofagasta, con agregaciones de bajas densidades.

En el verano (Mobio 0602) esta especie se presentó a lo largo de toda el área de prospección incrementándose el límite occidental respecto a la primavera hasta las 40 mn de la costa. Las mayores densidades se reportaron desde el norte de Tocopilla hasta caleta Atala (**Figura 124c**).

Como ya es típico en esta especie, en ambos cruceros el mayor número de cardúmenes se registraron durante las horas de luz diurna (6-18 hrs.) (**Figura 125**). En otoño se apreció la mayor presencia de ecotrazos entre las 09:00 y las 18:00 horas, pero las mayores densidades acústicas se registraron entre las 3:00 y las 6:00 am, esta situación es similar a la encontrada en el crucero de otoño del año 2003, y que difiere de oportunidades anteriores en que ha habido una escasa presencia de registros nocturnos de esta especie. En invierno también se aprecia que las mayores densidades se registraron en horas de la madrugada, anteriores a las 6 hrs.

## 16.3 Jurel

En términos generales, desde 1996 al 2002 el jurel en la zona Arica-Antofagasta se ha presentado en bajas densidades, tendiendo a aumentar su concentración en las cercanías de la costa en otoño y ocasionalmente en primavera y ocupando una mayor cobertura espacial en el invierno. En el período analizado en el presente caso (invierno y primavera de 2005 y verano de 2006), el jurel presentó una amplia

cobertura espacial y un relativo incremento de la asociación con la costa en la primavera (**Figura 126**).

Específicamente en el invierno el jurel se distribuyó en forma bastante similar a la anchoveta, registrándose entre la costa y las 100 mn desde Arica hasta Los Vilos, pero con una mayor preferencia entre Iquique (20º10´S) y Chañaral (26º20´S). Esta especie se caracterizó por sus bajas densidades y algunas agregaciones aisladas de densidad media (**Figura 126a**).

En la primavera esta especie se registró prácticamente en toda la zona prospectada, distribuyéndose en bajas densidades con cuatro sectores aislados de densidades relativamente altas (**Figura 126b**) Los sectores de mayor concentración se localizaron a 40 mn al oeste de caleta Patillos (20º43´S); 30 mn al oeste de Pisagua; 60 mn al oeste de punta Lobos (21º00´S) y 55 mn al oeste de punta Grande (22º20'S).

En el verano el jurel mantuvo la condición de distribución en bajas densidades, con una amplia cobertura espacial llegando hasta las 100 mn de la costa (**Figura 126c**). Los sectores de mayor presencia de jurel estuvieron emplazados desde Pisagua hasta el sur de punta Patache y el otro desde punta Atala hasta el sur de Antofagasta, con algunos registros esporádicos frente a Arica.

Al igual que la anchoveta, durante el invierno el mayor número de cardúmenes de jurel se detectaron en el período de luz diurna, centrándose entre las 12:00 y 15:00 hrs. En primavera se mantiene esta tendencia, mientras que en verano a partir de las 18:00 y hasta las 03:00 hrs se registra el mayor número de cardúmenes de esta especie (**Figura 125**).

## 16.4 Caballa

En los tres cruceros la caballa se presentó en forma aislada y en bajas densidades entre la costa y las 95 mn entre Arica y Antofagasta, variando su límite sur hasta punta Grande (22º30´S) en el crucero de invierno (**Figura 127**).

La profundidad promedio de la caballa varió entre 15,8 m (>9, <27 m,) en el invierno; 13,1 m (>11, <17,5 m) en primavera y 14,28 m (>9, <23 m) en el verano. En invierno, más del 80% de los cardúmenes estuvieron entre 20 y 30 m; en primavera el 100% estuvieron entre 10 y 20 m y en el verano el 91,78% de los cardúmenes se registraron entre 10 y 20 m (**Figura 128**).

Las temperaturas promedio en invierno fueron de 16,3º C y rangos entre 13,8 y 17,2º C, ubicándose el 76,5% de los cardúmenes entre 17 y 18º C. En primavera las temperaturas promedio fueron de 17,2º C y rangos entre 15,41 y 20,18º C, mientras que en verano las temperaturas promedio fueron de 17,28º C y rangos entre 13,8 y 24,4º C, ubicándose el 64,38% de los cardúmenes entre 16 y 18º C (**Figura 129**).

Las salinidades promedio en invierno fueron de 34,99 psu (<34,56, 35,17 psu>) y con más del 80% de los cardúmenes centrados entre 34,8 y 35,1 psu; en primavera alcanzaron a 34,699 psu (<34,509, 34,916 psu>), localizándose el 57,1% de los cardúmenes entre 34,6 y 34,7 psu y el 42,9 % entre 34,9 y 35,0 psu y en verano las salinidades promedio fueron de 34,74 psu (<34,542, 34,889 psu >), situándose el 93,15% de los cardúmenes entre 34,7 y 34,9 psu (**Figura 130 y Tabla 38**).

En invierno el mayor número de cardúmenes de esta especie se registra entre las 12:00 y 18:00 hrs; en primavera esta condición se detecta entre las 15:00 y 21:00 hrs, mientras que en verano se registra una mayor importancia de los horarios nocturnos y de las primeras horas del día (00:00 a 09:00 hrs) (**Figura 125**).

## 16.5 Pez linterna

En el invierno esta especie se registró preferentemente al norte de Mejillones, presentando dos patrones de distribución; entre Arica e Iquique se manifestó en focos aislados de densidad baja ubicados entre la costa y las 15 mn; mientras que entre Iquique y Mejillones, su distribución se hizo más continua, localizándose entre las 50 y 90 mn de la costa, apreciándose algunos focos de mayor densidad (22º10´S) (**Figura 131**). En la primavera el pez linterna estuvo en forma aislada en 4 sectores de densidad media localizados entre 8-10 y 80 mn al oeste de Pisagua; a 4 mn de punta Arenas (21º40´S) y a 47 mn de Antofagasta. En verano esta especie no se detectó.

Verticalmente en invierno, esta especie presentó una amplia distribución variando entre 26 y 249 m, con promedio de 92,7 m, mientras que en primavera se localizó en una profundidad promedio de 64,8 m variando entre 18 y 183,5 m (**Tabla 38**).

Esta distribución vertical estuvo asociada a las isoterma promedio de 13,7º C (<10,4, 15,4º C >), en invierno y 15,3º C (<11,98, 20,41º C>) en primavera.

Las salinidades promedio en invierno fueron de 34,79 psu (<34,51, 34,94 psu >), apreciándose una reducción respecto a los valores preferenciales registrados en anteriores oportunidades. En primavera las salinidades promedio fueron 34,823 psu (<34,716, 35,143 psu >).

Históricamente este pez ha registrado las mayores densidades acústicas promedio en invierno (3.488,8±114,04) y primavera (3.300,2±48,57), reduciéndose de manera importante en otoño (315,0±18,17) y verano (930,3±74,49) (**Tabla 39**).

### 16.6 Langostino (*Pleuroncodes sp*)

En los cruceros de invierno y primavera tuvo una presencia esporádica en la zona de estudio, registrándose en invierno entre la costa y las 40 mn desde punta Baquedano a Tocopilla y en primavera, en sectores costeros entre punta Lobos (21º00´S) y Tocopilla (**Figura 132**). La profundidad media de esta especie alcanzó a 13,1 m; temperaturas medias de 15,9º C y salinidades de 34,870 psu (**Tabla 38**).

## 17. Distribución vertical estacional de anchoveta y jurel respecto a las variables hidrográficas. Período 1994-2005.

### 17.1 Batimetría

Las profundidades medias en las que se ha distribuido la anchoveta en el período 1994-2005, exceptuando el año 1997 en otoño, invierno y primavera y 1998 en verano, han sido de 19,5 m (±7,5 m) en otoño; 17,0 m (±3,27 m) en invierno; 14,5 m (±5,45 m) en primavera y 12,83 m (±2,19 m) en verano (**Tabla 39; Figura 133**). El Niño 1997-98 afectó a la profundización de la anchoveta, detectándose en el invierno y primavera de 1997 con valores promedio de 31,36 m (±7,96 m) y 50,82 m (±7,91 m), respectivamente, alcanzando el máximo valor promedio en el verano de 1998 con 58,25 m (±5,94 m) y otoño con 51,54 m ±6,33 m. En el invierno y primavera de 1998 las profundidades medias empezaron a disminuir siendo de 15 y 8,5 m, respectivamente. La mayor profundización de esta especie fue más notable en los límites máximos de los rangos, puesto que en 1997 aumentó desde 73,0 m en el otoño a 109,0 m en invierno y 117 m en primavera. Durante el verano de 1998 se registraron

las mayores profundidades de esta especie, siendo de 130 m, volviendo paulatinamente a niveles normales en las estaciones posteriores, con 93,0 m en otoño, 52,0 m en invierno y 59,0 m en primavera.

En los cruceros considerados en el período 2005-2006, la anchoveta se localizó preferentemente en los primeros 20 m de profundidad, con valores medios que fluctuaron entre 12,2 m (±0,68 m) en el verano y 16,4 m (±0,54 m) en invierno (**Figura 128** y **Tabla 38**).

En invierno entre Arica y Antofagasta el 88% de los ecotrazos y de las densidades acústicas mayores estuvieron entre 20 y 30 m. Al sur de punta Amarilla la anchoveta se localizó en profundidades levemente mayores, con promedio de 18 m y extremos entre 7,5 y 39,5 m. En este caso se mantiene dentro del rango de variación observado en los inviernos del período 1996-2005 (>13,8; >18,9 m).

En la primavera, esta especie se localizó en profundidades promedio de 13,9 m variando entre 8 y 32 m concentrándose el 91,6% de los cardúmenes y de las densidades acústicas en el estrato entre 10 y 20 m. Estas profundidades fueron levemente más someras, que los valores históricos registrados para las primaveras del período 1996-2005 (3,5 m<14,5< 52 m) manteniéndose dentro del rango de variación.

En el verano la anchoveta se ubicó en profundidades promedio de 12,21 m variando entre 7 y 55,5 m concentrándose el 92,9% de los cardúmenes y de las densidades acústicas en el estrato entre 10 y 20 m. En este caso (Mobio 0602), se observa que la especie se localizó en estratos similares a los valores históricos “normales” (3,5 <17,2<69,5 m) pero con una alta variabilidad aportada por la mayor dispersión batimétrica de algunos cardúmenes.

En el caso del jurel, las profundidades en períodos “normales” han fluctuado entre 52,7 m (±8,1 m) en otoño; 24,9 m (±4,06 m) en invierno; 30,2 m (±9,54 m) en primavera y 21,3 m (±7,85 m) en verano (**Figura 133, Tabla 39**). Sin embargo, los límites superiores del rango son mayores en primavera, variando entre 6,5 y 59,5 m en verano, 5 y 48,5 en otoño, 5 y 40,5 en invierno y 7 a 144 en primavera. El Niño 1997-98, también afectó la distribución batimétrica de esta especie, notándose, al igual

que en anchoveta, a partir del invierno y primavera de 1997, un aumento en las profundidades medias, las que variaron entre 69,2 m (±10,05 m) y 81,9 m (±7,8 m) en dichas estaciones llegando a un máximo de 135,7 m (±3,98 m) en el otoño de 1998. Este cambio fue más notorio en los límites máximos de los rangos de profundidad, puesto que durante 1997 se registró en niveles cercanos a los 143 m (otoño e invierno) y 184,5 m en la primavera alcanzando un máximo histórico de 233 m en el otoño de 1998.

En el invierno entre Arica y Antofagasta, el jurel presentó una distribución vertical promedio de 22,0 m (<8,0; >79,5 m), registrándose las mayores frecuencias de las agregaciones (84%) en el estrato 20-30 m (**Tabla 38; Figura 128**). Esta profundidad media (22 m) se encuentra dentro del rango de fluctuación típica para la estación (profundidades medias entre 15 y 32,9 m, con mínimos entre 5 y 16 m y máximos entre 29,5 y 59,5 m, pudiendo alcanzar hasta los 142,5 m en casos anormales o excepcionales como 1997 y 2001, apreciándose un leve aumento de los límites superiores de la distribución batimétrica, situación que se aprecia desde el invierno de 2003 (**Figura 133**).

En la primavera, el jurel presentó una distribución vertical promedio de 24,0 m (<9.5; >128m), registrándose las mayores frecuencias de las agregaciones (95%) en el estrato 20-30 m (**Tabla 38; Figura 133**). En el presente caso, la profundidad media (24 m) se encuentra dentro del rango de fluctuación típica de este indicador para la primavera (profundidades medias de 30,3 m, con mínimos de 7 m y máximos de 184,5 m), apreciándose un leve aumento de los límites superiores de la distribución batimétrica, situación que se aprecia desde el año 2002.

En el verano, el jurel presentó una distribución vertical promedio de 27,92 m (<7.5; >120 m), registrándose las mayores frecuencias de las agregaciones (61,8%) en el estrato 20-30 m (**Tabla 38; Figura 133**). En el presente caso, la profundidad media (27,29 m) se encuentra en un rango de fluctuación más amplio que el valor histórico de los períodos estivales normales (profundidades medias de 21,1 m, con mínimos de

6,5 m y máximos de 61,5 m), apreciándose un importante aumento de los límites inferiores de la distribución batimétrica, alcanzando los 120 m. (**Figura 128**).

## 17.2 Temperatura

Las temperaturas promedio de anchoveta, en períodos normales, presentan una leve estacionalidad, siendo menores en invierno, con un promedio de 15,2º C (±1,42º C) (**Figura 134; Tabla 39**) con rangos entre 13,0 y 18,2º C. Mientras que en verano, otoño y primavera los promedios fueron 16,8 (±3,02º C), 16,2 (±2,49º C) y 16,1º C (±0,27º C), respectivamente con rangos entre 12,9 y 25,5º C. El Niño 1997-98 incrementó las temperaturas promedio de distribución de la anchoveta, en invierno y primavera de 1997 en alrededor de 2,7º C (17,9º C en invierno y 18,7º C en primavera); 0,82º C en verano (17,7º C) y 0,46º C en el otoño (15,7º C) (**Tabla 39**). Llama la atención el brusco cambio que se aprecia en las temperaturas registradas en los veranos del período previo al 2001, en que el promedio fue de 18,2º C (±2,71º C) y a partir del 2002 en que el promedio fue de 15,1º C (±1,57º C) (**Figura 134**).

La temperatura promedio en que se localizó la anchoveta en invierno fue de 15,5ºC y extremos entre 12,7 y 17,3º C, disminuyendo a promedio de 14,3º C (mín 12,3 y máx 15,6ºC) al sur de Antofagasta. El número de agregaciones al norte de Antofagasta, que se distribuyeron respecto a la temperatura presenta una amplia distribución (85,5%), centradas entre las isotermas de 14 y 17º C (**Figura 129; Tabla 38**), estos valores se encuentran dentro del rango histórico de los inviernos (12,7 < 14,7- 15,8º C < 18,2º C).

En primavera la distribución batimétrica de la anchoveta estuvo asociada a isotermas promedio de 15,7º C y extremos entre 13,1 y 20,8º C. El 84,5% de las agregaciones estuvieron centradas entre las isotermas de 15 y 18º C (**Figura 129; Tabla 38**). Estas temperaturas promedio son levemente inferiores a los promedios históricos (16,1º C ±0,27º C y rangos entre 12,9 y 25,5º C).

En verano las isotermas promedio de distribución de la anchoveta alcanzaron a 15,76º C y extremos de 13,3 y 21,2º C. El 91,5% de las agregaciones estuvieron centradas entre las isotermas de 15 y 18º C (**Figura 129; Tabla 38**). Estos valores fueron menores al promedio histórico 1997 – 2006, que alcanza los 16,8°C (±1,59ºC). En este caso (Mobio 0602), la temperatura promedio (15,8° C) es comparable a la misma temporada del 2004 (15,7º C) y 2002(15,4 º C) siendo inferior a los valores registrados entre 1998 y 1999 (17,7º C), 2000 (18,2º C) y 2001 (19,2º C) (**Figura 134**).

En invierno la distribución vertical del jurel estuvo asociada a las isotermas de 15,7ºC (< 13,0º C; > 17,1º C) (**Tabla 38**), centrándose la mayor frecuencia de cardúmenes (83%) entre los 15,5 y 16,5º C. Estas temperaturas se encuentran dentro de los rangos históricos (promedio entre 15,0 y 16,5º C y límites extremos de 12,1 y 18,4º C). En el invierno de 2005, se verifican condiciones promedio y rangos dentro de los valores históricos (**Figura 129**).

En primavera la distribución vertical del jurel estuvo asociada a las isotermas promedio de 16,1º C (<12,58º C; > 21,1º C) (**Tabla 38**), centrándose la mayor frecuencia de cardúmenes (69%) entre los 15 y 17º C (**Figura 129**), valor que fue levemente mayor que el promedio histórico del jurel en la primavera en períodos normales (15,9º C), pero que se encuentra dentro del rango de variación (11 - 23ºC). (**Figura 134**).

En el verano las isotermas promedio fueron 17,67º C (<12,7º C; > 24,5º C), presentándose la mayor frecuencia de cardúmenes (57,5%) entre los 15 y 18º C.

Este resultado es comparable a la misma temporada de 2004 y 2006 (17,7º C) y 2000 (17,6º C) siendo inferior a los valores registrados entre 1998 (21,0º C) y 1999 (18,5º C), 2001 (19,7º C) y superior a los años 2002 (15,6º C) y 2002 (16,8º C) (**Figuras 129** y **134**).

### 17.3 Salinidad

Las salinidades promedio típicas en que se distribuye la anchoveta presenta las mayores diferencias entre el invierno (34,808±0,17 psu) y el verano (34,700±0,23 psu) (0,108 psu), existiendo leves desviaciones (<0,06 psu) entre otoño (34,748 ±0,33 psu), primavera (34,762 ±0,27 psu) y el verano (**Tabla 39**). Los datos atípicos, se presentaron durante todo 1997 hasta el invierno de 1998, con aumentos en los promedios, los que se ubicaron entre 34,9 en los otoños de 1997 y 1998, llegando a un máximo de 35,2 psu en la primavera de 1997 (**Figura 135**).

Los rangos son levemente más estrechos en el invierno, que con las excepciones ya indicadas, se ubican entre 34,3 y 35,2 psu, mientras que en los períodos excepcionales los rangos estuvieron entre 34,6 y 35,6 psu, siendo mayores en el otoño e invierno de 1998. Es interesante destacar que en los veranos posteriores a 1999 las salinidades presentan la tendencia a aumentar discreta y sostenidamente variando entre 34,618 psu en 1999 y 34,814 psu en 2004.

Las salinidades promedio de la distribución vertical de anchoveta en el verano de 2005 fueron de 34,9 psu (<34,2; >34,5 psu) entre Arica y Antofagasta, registrándose el 68% de los cardúmenes entre 34,8 y 35,0 psu. (**Figura 135**). Las salinidades promedio típicas en que se distribuye la anchoveta han sido históricamente estables presentando leves diferencias estacionales, variando entre 34,6 y 34,8 en otoño-invierno. Los datos atípicos, se presentaron durante todo 1997 hasta el invierno de 1998, con aumentos en los promedios, los que se ubicaron entre 34,9 en los otoños de 1997 y 1998. Los rangos son levemente más estrechos en el invierno, que con la excepción del invierno de 1997, se ubican entre 34,3 y

35,2 psu. En el invierno de 2005, las salinidades promedio son levemente mayor al valor histórico (34,8 psu) (**Figura 130**). Al sur de Antofagasta, las salinidades tendieron a ser levemente inferiores a los de la zona norte, con un promedio de 34,6 psu (<34,2 y >34,7 psu) (**Tabla 38**).

En la primavera las salinidades promedio de la distribución vertical de anchoveta fueron de 34,623 (<30,025; >35,137 psu), registrándose el 80,2% de los cardúmenes entre 34,7 y 34,9 psu. (**Figura 130**). Este valor promedio es levemente inferior al promedio histórico típico de esta estación (34,762 $\pm$0,27 psu), manteniéndose dentro del rango de variación. Los datos atípicos, se presentaron durante todo 1997 hasta el invierno de 1998, con aumentos en los promedios.

En verano de 2006 las salinidades promedio de la anchoveta fueron de 34,769 (<34,49; >34,949 psu), registrándose el 91,2% de los cardúmenes entre 34,7 y 34,9 psu. (**Figura 130**). Este valor promedio es levemente superior al promedio histórico típico en verano (34,722 $\pm$0,131 psu), manteniéndose dentro del rango de variación (**Figura 135**).

El jurel en invierno registró salinidades promedio de 34,84 psu (< 35,16; > 30,32 psu), apreciándose que el 69% de los cardúmenes se ubicaron entre 34,8 y 35,1 psu. En esta estación, las salinidades también corresponden a las condiciones típicas del recurso en invierno, con media similares a los registros históricos, pero con una leve tendencia a ampliarse los extremos superior e inferior.

En primavera la salinidad promedio fue de 34,581 psu (>30,125; < 35,117 psu), apreciándose que el 89,6% de los cardúmenes se ubicaron entre 34,7 y 35,0 psu. Las salinidades promedio en las primaveras de la serie 1997-2003 han variado entre 34,776 psu, mínimos de 34,285 psu y máximos de 35,532 psu (**Figura 135**). En el presente crucero, las salinidades promedio fueron inferiores al promedio histórico y confirma la tendencia negativa de los últimos tres cruceros primaverales

anteriores. Del mismo modo, el rango de las salinidades fue el mayor de la serie disponible.

En verano, la salinidad promedio fue de 34,721psu (>34,462; < 35,462 psu), apreciándose que el 70,43 % de los cardúmenes se ubicaron entre 34,7 y 34,9 psu. En este caso, las salinidades promedio fueron similares a la media histórica que se presentó (34,167 psu < 34,746 psu < 35,595 psu), siendo similares a los registrados en los años 2000 y 2002, y es ligeramente inferior al año 2004 (**Figura 130**).

## 17.4 Índices de Cobertura y Densidad

En invierno en la zona Arica-Antofagasta, la anchoveta fue la especie que ocupó el mayor espacio con un IC de 6,43%, seguido por el jurel con 4,66%. Inversamente el langostino fue la especie más restringida con un 0,07%. Entre Antofagasta y Pichidangui el jurel ocupó un mayor espacio (3,73%) que la anchoveta (2,35%) (**Tabla 40**).

En primavera la anchoveta registró un IC de 19,7%, seguido por el jurel con 8%, el langostino con un 1,9%; el pez linterna con un 0,9% y la caballa con un 0,2% (**Tabla 41**).

En verano la anchoveta presentó un IC de 16,64%, seguido por el jurel con 8,93%, la caballa con un 2,46% y la jibia con un 0,31% (**Tabla 42**).

En el invierno los mayores ID en la zona Arica-Antofagasta, lo presentaron el langostino y pez linterna con 205,3 y 165,6 t/mn$^2$, respectivamente, mientras que la anchoveta y el jurel presentaron ID de 133,1 y 19,4 t/mn$^2$, respectivamente. Entre Antofagasta y Pichidangui se aprecia que la densidad de anchoveta se duplicó (266,7 t/mn$^2$) respecto a la zona norte, con un leve incremento en el caso del jurel (**Tabla 40**).

En la primavera los mayores ID, lo presentaron la anchoveta y ***Vicinguerria*** con 275,6 y 175,4 t/mn$^2$, respectivamente, mientras que el jurel; el langostino y la caballa presentaron ID de 36,3; 54,2 y 6,8 t/mn$^2$, respectivamente (**Tabla 41**).

En el verano los mayores ID, lo presentó la anchoveta con 129,3 t/mn$^2$ mientras que el jurel; la caballa y la jibia presentaron ID de 36,7; 14,8 y 13,3 t/mn$^2$, respectivamente (**Tabla 42**).

La evolución histórica interestacional de los índices de cobertura (**IC**) de anchoveta en el período 1996-2004, presenta tres etapas (**Figura 136**):

- entre los inviernos de 1996 y 1997 caracterizado por su relativa estabilidad en sus valores variando entre 11 y 18,1%;
- entre el verano y primavera de 1998 en que se presenta un período de crecimiento alcanzando hasta un máximo de 47,3% en el otoño de 1998 y,
- una caída a valores de 1,8% en 1999 y una recuperación lenta y sostenida a partir del invierno de 2000 hasta alcanzar un máximo relativo en la primavera de aquel año (Mobio 0212) con 16,67%.

Históricamente los más altos valores de los IC de anchoveta se han registrado en los períodos de primavera-verano, siendo particularmente notoria en el otoño de 1998 (9803) en que se registra el IC más alto de la serie con un valor cercano al 49% y en la primavera de 1998 (9812) con un IC levemente superior al 30%. Las primaveras de 2000, 2001 y 2002 también presentan valores relativamente altos de IC junto con el verano del año 2000 (0002). Sin embargo es notable el incremento en el IC en el invierno de 1997, con un valor cercano al 20%, asociado a las alteraciones asociadas a “El Niño” 1997-98: Este índice se mantuvo alto en todo el período que estuvo presente “El Niño” 1997-98 (primavera-1997 y verano-otoño de 1998). En el invierno de 2004 se verifica un incremento del IC del 50,5% respecto a

la misma estación del 2002 y del 61% en relación al 2003 (**Figura 136**). En este caso, el incremento relativo del IC de invierno, aparentemente no es debido a alteraciones ambientales, pudiendo asociarse a una tendencia positiva, situación que se ha presentado a partir del año 2002.

Los IC de jurel en el período 1996-2003 presentan dos etapas (**Figura 136**):

- La primera registrada antes del invierno de 1998 (1996-98), en que los IC se caracterizaron por una fuerte inestabilidad entre los distintos cruceros, con valores máximos que alcanzaron el 25,3% (Mobio 9805 FII) ó 19,7% (Mobio 9708) y mínimos del 2,5% (Mobio 9705); 1,6% (Mobio 9895 I) y 1,2% (Mobio 9808) y

- Una segunda que se registró a partir del invierno de 1999 (Mobio 9909) en que los IC se han caracterizado por la desaparición de los valores más altos presentes en la etapa anterior, variando entre 0,8 y 12,3%.

Los índices de densidad (**ID**) de anchoveta también presentan tres períodos (**Figura 136**):

- Entre el invierno de 1996 hasta la primavera de 1998, con valores que fluctuaron entre 105,7 y 191,2 t/mn² con mínimos de 46,8 t/mn² (Mobio 9803), 82,6 t/mn² (Mobio 9708) y 54,2 t/mn² (Mobio 9808).

- A partir del otoño de 1999 (Mobio 9905) y hasta el otoño del 2001 (Mobio 0105) se registraron los valores más altos en los ID variando entre 415,5 t/mn² y 662,6 t/mn², con un mínimo en la primavera de 2000 (Mobio 0009) en que se registró un ID de 66,7 t/mn$^2$.

- Entre el invierno de 2001 (Mobio 0109) y el invierno de 2002 (Mobio 0209) se aprecia un período de estabilidad en este indicador, fluctuando entre 179,3 t/mn$^2$ y 230 t/mn$^2$. En el verano de 2003 (Mobio 0302), se vuelve a registrar un incremento en el ID, alcanzando un valor de 375,1 t/mn$^2$ que con la excepción de la situación registrada en el otoño de 2003 (Mobio 0305) se puede distinguir un período de crecimiento en el ID.

El ID de jurel registrado desde 1996, presenta cuatro etapas (**Figura 136**):

- La primera entre 1996 y el invierno de 1998 (Mobio 9808) en que sus valores variaron entre 8,9 y 52,1 t/m$^2$, con un máximo de 110,7 t/m$^2$.

- La segunda se presentó entre el invierno de 1999 (Mobio 9909) y el otoño del 2000 (Mobio 0005) con ID entre 213,4 y 683,4 t/mn$^2$.

- La tercera etapa se presentó entre los inviernos de 2000 y 2001 con ID que fluctuaron entre 80,2 y 195,4 t/mn$^2$.

- Una cuarta etapa que se presenta a partir de la primavera de 2001 (Mobio 0112), que se caracteriza por una tendencia decreciente en los ID, variando entre 124,6 t/mn$^2$ en la primavera de 2001 y 50,0 t/mn$^2$ en la primavera de 2002 (Mobio 0212).

## D. Objetivo específico 2.4

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

## 18. Condiciones oceanográficas

### 18.1 Temperatura

En Arica **(Figura 137a, Tabla 43),** la serie de temperatura vertical del período junio-septiembre 2005 registró un aumento de los valores en toda la columna de agua durante los meses de junio y julio, alcanzando la isoterma de 15°C una profundidad de 35 m, que corresponde al máximo observado nivel desde marzo del 2003. La TSM del mes de junio llegó hasta los 17,2°C, valor más alto de los últimos 5 meses. Posteriormente, la temperatura vertical disminuyó hasta alcanzar un mínimo en el mes de septiembre, llegando la isoterma indicada hasta un nivel de sólo 5 m.

El período octubre-diciembre de 2005, presentó durante los dos primeros meses valores > 15°C en superficie, similares a los observados en el mes de septiembre anterior, sin embargo, a nivel subsuperficial, bajo los 10 m de profundidad, se registró una disminución de temperatura de 1°C respecto a septiembre y de 2°C respecto de agosto, midiéndose entonces en esta oportunidad valores menores a 13°C. Por el contrario, el mes de diciembre significó un aumento brusco de temperatura en toda la columna de agua y en particular en la capa de los primeros 20 m respecto a los dos meses anteriores. Este mes se registraron TSM de 21°C, extendiéndose una capa cálida de valores mayores a 20°C hasta los 10 m de profundidad, y formando una intensa termoclina hasta los 25 m. No hubo en diciembre información bajo los 30 m lo que no permitió observar si las temperaturas menores a 13°C se presentaron en éste mes en la vertical hasta los 50 m.

Las TSM de enero a marzo señalaron el calentamiento estacional de verano, el que afectó principalmente los primeros 20 m de la columna de agua. La TSM fue de 19,9°C, ubicándose la termoclina entre los 6 y 20 m con un gradiente máximo de 1,54°C/m en el nivel de 10 m. La isoterma de 15°C se localizó en los 17 m. Bajo los 20 m y hasta los 50 m la temperatura estuvo en el rango de 14,2 a 13,2°C. En febrero, la TSM fue de 21,6°C, formando una termoclina que abarcó desde el nivel de 4 m hasta los 14 m con un gradiente máximo de 2,6°C/m, medido en los 6 m de profundidad. La isoterma de 15°C se ubicó en los 12 m. En marzo, la TSM fue de 20,3°C y la termoclina se ubicó entre los niveles de 3 y 17 m con un gradiente máximo de 1,5°C/m en el nivel de 12 m. La isoterma de 15°C se ubicó en el nivel de 16 m. El mínimo térmico se registró en el nivel de muestreo de 47 m y fue de 13,5°C. La capa superficial de los primeros 5 m continuó en este mes con temperaturas mayores a 19°C.

La localidad de Iquique **(Figura 137b, Tabla 43),** presentó en junio y julio a la isoterma de 15°C ubicada en el nivel de 22 m. La TSM desde junio a julio fue superior a los 16°C. La distribución de temperatura de los meses de septiembre y octubre mostró un descenso de los valores de esta variable, en particular por la aparición en octubre de valores menores a 13°C bajo el nivel de 20 m, condición que no se registraba en esta localidad desde noviembre de 2002.

En octubre y noviembre se presentaron en los primeros 10 m temperaturas similares a las de septiembre, entre 14° y 15°C, y desde los 20 m hacia abajo se midieron valores de temperatura inferiores a 13°C, produciendo una notoria diferencia térmica respecto a lo observado en los meses anteriores. Diciembre, por su parte, tuvo un aumento de las temperaturas en superficie hasta valores > 17°C, aumentando también los valores en la columna de agua donde no se encontraron, este mes, valores inferiores a 13°C.

En enero, la TSM fue de 16,8°C, registrando la columna de agua dos termoclinas. La primera se extendió desde la superficie hasta los 5 m con un gradiente máximo de 0,5°C/m en los 4 m y la segunda entre los 16 y 22 m, con un gradiente máximo de 0,6°C/m en los 20 m. La isoterma de 15°C se ubicó en los 18 m. En el nivel de 50 m se registró una temperatura de 12,9°C. En febrero, Iquique registró una TSM de 16,9°C, una termoclina débil ubicada entre los 4 y 13 m, que tuvo un máximo gradiente térmico de 0,4°C/m. La isoterma de 15°C se ubicó en los 10 m. En marzo se registró una TSM de 16,8°C. La termoclina se registró muy estrecha, con sólo 4 m de espesor y un gradiente máximo de 0,35°C/m en los 3 m. La isoterma de 15°C se presentó en los 19 m de profundidad.

En Mejillones **(Figura 137c, Tabla 43)** se midieron TSM por sobre los 15°C en junio y julio, descendiendo a 14,5°C en septiembre, para repuntar luego en octubre a > 15°C. En junio, la isoterma de 15°C se ubicó hasta los 24 m, sin embargo ascendió rápidamente en los meses siguientes, desapareciendo sólo en septiembre. Las isotermas de 13° y 14°C también mostraron un ascenso brusco en los últimos meses y se midieron bajo los 10 m temperaturas menores a 13°C.

En el mes de octubre se registró una disminución de temperatura en toda la columna de agua, incluyendo la capa superficial, donde la TSM fue de 15°C. En diciembre se registró un aumento de las temperaturas en la columna de agua, alcanzando en superficie valores de 17,8°C, sin embargo, a diferencia de Arica y Mejillones se mantuvieron los valores inferiores a 13°C bajo los 35 m.

La TSM de enero fue de 21°C. La termoclina se ubicó entre la superficie y los 10 m, con 3°C/m en el nivel de 8 m. La isoterma de 15°C se localizó en los 18 m. Esta localidad registró en febrero una TSM de 19,7°C, mientras que en la vertical la termoclina se ubicó entre los 8 y 12 m con un gradiente máximo de 0,29°C/m en los 10 m de profundidad, nivel en que se localizó también la isoterma de 15°C. En marzo, la TSM de esta estación registró una disminución respecto de los dos meses anteriores pues, con un valor de 17,2°C, significó una disminución de 2°C

respecto a lo medido en el muestreo de febrero pasado. En la columna, de agua la termoclina se registró débil y delgada abarcando desde la superficie hasta los 4 m, con un gradiente máximo de 0,32°C en el nivel de 2 m. La isoterma de 15°C se ubicó también en los 2 metros, lo que fue 8 m más superficial que lo observado en el muestreo anterior. En el nivel de mayor profundidad la temperatura fue de 12,9°C. No obstante lo anterior, en los últimos 20 m la temperatura fue levemente mayor que en febrero, registrándose en esta oportunidad valores térmicos menores de 13° sólo desde los 38 m hacia abajo.

## 18.2 Salinidad

En la variable salinidad, durante el período junio-septiembre se observó una distribución vertical similar en las estaciones de Arica e Iquique **(Figura 138a** y **b; Tabla 43)**. En estas localidades los valores fueron relativamente homogéneos en la vertical y en el tiempo, predominando ampliamente el rango 34,8 a < 35,0 psu, con la aparición poco frecuente de pequeños núcleos de salinidad sobre 34,9 psu.

Entre octubre y diciembre, las estaciones de Arica e Iquique mostraron una distribución similar de valores de salinidad, ambas con un predominio de valores en el rango de 34,8 a 34,9 psu, excepto en Arica en el mes de diciembre que registró un leve aumento a valores por sobre los 34,9 psu en los primeros 10 m. En general este período fue muy similar a lo registrado en los meses de agosto y septiembre anteriores.

En enero de 2006, la salinidad de superficie en Arica fue de 34,88 psu, registrándose un mínimo subsuperficial de 34,78 psu en los 10 m, aumentando luego el valor de ésta variable hacia el fondo (50 m) hasta 34,87 psu. En febrero, esta variable nuevamente registró en la columna de agua valores en un rango de variación de 0,1 psu, con un mínimo de 34,79 psu en superficie y de un máximo de 34,89 en los 12 m. En el nivel de muestreo máximo de 40 m, la salinidad fue de 34,86 psu. En marzo, se midió un valor de 34,6 psu en superficie, el cual fue el

valor más bajo registrado en los últimos dos años. La disminución de salinidad se midió también en la columna de agua con valores entre 34,7 y 34,8 psu hasta los 30 m. El máximo subsuperficial se ubicó en los 47 m y fue de 34,83 psu. Como se indicó, los valores de salinidad medidos en la columna de agua durante marzo fueron los más bajos del período de verano de 2006.

Para Iquique **(Figura 138b, Tabla 43),** la salinidad superficial de enero tuvo un valor de 34,73 psu, aumentando gradualmente en la vertical hasta los 34,86 psu en el nivel de máximo muestreo de 50 m. La salinidad de febrero registró en superficie un valor de 34,80 psu y en los 50 m fue de 34,89 psu, los que corresponden al mínimo y máximos observado en la vertical, respectivamente. En marzo, la salinidad de superficie para esta estación fue de 34,74 psu, en la columna de agua desde los cero hasta los 25 m estuvo en el rango de 34,7 a 34,8 psu, aumentando en 0,1 psu el rango desde ese nivel hacia el fondo, con un máximo de 34,84 psu en los 49 m. En este mes, la salinidad en la columna de agua que abarcó los primeros 25 m fue menor en hasta 0,1 psu respecto a lo medido en los dos meses anteriores, principalmente entre los 10 y 25 m.

La estación de Mejillones **(Figura 138c, Tabla 43)** durante el período junio-septiembre registró un rango de valores de salinidad de entre 34,7 a 34,9 psu, predominando en la capa de los primeros 30 m registros entre 34,7 y 34,8. En el período señalado se registró una escasa variación temporal. Entre octubre y diciembre, la salinidad tuvo un rango de valores en la vertical mucho más bajo pero más amplio que el del mes anterior, registrando en esta oportunidad salinidades de 34,5 a 34,8 psu. El mes de noviembre no contó con datos de salinidad en esta estación, sin embargo, se apreció entre octubre y diciembre una disminución de los valores entre 0,1 a 0,2 psu en el estrato de superficie a los 25 m.

En enero, la salinidad superficial de fue de 34,66 psu. En febrero, hubo un valor mínimo en superficie de 34,69 m y máximo de 34,85 psu en los 50 m. En la columna de agua, valores superiores a 34,80 psu se registraron sólo desde los 31

m hacia abajo, por lo que esta localidad tuvo en febrero la menor salinidad de las tres en estudio. Por otro lado, valores similares de esta variable se registraron también en la vertical en el muestreo de los dos meses anteriores.

En marzo, la salinidad en superficie para esta estación fue de 34,5 psu, que es 0,2 psu menor a lo medido en el mes anterior. Sin embargo, desde los 5 m hacia abajo los rangos de valores de salinidad en la columna de agua fueron similares a los medidos en febrero. En este caso, bajo los 25 m se registraron salinidades mayores a 34,8 psu con un máximo de 34,81 psu en el nivel más profundo de muestreo. En general, en febrero y marzo hubo mayores salinidades desde el nivel de los 30 m hacia abajo

### 18.3 Oxígeno Disuelto

En Arica **(Figura 139a; Tabla 43),** la distribución de OD entre junio y agosto presentó una capa óxica (> 5 mL/L) continua, con un espesor que se mantuvo entre los 6 y 10 m aproximadamente. En septiembre los valores subóxicos interceptaron la superficie con un valor de 4,8 mL/L. Por otra aparte, en junio, los valores subóxicos se profundizaron, sin registrarse en esa oportunidad el límite superior de la capa de mínimo OD (LSCMOD, isolínea de 1 mL/L). Desde julio el LSCMOD disminuyó su profundidad hasta alcanzar aproximadamente los 18 m en septiembre.

En octubre y noviembre, la capa óxica presentó altos valores de OD (> 6 mL/L), con un espesor de 6 m mientras que el LSCMOD, en estos dos meses, se mantuvo cercano a los 20 m. En diciembre, los valores superficiales descendieron a menos de 6 mL/L, y aumentó el espesor de la capa a 12 m aproximadamente y aumento la profundidad del LSCMOD, ubicándose en esta oportunidad por debajo de los 20 m.

En enero los valores de OD presentaron una capa bien oxigenada desde superficie hasta los 14 m, donde se midieron valores > 7 mL/L. En febrero los valores de OD

disminuyeron dentro de la capa de los primeros 30 m, registrándose en los primeros 6 m los concentraciones > 6 mL/L, disminuyendo también el espesor de la capa óxica a 7 m, aproximadamente. La profundidad del LSCMOD se ubicó cercana a los 22 m en enero y a los 19 m en febrero. En marzo, la capa óxica tuvo aproximadamente 15 m de espesor, con valores > 7 mL/L en los primeros 10 m, y > 8 mL/L en los primeros 5 m. La profundidad del LSCMOD, se ubicó cercana a los 28 m.

En Iquique **(Figura 139b; Tabla 43)**, la distribución de OD presentó una capa óxica entre junio y agosto con un espesor inferior a 5 m en estos tres meses y valores superficiales que fluctuaron entre 5 y 6,7 mL/L. En septiembre los valores subóxicos llegaron hasta la superficie, registrándose un valor de 4,3 mL/L. El LSCMOD se ubicó en un rango entre los 25 y los 10 m aproximadamente, registrándose este último valor en el mes de octubre, con un gradiente óxico fortalecido con respecto a los meses anteriores.

En octubre, la capa óxica tuvo un espesor de 6 m y con un valor de OD superficial >8 mL/L. Ambos valores descendieron gradualmente en noviembre y hasta diciembre, cuando no se detectó capa óxica, con un valor superficial de 4,7 mL/L. En este trimestre el LSCMOD presentó la menor profundidad en octubre, 10 m, aumentando gradualmente hasta los 28 m en el mes de diciembre.

En enero y febrero la capa óxica tuvo un espesor de 6 m, donde la concentración máxima en superficie fue de 5,5 mL/L y 6,9 mL/L respectivamente. El LSCMOD en enero se registró en los 18 m y el gradiente óxico tuvo un espesor aproximado de 12 m, mientras que en febrero no se detectó el LSCMOD dentro de la columna muestreada, observándose un debilitamiento en el gradiente óxico. En marzo, el OD presentó una capa óxica de 7 m de espesor, donde los valores > 6 mL/L ocuparon los primeros 5 m con una concentración máxima de 7,9 mL/L en superficie. El LSCMOD se detectó alrededor de los 33 m.

En Mejillones **(Figura 139c; Tabla 43)**, la distribución de OD para el período junio-julio no presentó capa óxica, registrándose un valor superficial de 4,7 y 4,9 mL/L respectivamente. En agosto la capa óxica tuvo valores superficiales > 7 mL/L y un espesor máximo en septiembre que llegó a los 17 m. Las profundidades del LSCMOD se observaron alrededor de los 28 m tanto en junio como en julio, para profundizarse bajo el límite de muestreo en Agosto.

En octubre se registró una delgada capa óxica que abarcó sólo los primeros metros, registrándose un valor superficial de 5,6 mL/L. En noviembre, esta capa presentó su mayor espesor que fue de 8 m, coincidiendo con altos valores de OD (>7 mL/L) dentro de los 5 m. En diciembre, el valor superficial fue de 6,3 mL/L y la capa óxica tuvo un espesor de 6 m. En octubre El LSCMOD tuvo su menor profundidad, 5 m, profundizándose gradualmente hasta ubicarse en los 22 m en diciembre.

La distribución de OD de enero y febrero presentaron similares características con espesores de capa óxica cercanas a 8 m, aproximadamente. En ambos meses el valor superficial superó los 7 mL/L, aunque en febrero estos valores aumentaron su presencia, ocupando los primeros 5 m. El LSCMOD se ubicó en este bimestre cercano a los 28 m.

## 18.4 Clorofila-*a*

En Arica **(Figura 140 a; Tabla 43),** la distribución de clorofila a (cloa) presentó, en el período junio-agosto, un núcleo eutrófico (> 1 µg/L) a través de todo el período de muestreo. En junio, las concentraciones fluctuaron alrededor de 1,5 µg/L, aumentando fuertemente a valores > 10 µg/L en los meses de julio y agosto, con el máximo valor del período, > 23 µg/L, en el mes de julio, ocasión en que el espesor de la capa eutrófica fue de 36 m.

En el trimestre octubre-diciembre se desarrolló un núcleo subsuperficial de altas concentraciones de cloa, el que se inició en octubre con un valor máximo que superó los 10 µg/L. Ese mes, la capa eutrófica ocupó la mayor parte de la columna muestreada (40 m), en tanto que concentraciones > 9 µg/L se midieron entre los 10 y 20 m. En noviembre, el núcleo eutrófico disminuyó su presencia a los primeros 20 m donde la concentración máxima fue de 7 µg/L. En diciembre las concentraciones descendieron aun más, midiéndose en los primeros 5 m de la columna valores en el rango de mesotróficas, mientras que la mayor concentración fue de 2,4 µg/L registrado en los 20 m.

En enero, la distribución de cloa presentó un pequeño núcleo eutrófico subsuperficial que estuvo centrado en los 10 m con una concentración de 1,2 µg/L. En febrero, las concentraciones eutróficas se registraron en toda la columna muestreada, además de un núcleo subsuperficial que tuvo una concentración máxima de 6,8 µg/L centrado en los 5 m. En marzo, la distribución de cloa presentó concentraciones eutróficas desde la superficie hasta los 14 m aproximadamente, registrándose una concentración máxima de 1,3 µg/L en los 10 m.

En Iquique **(Figura 140b; Tabla 43)**, la cloa presentó en junio un núcleo que tuvo un espesor de 14 m, con una concentración máxima de 13 µg/L, valor que disminuyó notablemente en los meses de julio y agosto, cuando ésta no superó los 2,4 µg/L, disminuyendo además el espesor del núcleo a aproximadamente 6 m.

En octubre, el núcleo se desarrolló nuevamente con altas concentraciones (> 5 µg/L) dentro de los primeros 9 m, alcanzando un máximo de 17 µg/L a los 5 m. En noviembre este núcleo aumentó su espesor a 17 m, con un máximo de 13,3 µg/L. En diciembre, se registraron valores > 1 µg/L en toda la columna muestreada, con un núcleo pequeño de altas concentraciones (> 5 µg/L) desarrollado entre los 9 y 14 m.

En enero, la distribución de cloa presentó una concentración superficial, en el rango mesotrófico, con un núcleo eutrófico subsuperficial entre los 4 y 25 m, con una concentración máxima de 2,1 µg/L en los 10 m de profundidad. La distribución de cloa en febrero tuvo una capa eutrófica de aproximadamente 28 m, con un núcleo subsuperficial de 4,4 µg/L en los 5 m de profundidad. En marzo, la capa eutrófica tuvo un espesor de aproximado de 30 m, dentro de la cual se observó un núcleo de valores > 5 µg/L entre los 2 y 20 m, con una concentración máxima de 15 µg/L en los 10 m de profundidad.

En Mejillones **(Figura 140c; Tabla 43)**, la distribución de cloa en el período junio-agosto, presentó una capa eutrófica con altas concentraciones, con valores > 4 µg/L en los meses de junio y julio, las que aumentaron a más de 10 µg/L en agosto.

En octubre se mantuvo el núcleo productivo de altas concentraciones (> 5 µg/L), registrándose un valor de 10,4 µg/L en superficie, mientras que el espesor de la capa eutrófica fue de 10 m. En noviembre y diciembre el espesor de esta capa se mantuvo cercano a los 20 m, en tanto que las concentraciones más altas superaron los 7 µg/L en noviembre. En diciembre valor más alto fue inferior a 3 µg/L, medido en los 5 m de profundidad.

En enero, las concentraciones de cloa estuvieron muy bajas, ya que toda la columna muestreada estuvo en el rango oligo-ultraoligotrófico, < 0,5 µg/L. En febrero, estuvieron en el rango mesotrófico en los 5 primeros metros, sin embargo, a nivel subsuperficial se registró una capa eutrófica, que se extendió desde los 6 m

hasta los 26 m, donde además se detectó un núcleo de altas concentraciones, con un valor de 10 µg/L en el nivel de 10 m. En marzo, la cloa presentó una capa eutrófica entre la superficie y los 14 m, con un núcleo subsuperficial centrado en los 5 m donde se registró una concentración máxima de 9,6 µg/L. Bajo esta capa los valores fluctuaron en el rango oligotrófico, salvo en el nivel máximo de muestreo donde el valor fue de 0,5 µg/L.

### 18.5 Clorofila satelital

Las cartas de clorofila satelital para el período junio 2005 - marzo 2006 se muestran en la **Figuras 141, 142, 143** y **144.** Los valores de clorofila total (clot) correspondientes a las estaciones fijas y su rango de clorofila satelital respectivo se entregan en la **Tabla 44**.

En el mes de junio de 2005 las imágenes de color correspondieron a los días 9, 11 y 16 de junio. A pesar de la gran cobertura nubosa, se pudo observar en las tres imágenes una franja con valores > 1 µg/L a lo largo de toda la zona costera, con presencia de numerosos focos de altas concentraciones (> 5 µg/L), los que superaron los 10 µg/L, entre Iquique y Mejillones. En Arica, a pesar de la cobertura nubosa, se pudo observar un foco con concentraciones que superaron los 5 µg/L hacia el sector del codo costero Chile-Perú. En Iquique, la presencia de nubes no permitió la observación de la evolución del foco, pudiéndose observar solamente valores moderados el día 9 de junio (> 2 µg/L). En estas imágenes sólo el sector de Mejillones no presentó nobosidad, observándose en la del día 9 un foco de hasta 4 µg/L, que aumentó a 10 µg/L el día 11 para volver a descender a 4 µg/L el 16 de junio.

En el mes de julio, las imágenes de color fueron de los días 9 y 12. En la imágen del 9 de julio se observó una amplia franja de valores > 1 µg/L distribuida a lo largo de toda la costa, la que superó los 72 °W en el sector de Arica e Iquique. En Arica se registró el mayor foco pigmentario, el que llegó hasta los 10 µg/L. En el sector de Iquique, los valores fluctuaron entre 2 y 5 µg/L. El segundo foco de importancia (10 µg/L) se registró en las inmediaciones de punta Lobos (21 °S), en tanto que en el sector de Mejillones las concentraciones fluctuaron entre 1 y 5 µg/L. En la imágen del día 12 de julio, la amplia distribución de valores que son > 1 µg/L, se replegaron, manteniéndose sólo las lenguas frente a Arica y punta Lobos. Por otra parte, aunque el foco pigmentario de Arica se compactó, se mantuvo el rango de concentraciones del día 9. Desde Pisagua al sur, las concentraciones presentaron pocas variaciones manteniéndose entre 1 y 3 µg/L, con solamente un núcleo de más de 3 µg/L al norte de punta Lobos.

En el mes de Agosto, las imágenes de color fueron de los días 5 y 11. En la del día 5, se pudo apreciar que todo el sector costero de la zona estudio estuvo con concentraciones que superaron 1 µg/L, presentando tres focos de valores que superaron los 3 µg/L: uno al sur de Arica, otro en torno a los 21°S el cual fue de mayor extensión longitudinal y un tercer foco desarrollado entre punta Copaca y Mejillones. La imágen correspondiente al día 11, se observó una concentración en el rango entre 3 y 3,9 µg/L, lo que ocupó gran parte del sector central entre Iquique y punta Lobos. En esta imágen, aunque la cobertura nubosa fue más amplia, se pudo observar que en todo el sector costero hubo una similar distribución a la observada el día 5, es decir, con una franja continua de concentraciones sobre 1 µg/L y una similar ubicación de los focos de altos valores, aunque en esta ocasión se registraron concentraciones más elevadas (4 a 5 µg/L) en el sector costero al norte de Pisagua y el río Loa.

En septiembre las imágenes de color corresponden a los días 1, 7 y 14. En términos generales, las tres imágenes de color presentaron altas concentraciones del pigmento tanto en el sector costero como oceánico. A pesar de la cubierta nubosa se pudo identificar una franja costera de altas concentraciones (> 5 µg/L) que se mantuvo a través de todo el período, entre Pisagua y punta Lobos (21°S), y la presencia de algunos focos de concentraciones similares, ubicados en torno a los 72°W, cubriendo diferentes áreas. Desde el río Loa a Mejillones, se observó un foco de similar concentración que aquel ubicado más al norte, presentando en la parte sur una extensión hacia el oeste en forma de lengua que alcanzó un máximo de 3 µg/L el día 7. Por otra parte, en el sector al norte de los 19°S, pese a la gran cantidad de nubes, se observó como el gran foco de altos valores (> 5 µg/L) de la primera semana, disminuyó tanto en concentración como en extensión hacia el día 7, para luego aumentar su cobertura el 14 de septiembre.

En el mes de octubre hubo dos imágenes de color correspondientes a los días 5 y 7. En la imágen del día 5 se observó una franja de altas concentraciones (> 2 µg/L) en el sector al norte de Pisagua, las que abarcaron todo el ancho de la imágen hasta los 73°W. Tanto en el sector costero como oceánico entre Pisagua y punta Lobos (21°S), se distribuyeron varios focos de concentraciones > 5 µg/L, en tanto que una franja costera continua de similares concentraciones, de ancho variable, se desarrolló desde el río Loa hasta Mejillones. La imágen del día 7, fue similar a anterior y reafirmó la presencia de una lengua de altas concentraciones pigmentarias que abarcó gran parte del sector oceánico desde Iquique hacia el norte, donde hubo una gran cobertura de valores > 4 µg/L. En el sector costero, en tanto, se mantuvo la franja de altos valores que abarcó desde punta Arenas hasta Mejillones.

En el mes de noviembre, las imágenes de color fueron de los días 3 y 7. En la imágen correspondiente al día 3, se pudo observar la presencia de una franja continua desde Arica a Mejillones, muy pegada a la costa, con valores > 2 µg/L, y focos de altas

concentraciones (> 5 µg/L) en los sectores de Arica e Iquique, más una franja discontinua que se extendió hasta Mejillones con valores entre 4 y 4,9 µg/L. Hacia el sector oceánico se observaron amplios manchones de valores mesotróficos (>0,5 µg/L), y un gran foco de valores > 1 µg/L que se ubicó frente a Antofagasta. La imágen del día 7 de noviembre, mostró una distribución pigmentaria muy similar a la del día 3. Sin embargo, se pudo observar que desaparecieron los focos de más de 5 µg/L, registrados en la imágen anterior, mientras que la franja de valores entre 4 y 4,9 µg/L ampliaron su distribución, abarcando desde Mejillones hasta el norte de Pisagua.

En diciembre, las imágenes de color fueron de los días 2, 4 y 12. Las tres imágenes dan cuenta de bajas concentraciones de cloas en el sector oceánico (<0,2 µg/L). El la del día 2, se observó una franja costera discontinua de valores moderados, con una mayor presencia de valores < 2 µg/L y con sólo un pequeño foco de valores > 4 ↕0g/L en las inmediaciones del río Loa. Las concentraciones tendieron a aumentar el día 4 y en el día 12 de diciembre, fecha última donde los focos de valores > 2 µg/L estuvieron repartidos a lo largo de toda la zona de estudio, con núcleos > 4 µg/L abarcando una mayor extensión en las inmediaciones de punta Lobos y Mejillones.

En enero, las imágenes de color de los días 6 y 10 mostraron franjas discontinuas de valores moderados (1 a 1,9) µg/L que abarcaron las áreas de Arica a punta Arenas, desde el sur de punta Copaca hasta Mejillones y el sector próximo a Antofagasta. Dentro de la franja señalada se observaron varios focos de valores >2 µg/L, ubicados entre Pisagua y punta Lobos, frente al río Loa y al norte de Mejillones. En la imágen del 6 de enero se detectaron, además, dos pequeños focos de entre 3 y 3,9 µg/L, uno ubicado al sur de los 19°S y el segundo al norte de punta Lobos. Posteriormente, el primero de estos focos desapareció en la imágen del día 10, sin embargo, los valores de >2 µg/L aumentaron su cobertura, mientras que, el segundo foco (>3 µg/L) se mantuvo y aumentó su cobertura longitudinal, al igual que las concentraciones >2 µg/L que lo contenían.

Las imágenes de color de febrero correspondieron a los días 14 y 17. En la imágen del día 14, se observó un extenso foco ubicado hacia el sector oceánico frente a Arica, el cual con valores > 1 µg/L alcanzó hasta las 80 mn de la costa. Así también, una continua franja costera de valores > 1 µg/L a lo largo de todo el sector muestreado, detectándose focos de concentración > 3 µg/L: frente a Arica, al sur de Iquique, en las proximidades de punta Arenas, al norte de Tocopilla y en los alrededores de Mejillones-Antofagasta. Mientras que, en el sector de Iquique se registró una concentración máxima > 4 µg/L. En la imágen del 17 hubo un descenso en las concentraciones y el extenso foco de valores > 1 µg/L del sector oceánico, ubicado al norte de Arica, disminuyó su extensión longitudinal. Se registró también una disminución en la cobertura de los focos de valores superiores a 2 µg/L, los que abarcaron en forma continua desde Arica a punta Lobos y desde el río Loa a Tocopilla. En la primera banda, núcleos de concentraciones > 3 µg/L sólo se observaron en Iquique.

La imágen de color de marzo corresponde a la del día 10. En ella se observó una franja de valores > 10 µg/L que abarcó toda la zona costera, con extensiones variables hacia el sector oceánico que alcanzaron las 40 mn en los sectores de Pisagua, Iquique a punta Lobos y en sector norte de Mejillones. También se detectó una banda más costera, con valores entre 2 y 2,9 µg/L desde los 19°S hasta punta Arenas, la que no superó las 15 mn. A su vez, se observaron dos pequeños focos costeros que registraron las concentraciones más altas de esta imágen (> 3 µg/L) los que se ubicaron al sur de los 19°S y a la cuadra de Pisagua.

## 18.6 Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de monitoreo

De las especies ícticas objetivo del estudio, solo se registró a lo largo del período analizado, junio 2005 a marzo 2006, la presencia de estadios tempranos de sardina y anchoveta. Las muestras zooplanctónicas fueron recolectadas mensualmente dentro de los primeros 10 días, mediante arrastres verticales con red WP-2.

### 18.6.1 Anchoveta

La mayor presencia de huevos de anchoveta se registró en la estación costera de Arica, fase que se presentó en la totalidad de los muestreos mensuales y cuya abundancia fluctuó entre un mínimo de 27 huevos/10 $m^2$ en julio de 2005 y un máximo de 32.934/10 $m^2$ en junio del mismo año. En 8 de los 10 períodos se registraron las mayores abundancias, respecto a Iquique y Mejillones, esto fue en junio, agosto y correlativamente desde el mes de octubre a marzo de 2006 (**Figura 145 a**).

La menor ocurrencia temporal en las estaciones se detectó en Iquique, con presencia de huevos de anchoveta en seis períodos mensuales, mostrando una ausencia durante los meses de junio, julio, octubre y noviembre, así además al promediar la abundancia de todo el período analizado, se observó el valor mas bajo respecto de Arica y Mejillones.

En cada uno de los meses en que la fase de huevos se presentó, su abundancia fue siempre mas baja que la exhibida por ellos en Arica para iguales meses y también menor respecto a Mejillones entre los meses de agosto y diciembre, contabilizándose entonces una abundancia comprendida entre 100 y 2.534 huevos/10 $m^2$, respectivamente en los meses de diciembre y febrero.

Por otro lado, en Mejillones la fluctuación temporal exhibida por los huevos de la especie fue entre 39 y 11.757 huevos/10 $m^2$ (marzo 2006 y junio 2005, respectivamente). Su presencia y ausencia en esta estación fue acorde a la registrada en Iquique para iguales meses (**Figura 145 a**). La abundancia de huevos de anchoveta en esta localidad fue mayoritaria durante los meses correspondientes al año 2005 y minoritaria para los de 2006, respecto de Iquique.

Las larvas de anchoveta de igual manera que los huevos, exhibieron en general en Arica las mayores abundancias mensuales respecto de las otras dos localidades, pero fueron menos abundantes, salvo un mes. Su incidencia temporal se reflejó en un total

de siete meses, con ausencia durante julio y noviembre de 2005 y marzo de 2006 (**Figura 145 b**). Las larvas fluctuaron entre un mínimo de 296 larvas/10 $m^2$ en enero 2006 y un máximo de 4.939/10 $m^2$ en octubre de 2005. Su menor dominancia y ocurrencia en cada una de las estaciones en comparación a los huevos, sería efecto como ya se haya señalado en otras oportunidades de varios factores: a la menor tasa de sobrevivencia una vez eclosionadas; a los procesos de dispersión gatillados por distintos procesos, lo que evidencia en muchas ocasiones la no coincidencia con las capturas de huevos; la evasión a las redes de plancton, y/o simplemente a la fecha de muestreo, que podría ser consecuencia de un proceso de desove reciente, por ende habría mayor presencia de huevos; entre las principales razones.

En Iquique si bien las larvas de anchoveta mostraron bajas abundancias, estas fueron mayores que en Mejillones, registrándose valores extremos comprendidos entre 33 (diciembre y enero) y 958larvas/10 $m^2$ (septiembre). Su presencia fue esporádica entre junio y noviembre, con tan solo dos registros positivos, no siendo detectadas durante los meses de julio, agosto, octubre y noviembre de 2005, pero a partir de diciembre su presencia fue constante, con valores tendientes a incrementarse hasta alcanzar su máximo en marzo.

Las larvas de anchoveta en Mejillones mostraron similar distribución temporal, ya sea presentándose o ausentándose casi en los mismos períodos mensuales exhibidos en Arica e Iquique (**Figura 145 b**). Se contabilizaron a lo largo del período entre 275 larvas/10 $m^2$ y 872/10 $m^2$, en febrero de 2006 y agosto de 2005, respectivamente. Correspondiendo el primero, al único registro para el primer trimestre del año 2006. Dos de sus mayores abundancias se detectaron durante el período de máxima actividad reproductiva de la especie, agosto y septiembre.

### 18.6.2 Sardina

La presencia de huevos de sardina en las estaciones se verificó exclusivamente en Arica con una abundancia igual a 49 huevos/10 $m^2$. Los antecedentes recopilados hasta ahora corroboran la difícil y casi inexistente recuperación de esta especie en la zona norte, debido como es sabido y no bien esclarecido, a los cambios ambientales y la pesca. Esta especie se exhibió por última vez en las estaciones costeras en octubre de 2003 en Arica y en febrero y diciembre de 2002 en Iquique y Mejillones, respectivamente, pero a pesar de la baja abundancia y frecuencia de ocurrencia, estos valores han sido mayores a los expuestos por los huevos de las especies jurel y caballa.

Larvas de sardina no fueron detectadas en ninguna de las estaciones costeras. Constatándose los últimos registros positivos en mayo de 2000, junio de 2001 y octubre de 2003 respectivamente en Mejillones, Iquique y Arica, con abundancias de 173, 62 y 144 larvas/10 $m^2$.

### 18.6.3 Jurel

En lo que respecta al jurel, los huevos de esta especie han sido desde el año 1997 a la fecha muy poco comunes en las estaciones, su presencia ha sido muy esporádica, con los últimos registros positivos en octubre del año 2003 en Arica y Mejillones y en mayo de 2004 en Iquique.

La presencia de larvas de jurel no ha sido nunca detectada en las estaciones costeras.

### 18.6.4 Caballa

Ha sido levemente superior en cuanto a presencia temporal en relación a los huevos de jurel, sin embargo, tales registros están muy por debajo de lo que podría considerarse normal, ya que se han presentado en Arica, Iquique y Mejillones en 4, 5 y 3 períodos mensuales desde el año 1997 a la fecha.

Las larvas de caballa en la zona norte, particularmente en las estaciones costeras ha sido aislada, identificándose exclusivamente entre los años 1997 a 1999, individualmente durante los meses de agosto, febrero y marzo de estos años consecutivos en Arica, noviembre y diciembre de 1997 y 1998 en Iquique y en febrero de 1998 en Mejillones y donde las abundancias en cada una de las estaciones no superó las 117 larvas/10 $m^2$.

## 18.7 Ictioplancton por estratos de profundidad

La presencia de huevos y larvas de anchoveta en los distintos intervalos de profundidad de las estaciones costeras de Iquique y Mejillones, se caracterizó por una baja ocurrencia entre el período junio de 2005 a marzo de 2006, mientras que en Arica ambas fases mostraron una mayor continuidad temporal, con un máximo de 10 y 9 registros positivos, respectivamente en el estrato mas superficial, reconociéndose en este estrato, las abundancias mas importantes, donde además las larvas solo se ausentaron en marzo.

Ambas fases exhibieron concentraciones comprendidas entre 29/10 $m^2$ (julio) y 58.072 huevos/10 $m^2$ (febrero) y 14/10 $m^2$ (julio, noviembre) y 14.358 larvas/10 $m^2$ (febrero). Mientras que en el nivel intermedio (10-25 m), se produce en general una baja en las abundancias y una menor continuidad temporal, verificándose ausencia de huevos en septiembre y noviembre y larvas en julio, noviembre, enero y marzo. En ambos estadios la mayor abundancia se registró en febrero, caracterizándose este último

período por constatarse en el las abundancias mas altas de todos los registros mensuales analizados en esta estación.

En Iquique fue evidente la gran ausencia de huevos y larvas en comparación con Arica. Los huevos mostraron su mayor continuidad temporal entre diciembre y marzo, mientras que en los meses restantes solo se detectaron en agosto entre 0-10 m y en septiembre en los tres estratos. Los máximos valores fueron encontrados también en febrero, en ambas fases, pero esta vez entre los 10-25 m, con abundancias iguales a 7.436 huevos/10 $m^2$ y 1.541 larvas/10 $m^2$. Las larvas en esta estación fueron menos frecuentes que los huevos, encontrándose en junio entre 0-10 m, en septiembre, febrero y marzo en todos los estratos.

En Mejillones tanto huevos como larvas fueron mas recurrentes en el nivel mas somero, detectándose en el las abundancias más altas en junio. En los dos estratos de mayor profundidad, la presencia de estos estadios fue al igual que en Iquique esporádica, pero con mayor presencia de huevos que de larvas (**Figura 146 a** y **b**).

## 18.8 Variabilidad mensual del zooplancton en las estaciones fijas de monitoreo

### 18.8.1 Biomasa zooplanctónica

La información registrada desde el período de invierno de 2005 (junio) a verano de 2006 (marzo), mostró una fluctuación entre 25 ml/1000 $m^3$ en diciembre en la estación de Mejillones y un máximo de 820 ml/1000 $m^3$ en la misma localidad, reconociéndose así en esta estación el rango de variación mas amplio para esta variable.

Entre los 10 períodos mensuales analizados, en la mayoría de los meses donde esta variable predominó fue en Iquique, precisamente se encontraron las mayores biomasas en esta estación durante los períodos que corresponden a invierno y verano, vale decir, junio, agosto de 2005 y enero, marzo de 2006.

En general, la biomasa zooplanctónica desde junio a septiembre de 2005, no presentó variaciones muy marcadas, manteniéndose valores entre los 28 y 288 ml/1000 $m^3$ en las tres localidades (**Figura 147**), mientras que hacia los meses de primavera, que corresponden a octubre y noviembre del mismo año, fue donde se detectaron las biomasas mas altas de toda la serie analizada en las tres estaciones costeras (**Tabla 45**).

Sin considerar el mes de diciembre, donde la estación de Arica mostró su máximo valor, desde enero a marzo de 2006, las tres estaciones exhibieron disminuciones en la concentración de organismos zooplanctónicos respecto al trimestre anterior, esto producto de la diferencia estacional donde las densidades zooplanctónicas decrecen en comparación al pico de máxima productividad durante el período de invierno.

El análisis de la información histórica correspondiente a iguales períodos mensuales desde junio de 2001 a marzo de 2006, permitió determinar la mayor variación en los valores de biomasa en la estación costera de Mejillones, con un mínimo de 10 ml/1000 $m^3$ en noviembre del año 2004 y un máximo de 820 ml/1000 $m^3$ en octubre de 2005 (**Tabla 45**).

Particularmente en la estación costera de Arica, se observaron valores bajos desde junio a agosto en cada uno de los cinco años analizados, valores que en general en uno o mas períodos tendieron a incrementarse a partir del mes de septiembre a diciembre, hasta experimentar desde enero a marzo nuevamente un descenso, exceptuando el año 2002, año que registró el máximo valor en el mes de marzo. Los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2005 fueron los de mayor concentración de organismos zooplanctónicos (**Tabla 45**), detectándose durante esos meses las biomasas mas altas en relación a los años restantes (**Figura 148**).

En la estación costera de Iquique la biomasa fluctuó entre un mínimo de 35 ml/1000 $m^3$ en junio del año 2004 y un máximo de 715 ml/1000 $m^3$ en febrero de 2001. En general en esta localidad las mayores biomasas fueron detectadas entre los meses de septiembre a diciembre para todos los años considerados. En el último año de estudio, octubre y noviembre fueron los mas importantes, mientras que los meses restantes se mantuvieron con valores muy parejos, entre 49 y 281 ml/1000 $m^3$ (**Figura 147**).

Mejillones en el año 2005, exhibió los valores más altos de biomasa en 5 de los 10 períodos mensuales analizados en relación a iguales meses de los años precedentes, correspondiendo a julio, octubre, noviembre, enero y febrero, destacando particularmente octubre y noviembre con biomasas iguales a 820 y 744 ml/1000 $m^3$, respectivamente.

De la misma manera que las otras dos localidades, a lo largo de los años, aquí se observaron también los mayores valores entre los meses de septiembre a noviembre, mientras que particularmente en el año 2005 y en esta estación, octubre y noviembre registran las mayores biomasas, superando incluso a aquellas reconocidas en Arica e Iquique (**Figura 148**; **Tabla 45**).

## 18.9 Composición taxonómica y abundancia de los grupos zooplanctónicos

Entre junio de 2005 y marzo de 2006, los copépodos fueron el grupo dominante en las tres estaciones costeras, le siguieron en diferente orden numérico dependiendo de la estación, los eufáusidos y sifonóforos. De forma individual se presentaron además entre los primeros lugares de dominancia en cada una de las estaciones costeras, las apendicularias en Arica, los anfípodos en Iquique y los poliquetos en Mejillones. El resto de los individuos como: ctenóforos, ostrácodos, cladóceros, pterópodos, medusas, larvas de decápodos y quetognatos fueron menos representativos, con porcentajes de abundancia entre 0,01 y 27,5%.

El zooplancton conjunto mostró las mayores variaciones durante los meses de septiembre, enero y/o febrero, períodos donde la abundancia total fue máxima en las tres localidades (**Figura 149**). Los principales grupos tuvieron variaciones en función de la época del año. Los copépodos fueron el grupo con mayores densidades en agosto, septiembre y diciembre en Arica y en septiembre y octubre en Iquique y Mejillones; mientras que los eufáusidos presentaron su máxima dominancia en enero, único mes donde fueron detectados en la estación de Arica, en cambio en Iquique sus máximos se registraron en septiembre, octubre y febrero y en septiembre en Mejillones (**Figura 150 a y b**).

El tercer grupo de mayor abundancia y presente en las tres estaciones costeras lo constituyeron los sifonóforos, los que tuvieron mayor importancia en noviembre y febrero en Arica, enero en Iquique y desde diciembre a febrero en Mejillones (**Figura 150c**).

La predominancia particular de cada una de las estaciones costeras fue la presencia en Arica de apendicularias, las que estuvieron mayormente representadas en enero y junio. En Iquique lo fueron los anfípodos, con máximos en septiembre y diciembre, y finalmente en Mejillones los poliquetos con su densidad máxima en septiembre (**Figura 150d**).

### 18.9.1 Variación temporal

Entre junio y marzo se observaron en las tres estaciones costeras cambios en la composición, registrándose en Arica a través de los meses una frecuencia de aparición entre 1 a 6 grupos zooplanctónicos en cada período mensual, siendo los mas frecuentes los copépodos, sifonóforos, apendicularias y poliquetos, quienes se presentaron en 9, 4, 4, y 3 meses, respectivamente. En Iquique en tanto el cambio específico mensual varió entre 1 a 8 taxas, siendo los meses de agosto, septiembre, octubre, diciembre, febrero y marzo los de mayor representatividad en el número de grupos taxonómicos. Los de mayor ocurrencia temporal fueron los copépodos, sifonóforos, poliquetos, pterópodos y eufáusidos, presentándose los

copépodos en el transcurso de los 10 meses, los eufáusidos en 6 y los restantes antes mencionados, en 7.

Finalmente para Mejillones se constató una variación mensual entre 3 y 10 grupos zooplanctónicos, mostrando una mayor representación durante diciembre y febrero, con 10 y 7 diferentes grupos en cada uno de estos períodos, respectivamente. Los copépodos, sifonóforos y poliquetos fueron los más frecuentes, al presentarse en un total de 10, 10 y 9 meses, cada uno de ellos.

# IX. DISCUSIÓN

Durante el crucero realizado en septiembre de 2005, llamado de invierno, prevalece una condición de transición entre invierno-primavera, donde los vientos se registraron efectivamente más intensos respecto de los observados por Braun ***et al.***, (2002, 2003, 2005a, 2005b), especialmente al sur de Antofagasta.

Al norte de Antofagasta los resultados de los tres cruceros muestran un cambio estacional en la intensidad del viento, inverso entre la zona costera y oceánica. En la zona oceánica, las observaciones muestran un aumento de la intensidad del viento desde invierno hacia el periodo de primavera–verano, mientras que en la costa, la componente hacia el Ecuador presentó una disminución en intensidad durante primavera-verano. Este debilitamiento, especialmente claro al norte de Iquique, es producido por cambios en la dirección del viento, mientras que al sur de Iquique, a pesar que predomina la dirección del viento favorable a la surgencia, esta presenta una disminución en la intensidad. Por otro lado, en el crucero de verano, aunque tiende a mostrar una predominancia de la dirección favorable a la surgencia, la intensidad es débil en relación con el crucero de invierno. La disminución de la intensidad de la componente favorable a la surgencia desde el periodo de invierno hacia el periodo de primavera–verano se ve reflejada en la disminución del transporte de Ekman en la costa. En términos generales, el viento fuera de la costa sigue el comportamiento estacional asociado al desplazamiento del anticiclón del Pacifico, mostrando un ciclo anual que presenta valores mínimos durante el invierno y máximos durante primavera-verano (Bakun y Nelson, 1991; Pizarro ***et al.***, 1994). Por otro lado, aunque la zona costera también es modulada por el ciclo anual, podría estar afectada, durante cruceros, por el incremento de la brisa marina hacia el verano o la influencia de bajas costeras. La brisa costa-océano y océano-costa, es producida por el aumento estacional y diario del gradiente térmico continente-mar que podría llegar a modificar la intensidad de la componente favorable a la surgencia y/o la dirección del viento cerca de la costa

(Rutllant, 1994). El inusual incremento del transporte de Ekman en la costa durante el crucero de invierno es acompañado por una disminución en las TSM, la cual es generada por una perturbación regional de todo el Pacífico Sur Oriental (**PSO**) (NOAA, 2005a y 2005b).

La variación estacional en la distribución espacial de TSM muestra un claro efecto del ciclo anual de la radiación solar sobre las temperaturas superficiales del océano (Blanco, 2004). Este efecto, es más intenso en la zona oceánica, la que además muestra un gradiente latitudinal que permanece a pesar del incremento de las temperaturas en toda la zona. La SSM también muestra un gradiente latitudinal, el cual exhibe una disminución en la salinidad hacia el sur debido al aumento de la influencia de aguas de origen subpolar de menor salinidad y menor temperatura (Silva y Konow, 1975). Al norte de Antofagasta, la SSM es similar entre el crucero de invierno y primavera, y solo en el crucero de verano se aprecia un incremento de la salinidad en la parte norte de la zona de estudio, probablemente indicando un aumento de la presencia del AST, tal como lo muestran los diagramas TS.

La distribución espacial de las anomalías de TSM permite separar la zona de estudio en dos áreas, una oceánica y otra influenciada por la surgencia costera (Barbieri ***et al.***, 1997). El área oceánica está influida principalmente por el ciclo anual, por lo que no presenta anomalías significativas con respecto a la climatología de la TSM. Por otro lado, el área costera presenta anomalías significativamente negativas respecto a la climatología, lo que indica que un proceso de menor escala temporal que el ciclo anual está influenciando la zona, es decir, la surgencia costera. Paralelamente, la banda costera de mayores densidades superficiales y el ascenso de las isolíneas hacia la costa (temperatura, salinidad, densidad y oxigeno), confirma el ascenso de aguas subsuperficiales. Las mayores concentraciones de clorofila-**a** y feopigmentos en esta banda reafirma la consecuencia biológica típica que caracteriza a la surgencia costera (Shannon, 1985; Brink & Cowles, 1991).

Durante la realizacion del crucero de invierno la surgencia observada presenta intensidades mayores a las típicamente encontradas debido a la presencia de la anomalía en la intensidad del viento (Braun ***et al.***, 2002, 2003, 2005a, 2005b). Esta asociación no es clara en las anomalías de la SSM, ya que la distribución espacial es más irregular que la temperatura y responde principalmente a procesos de transporte de agua por las grandes corrientes que están presentes en la zona (Strub ***et al.***, 1998) y probablemente también a procesos locales de mesoescala.

Estas anomalías también indican que durante septiembre (crucero de invierno), se observaron condiciones bajo el promedio, que se aumentan durante octubre, especialmente cerca de la costa (50 mn), mostrando una intensificación de la surgencia costera y un mayor ascenso de aguas frías y menos salinas, posiblemente de una profundidad intermedia entre el ASAA y AESS que en esta zona se ubica más cerca de la superficie (Castillo ***et al.***, 1996; NOAA, 2005a y 2005b; Silva y Konow, 1975). La presencia de núcleos (TSM y SSM) de perímetros cerrados y escalas espaciales de decenas de kilómetros de diámetro, caracterizados con anomalías positivas y negativas, especialmente notorias frente a punta Copaca, hacen pensar en la presencia de giros anticiclónicos y ciclónicos, que elevan o bajan las propiedades de la columna de agua (densidad, oxígeno, anomalía de la profundidad de la isoterma de 15° C, anomalía geopotencial y espesor de termoclina), pero que, debido a la escala del muestreo no pueden ser confirmadas (Bakun, 2006).

La distribución espacial de las anomalías, especialmente en la zona oceánica, permite mantener lo señalado respecto a la condición de normalidad para aquel sector. Por otro lado, durante el crucero de septiembre, las anomalías en el sector costero en conjunto con el transporte Ekman y la concentración de clorofila-**a**, muestran una surgencia más activa de lo típicamente observado.

La relación del proceso de surgencia con la distribución superficial de la concentración de oxígeno no es evidente, aunque hay cierto grado de coherencia espacial entre mínimos costeros con centros de surgencia. Estos mínimos estarían asociados a aguas subsuperficiels que afloran en la costa. El que no exista una gran diferencia entre las concentraciones de oxígeno de las aguas que afloran respecto de las aguas superficiales, es debido probablemente a que la intensidad de la surgencia no es suficiente para hacer emerger aguas de la capa llamada de "mínina de oxígeno" (<1mL/L) que caracteriza al AESS (Strub ***et al.***, 1998).

Como una variable indicadora, la distribución superficial de la concentración de clorofila-**a** muestra una buena coherencia espacial con las distribuciones espaciales de TSM y densidad superficial, mostrando que las aguas que afloran a superficie traen una consecuencia biológica directa, el aumento en la concentración de clorofila-**a** y feopigmentos en las capas superficiales (<40 m), debido al incremento de la producción biológica por el aporte de nutrientes de capas profundas (Chávez, 1995).

La distribución espacial del espesor de la capa de mezcla (**CM**), la profundidad de la isoterma de 15°C y el espesor de la termoclina (**ET**), muestran consistencia entre ellos, ya que en general entre el océano y la zona costera, la CM y ET disminuyen coherentemente con el ascenso de la isoterma de 15°C hacia la costa. Por otro lado, no muestran un patrón latitudinal. En términos estacionales, el ET se incrementa hacia el verano debido a una mayor estratificación en la columna de agua, producida por el aumento de la radiación solar y la entrada de aguas superficiales de origen subtropical. Esta mayor estratificación genera en toda la zona una disminución en la CM, una profundización de la isoterma de 15° C y un aumento del espesor de la termoclina. Además de estas distribuciones espaciales generales, se observaron distribuciones horizontales de decenas de kilómetros donde la CM y la anomalía de la profundidad de la isoterma de15°C se acercan a la superficie o se profundizan, como frente a punta Lobos y especialmente frente a punta Copaca. En esta zona la isoterma de 15°C desciende anormalmente en

invierno y luego asciende en verano, aumentando el espesor de la termoclina formando un perímetro casi circular. Estos son rasgos típicos que pueden ser producidos por giros de mesoescala ciclónicos y anticiclónicos, respectivamente. Lamentablemente, la distancia entre las estaciones y especialmente entre las transectas no permite estudiarlos en mayor detalle, ya que no aparecen en la distribución espacial de la anomalía geopotencial.

Otro aspecto interesante, en la zona costera, es el hundimiento de las isolíneas de temperatura y salinidad en las primeras 5 mn de la sección de bahía Moreno, el que ha sido descrito como un sector de retención de aguas de surgencia que muestra mayores temperaturas por el calentamiento superficial (Castilla ***et al.***, 2002). La situación similar es observada en Arica y se debería principalmente a la presencia de agua de tipo subtropical cerca de la costa (**AST**) y a una disminución de la intensidad de la surgencia.

Las masas de agua que están presentes durante el crucero de invierno, muestran variaciones en el porcentaje de presencia respecto de la misma época de los años 2003 y 2004 (Braun ***et al.***, 2005b). En primavera el AST aumentó su presencia en la capa superficial, especialmente en la parte norte de la zona (Braun ***et al.***, 2005a). Paralelamente, el ASAA disminuyó su aporte en la franja costera respecto de 2004, aunque desde bahía Moreno al sur, la situación se invierte, dado que en general, se registró un aumento en relación al mismo año (Braun ***et al.***, 2005b). En verano, se registraron núcleos de ASAA más desarrollados respecto del verano de 2004, los que se presentan con porcentajes entre un 10 a un 20% mayores (Braun ***et al.***, 2005a y b),

Durante el crucero de invierno, la disminución descrita de AST y ASAA entre Arica y punta Copaca se asocia a una mayor participación del agua ecuatorial subsuperficial (**AESS**). Esta masa de agua incrementó en más de un 30% su presencia en relación al año 2004, aunque sólo un 10 % en relación al año 2003

(Braun ***et al.***, 2005 a y b), es decir, no es una situación extremadamente alejada de los valores típicos de la zona. Este aumento es observado en las anomalías negativas de temperatura y salinidad encontradas en el mismo momento, tanto a nivel superficial como en los primeros 70 m de la columna de agua. Explicar la mayor participación de AESS no es factible con la información del crucero, debido a que procesos de baja frecuencia, estacionales y los intra estacionales, no pueden ser observados con ella, siendo éstos los posibles causantes de la condición descrita (Hormazabal ***et al.***, 2004b).

A pesar de lo anterior, al observar las anomalías verticales de salinidad y temperatura en los tres cruceros, es posible especular sobre la presencia de perturbaciones de baja frecuencia, especialmente en el sector central del crucero de primavera, el cual muestra anomalías negativas en la profundidad del AESS, es decir, durante ese crucero y solamente en la parte central de la zona de estudio, las salinidades fueron levemente más bajas entre los 50 y 150 m de profundidad. Esto podría estar asociado a ondas atrapas a la costa (**OAC**), las que pueden levantar y profundizar las propiedades de la columna de agua, asociadas a la cima o al valle de la onda (Brink and Halpen, 1983; Hormazabal ***et al.***, 2001).

Durante el crucero de invierno de 2005, la circulación geostrófica presentó en la zona de estudio un predominio de flujos hacia el norte en el área Antofagasta-Pichidangui, mientras que entre Arica y Antofagasta los flujos fueron más variables en dirección y magnitud. Durante el crucero de primavera, se observó un sistema de corriente con dirección sur en el sector oceánico entre Arica y Pisagua, con flujos hacia el norte cerca de la costa. Simultáneamente, al sur de Iquique, predominan las corrientes hacia el norte y en dirección oceánica. Posteriormente, en el crucero de verano los flujos apuntan hacia el norte en casi toda la zona, cortados frente a punta Copaca. En el caso de primavera, la intrusión de aguas de origen subtropical (**AST**) a nivel superficial pueden explicar esa distribución de corrientes (Blanco ***et al.***, 2001), mientras que la presencia de un par de giros, ciclónico y anticiclónico, no resueltos espacialmente por el crucero, pero por el indicio indirecto

de algunas variables (densidad, oxígeno, anomalía de la profundidad de la isoterma de 15° C, anomalía geopotencial y espesor de termoclina), podrían explicar la variabilidad espacial de corrientes frente a punta Copaca. La presencia de estos vórtices es típica en la zona, los cuales junto con OAC pueden modificar el patrón de corrientes (Narváez, 2000).

Consistentemente con el aumento de la presencia del AESS durante el crucero de invierno, se observó un notable aumento del espesor de la capa de mínima concentración de oxígeno disuelto (**OD**), aumentando de 200 m en invierno a más de 350 m en primavera. En verano de 2006, la distribución vertical de OD fue similar a la observada en el verano de 2004, con similares niveles de profundidad del LSCMOD y de espesor de la capa óxica. En general, la distribución y las concentraciones observadas durante los tres cruceros, se encuentran en los rangos típicamente observados en la zona, aunque el espesor de la capa de mínima concentración de oxígeno y las corrientes pueden estar influenciadas fuertemente por la intensificación de OAC hacia el periodo estival (Hormazabal ***et al.***, 2001).

La biomasa pigmentaria expresada como clorofila-**a** (**cloa**), en el período de invierno de 2005, se distribuyó ampliamente hacia el oeste formando lenguas y focos eutróficos (> 1 µg/L) que incluso alcanzaron las 100 mn en algunos casos. Esta distribución sigue la de la TSM, SSM y densidad, implicando una asociación casi directa con la surgencia costera. El rango de concentraciones de clorofila-**a** superficial para toda la zona de muestreo (0,2 a 21 µg/L) fue mayor que el reportado en el año 2004 (Braun ***et al.***, 2005b), y al observado en el crucero PELANOR de invierno de 1995 (Castillo ***et al.***, 1996).

De acuerdo a la serie histórica de clorolifa-**a** de los períodos de invierno desde 1994 a la fecha, que abarca las transectas utilizadas por los cruceros MOBIO en el área entre Arica y bahía Moreno, se puede decir que, el muestreo de invierno de 2005 tuvo las mayores concentraciones de la serie, incluso supera las concentraciones observadas por Morales ***et al.,*** (1996) en el invierno de 1993 (0,2 a 16,8 µg/L). Le siguen en nivel de concentración de los núcleos productivos, el invierno de 1994, 1998 y 2004 (Castillo ***et al*.**, 1995b; Braun ***et al*.**, 1999; Braun ***et al*.**, 2005b). Contrariamente, durante el verano de 2006, el rango de concentraciones a nivel superficial (< 0,2 µg/L a 4,2 µg/L), es el menor de esta serie entre los años 1998 a 2006, en tanto que, la distribución pigmentaria fue similar a la registrada en el verano de 1999 y 2001.

La distribución de clorofila-**a** en primavera presentó altos valores superficiales, aunque menores respecto a los observados en el invierno de 2005 en la misma zona. Lo anterior, debido a la clara disminución en la cobertura de los núcleos > 5 µg/L, distribuidos ampliamente en esta oportunidad y a la disminución en la cantidad de focos con concentración > 10 µg/L. Esto es consecuencia de la disminución en la intensidad de la surgencia y el aumento de la estratificación, producido por el aumento de la radiación solar y la intrusión desde el norte de AST. La distribución histórica de clorofila-**a** superficial de primavera entre los años 1997 y 2005, se ha caracterizado por presentar angostas franjas pigmentarias próximas a la costa, con una mayor frecuencia de núcleos de valores menores a 3 µg/L. En este sentido, la presente distribución contiene las mayores concentraciones de la serie (11 µg/L).

En la vertical las concentraciones de clorofila-**a** y feopigmentos muestran máximos superficiales muy cercanos a la costa, máximos superficiales secundarios lejos de la costa y máximos subsuperficiales secundarios. Los primeros que presentan las mayores concentraciones (>4 µg/L) son producidos directamente por el aporte de nutrientes cerca de la costa, producto de la surgencia costera. Los máximos superficiales secundarios, de menores concentraciones que los costeros (>2 µg/L),

probablemente se deban al transporte hacia la zona oceánica de aguas de surgencia o de núcleos de alta concentración de clorofila, por medio de lenguas y filamentos de surgencia como lo muestran las imágenes satelitales de TSM, la clorofila-**a** y los campos superficiales de TSM (Hormazabal ***et al.***, 2001). AsÍ mismo, tambien existe la posibilidad de la presencia de giros de mesoescala presentes en la zona, los que pueden ser importantes mecanismos de transporte entre la costa y la zona oceánica generando picos secundarios de clorofila (Narváez, 2000; Yuras ***et al.***, 2005). Respecto a los máximos subsuperficiales, característicos del período de verano, estuvieron más profundos y presentaron espesores entre 10 y 20 metros mayores que en los años precedentes, 2003 y 2004 (Braun ***et al***., ***op. cit.***). Estos núcleos subsuperficiales presentan concentraciones del orden de las observadas cerca de la costa y una serie de hipótesis podrían explicarlos, entre las más aceptadas está la del agotamiento en superficie de los nutrientes, lo que habla de una surgencia que puede haber disminuido su intensidad, la otra es la foto-inhibición en la capa superficial, producto del aumento de la radiación solar, como muestra el incremento de la penetración de la luz para el período primavera-verano (Lalli & Parson,1993), y por último, el hundimiento en la zona del talud bajo el frente de surgencia de las aguas más densas que vienen desde la costa (Bakun 1996; Mann & Lazier, 1996; Fedorov, 1985). La distribución vertical de la clorofila-**a** muestra que el valor más alto de concentración integrado fue mayor que el registrado en los períodos de invierno de los años 1994, 1995 y 2004 (Castillo ***et al.***, 1995b; Castillo ***et al.***, 1996; Braun ***et al.***, 2005b).

El aumento en la biomasa pigmentaria durante el crucero de invierno coincidió con un aumento en la profundidad de la CM y con un aumento de participación en la mezcla del AESS, debido a una surgencia más activa, la que permitiría el ascenso de aguas más profundas. En primavera, la presencia de núcleos de alta clorofila coincidió con una presencia de AESS mayor de 50% a partir de los 20 m de profundidad. Las concentraciones del verano de 2006 fueron similares a las de verano de 2003, pero menos elevadas que la reportada en el verano de 2004,

período catalogado de muy altas concentraciones de pigmento en la zona (Braun ***et al.***, 2005a y b).

Los feopigmentos exhibieron valores proporcionalmente muy bajos (2 µg/L), por lo que la actividad fitoplanctónica de esta área mostraría un régimen de producción nueva. La concentración de éstos se incrementa hacia el verano, aunque con concentraciones menores a los de la clorofila-**a**. La situación más notable en el verano de 2006 se observó en el sector de bahía Moreno, donde las concentraciones de feopigmentos fueron mayores que las de clorofila-**a**, situación reflejada en las concentraciones integradas. Esto podría ser producto de un efecto combinado entre un intenso pastoreo de organismos filtradores y la degradación natural de la población fitoplanctónica (Lalli & Parson, 1993).

Los modelamientos de la concentración de clorofila-**a** y la concentración de clorofila-**a** integrada, utilizando la información de crucero, no entregaron resultados concluyentes respecto a si éstas presentan o no una variación estacional. A pesar de esto se observa una diferencia estacional en la probabilidad de encontrar altas concentraciones del pigmento. Tal resultado se debe probablemente a la distribución subsuperficial de núcleos eutróficos en verano. Aun así y considerando los resultados del modelamiento estadístico del año 2004 (Braun ***et al.***, 2005b), los resultados muestran que los predictores profundidad de la capa fótica y el factor estación tienen un significativo aporte en la explicación de la variable clorofila superficial y un alto porcentaje de varianza explicada, siendo desestimadas otras opciones en el análisis.

Respecto a las condiciones regionales, en el Pacífico ecuatorial, para junio-julio de 2005, estas se indicaron como neutras en el boletín publicado por la NOAA (NOAA, 2005c, 2005d). Paralelamente, en la zona norte de Chile, la temperatura superficial del mar observada por plataformas satelitales (**TSMsat**), señalaron para el bimestre indicado, condiciones similares a los promedios históricos mensuales calculados

por IFOP. En agosto, las TSMsat indicaron para el sector oceánico valores levemente bajo el promedio histórico (0-1° C), mientras que en el sector costero, las estaciones fijas (Arica e Iquique), mostraron temperaturas sobre el promedio del mes, situación que también coincidió con lo registrado por la TSMsat. Las condiciones señaladas sugieren para agosto un debilitamiento de los procesos de surgencia en el sector de más al norte de la zona, permitiendo la entrada hacia la costa de aguas oceánicas de mayor temperatura y salinidad. Posteriormente, durante el período septiembre-octubre, y paralelo al incremento de los vientos, la temperatura en la costa desciende bajo el promedio, produciendo una banda costera de aguas frías (anomalías del orden 0,5° a 1,5°C), generada por el incremento en la surgencia costera a lo largo de la costa sudamericana, especialmente frente a Perú (NOAA, 2005a, 2005d). A partir de diciembre, la zona de estudio muestra la presencia de anomalías positivas en la zona norte, producidas por el ingreso de aguas subtropicales por el norte. Aun así la NOAA reportó valores levemente positivos en la costa ecuatoriana y en la costa de Perú hasta -1°C (NOAA, 2005f). En enero, cuando se señala el comienzo de un evento "La Niña" en el Pacífico Ecuatorial (enfriamiento Ecuatorial), las anomalías positivas de temperatura permanecen en los 20°S (NOAA, 2006a). En febrero estás anomalías positivas de temperatura se incrementan (+2°C) y se expanden abarcando desde los 10° S hacia el sur (NOAA, 2006b y 2006c).

Durante el mes de marzo 2006 se mantuvo la condición "La Niña" en el sector del Pacífico central, mientras que las anomalías positivas de la región costera de sudamérica disminuyeron considerablemente. Lo anterior significó que hacia fines de marzo de 2006 se mantuvieran las condiciones "La Niña", pero con una tendencia hacia una situación neutral (NOAA, 2006c).

La estaciones costeras de vigilancia mensual muestran que en Arica el espesor de la capa superficial de oxígeno disuelto (**OD**), observada durante el período junio 2005 - marzo 2006 fue similar a los mismos períodos de los años 2002 a 2004. Esta capa óxica aparece casi continua, donde ha sido habitual encontrar altos valores de

concentración de OD (> 6 µg/L) en los primeros metros. Por otra parte, el LSCMOD se mantuvo bajo los 15 m, similar a lo observado en 1999, 2000 y 2001 (Braun ***et al.***, 2000; Braun ***et al.***, 2001; Braun ***et al.***, 2002), con profundizaciones bajo el límite de muestreo (50 m) en los inviernos de los años 1998, 1999 y 2002 (Braun ***et al.***, 1999; Braun ***et al.***, 2000; Braun ***et al.***, 2003). Más al sur, en Iquique la capa óxica tuvo una menor presencia en relación a la estación de Arica. Por otra parte, a diferencia de los períodos anteriores en esta zona, la capa óxica fue estrecha (< 8 m de espesor), situación sólo registrada en similar período de los años 2000-2001. El LSCMOD se ubicó, en general, en los niveles de profundidad observadas con anterioridad en la serie, es decir bajo los 10 m. La mayor diferencia entre junio 2005 - marzo 2006 con los períodos anteriores, fue la ausencia de la profundización bajo los 50 m (límite de muestreo), que ha sido observada habitualmente entre otoño e invierno, registrándose en esta oportunidad en febrero de 2006. En Mejillones, se observa la presencia casi permanente de la capa óxica entre junio 2005-marzo 2006, se observó en similares períodos de los años comprendidos entre 1998 y 2001, 2003 y 2004 (Braun ***et al.***, 1999; Braun ***et al.***, 2002; 2005a y b). El LSCMOD tuvo una distribución de profundidad similar a la de los años anteriores, con la habitual profundización bajo los 50 m en los últimos meses de otoño y comienzos de invierno.

Por otro lado, desde el año 2004 las series de las localidades de Arica, Iquique y Mejillones han registrado una mayor permanencia en el tiempo de núcleos con altos valores de clorofila, en comparación a años anteriores, aunque el rango de las concentraciones observadas no cambió. En los períodos señalados, independiente del mes, se han registrado valores de clorofila máximos similares a los observados en los primeros años de la serie.

La similitud de los rangos de clorofila-**a** a lo largo de la serie y los valores máximos, puede explicarse en que el nanoplancton (2-20 µm) es una fracción importante del fitoplancton en la costa entre Arica e Iquique (Avaria ***et al.***, 1982), mientras que Pantoja (2002) señaló para el sector Arica-Antofagasta el predominio de la fracción 15

a 40 µm en las áreas asociadas a la zona de surgencia activa en un período de primavera. Por otra parte, un gran porcentaje de los máximos valores de clorofila se han encontrado asociados al predominio del netfitoplancton (20-200 µm) en el sector costero entre Arica y Antofagasta (Morales ***et al.***, 1996; Morales ***et al.***, 2001; Iriarte ***et al.***, 2000). Por lo tanto, el cambio de tamaño de poro de los filtros no habría producido una subestimación de las concentraciones de fitoplancton en el área costera. De acuerdo a lo anterior, el poro de 0,7 µm, ha sido utilizado en trabajos recientes para el cálculo de clorofila-**a** total, como los de Pizarro ***et al.*** (2000) y Pizarro ***et al.*** (2005).

Las observaciones costeras del período junio 2005 - marzo 2006, mostraron que las mayores concentraciones de clorofila-**a** en la estación de Arica, se presentaron durante el periodo de los cruceros de invierno y primavera (julio-octubre 2005), pero la serie de tiempo muestra que estos máximos se pueden presentar como pulsos en algunas épocas del año, como febrero y junio en el 2004 (> 20 µg/L) (Braun ***et al*.**, 1999; Braun ***et al*.**, 2000; Braun ***et al*.**, 2001; Braun ***et al*.**, 2005b). Iquique y Mejillones también presentaron pulsos de distinta intensidad a lo largo de todo el período de estudio. En este sentido, la capa eutrófica se mantuvo sin interrupción desde octubre de 2003, siendo en este período donde el núcleo tuvo una mayor permanencia de toda la serie en esta estación (Braun ***et al*.**, 2005 a y b; Braun ***et al*.**, 2002). En relación a las concentraciones, la estación de Iquique mostró mayores concentraciones a las observadas el 2004, mientras que, en Mejillones son similares. Además, al igual que en le periodo 2005-2006 se observaron núcleos subsuperficiales de altas concentraciones en verano de los años 2000, 2003 y 2004 (Braun ***et al*.**, 2001; Braun ***et al*.**, 2002¸ Braun ***et al*.**, 2005a y b), los que al parecer desde el año 2002 han sido más frecuentes y de mayores valores. Estos pulsos observados en las concentraciones de clorofila-**a** en la costa, podrían estar asociados a la frecuencia de ocurrencia de la surgencia costera, es decir, deberían estar fuertemente asociados con la periodicidad de la componente viento a lo largo de la costa, la presencia de bajas costeras y de OAC en la atmósfera y el océano (Hormazabal ***et al.***, 2001; Pizarro ***et al.***, 1994; Rutllant & Montecino., 2002). Sin

embargo, se debe indicar que una observación mensual no permite detectar todos los pasos de estas ondas ni la variabilidad del viento. Es claro entonces que la variabilidad menor a un mes no pude ser analizada con un muestreo de este tipo, pero entrega una visión, aunque general, de la variabilidad intraestacional, estacional, anual e interanual en estas localidades costeras.

Por otro lado, de las 14 imágenes disponibles de clorofila-**a** satelital durante los muestreos mensuales, en siete oportunidades el valor de concentración ***in situ*** de clorofila total estuvo dentro del rango de concentración entregado por las imágenes. De las otras siete, en dos oportunidades el valor fue sobreestimado y en cinco ocasiones fue subestimado. A pesar de las diferencias (2 -7 µg/L) producidas por la cercanía a la costa y la presencia de máximos subsuperficielas, la distribución espacial es coherente a la observada en los cruceros. Según lo anterior, la imagen de color no es aún un referente cuantitativo en la zona costera, pero si permite establecer patrones espaciales.

La serie temporal de imágenes de color, que abarcan entre los 18° y 24°S, mostraron entre julio y octubre una inusual distribución, con extensos focos de altas concentraciones. Esta situación que cambió hacia el periodo diciembre-marzo, en la cual la habitual distribución pigmentaria de la zona norte de Chile corresponde a concentraciones muy bajas en el sector oceánico y núcleos de altos valores restringidos a la zona costera (Yañez ***et al.***, 2005). Esta distribución es concordante con lo informado por Thomas ***et al.***, (2001) y Thomas ***et al.***, (2004), que muestra que las concentraciones de clorofila satelital son más altas en invierno y comienzos de primavera y presenta una débil estacionalidad.

En el contexto de las series temporales, el período junio 2005 a marzo 2006, presentó altas concentraciones de clorofila-**a** en la zona costera, especialmente durante invierno y primavera, paralelamente a la disminución estacional de la temperatura producto del aumento de la surgencia en la costa. Estas

concentraciones decaen a fines de primavera y comienzos de verano cuando la TSM aumenta por efecto estacional y disminución de la intensidad del viento, presentando núcleos subsuperficiales especialmente durante febrero de 2006. La salinidad muestra una menor varibilidad que la temperatura y la concentración de clorofila-**a**, ya que en pocas oportunidades se registraron valores fuera del rango 34,7 a 34,9 entre las localidades de Arica y Mejillones.

De acuerdo a los antecedentes históricos de los estadios tempranos de peces, se observa que durante las prospecciones invernales realizadas en los años 1981, 1983 y 1984 (Rojas ***et al.***, 1983; Rojas ***et al.***, 1984), hubo predominancia del desove de sardina respecto de anchoveta, jurel y caballa, situación que experimenta un cambio radical en 1985, donde se registraron niveles de abundancia extraordinariamente elevados para ambos estadios de desarrollo de anchoveta, los cuales no tienen precedentes, ni para el período 1964-73. El parámetro poblacional densidad promedio por estaciones totales ha reflejado con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado a nivel de ictioplancton la composición específica de la comunidad pelágica de la zona norte del país, los que se han caracterizado por un período comprendido entre 1964 y 1973 con un claro y absoluto predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situación con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina.

La situación que se detectó en invierno de 1985, da cuenta que se está frente a un proceso de cambio con una categórica predominancia de anchoveta respecto de sardina y jurel en términos de su abundancia, con densidades sin precedentes, las que han sido registradas en invierno de 1985, 1994 (Castillo ***et al.,*** 1995b) y en menor magnitud en 1989. De la misma manera las disminuciones más drásticas han estado asociadas a perturbaciones ambientales como lo ha sido la presencia del evento “El Niño” en la zona de estudio durante los años 1982/83, 1986/87, 1991/92 y 1997/98 (Rojas ***et al.***, 1983; Rojas ***et al.***, 1984; Braun ***et al.***, 1998; Braun ***et al.***, 1999).

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

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1981-2005, para la estación de invierno, indica que aún persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situación que se ha mantenido sin alteraciones a partir del invierno de 1993 (Braun ***et al.***, 2005a; Braun ***et al.***, 2005b). Es así, como en invierno de 2005, el estadio de huevos exhibió con respecto al invierno precedente una disminución que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -45,1%, incrementando en un 41,3% las fases larvarias su cobertura geográfica.

Las densidades promedio por estaciones positivas, utilizadas como un índice de la intensidad y/o concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2004 (Braun ***et al.***, 2005b), una disminuciòn para la fase de huevos igual a -32,4%, observándose para las fases larvarias una importante alza, la que se traduce en un porcentaje de cambio igual a 62,4%.

Para ambos estadios de desarrollo, las más bajas frecuencias de estaciones positivas se registraron en primavera de 1997 e invierno de 1998 (Braun ***et al.***, 1997; Braun ***et al.***, 1998), asociadas a la presencia de "El Niño" 1997/98 en la zona de estudio, la que se caracterizó por presentar una modalidad eminentemente costera en la postura, un rango latitudinal que en invierno no excedió los 21´00´S en el caso de los huevos y los 22°20´S, para las fases larvarias y una ausencia en primavera de huevos de anchoveta frente a las localidades de punta Lobos y punta Copaca.

Durante el verano de 2006, tanto los huevos como las larvas de anchoveta experimentan un incremento en la extensión de las áreas de desove, con tasas de cambio positivas iguales a 205% y 326%, respectivamente.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie histórica 1982-2006, nos confirma el carácter costero que adopta esta especie en su pico secundario de desove, siendo este de menor intensidad con respecto al desove de invierno, con presencia de huevos hasta las 70 mn frente a punta Lobos, en el verano de 1994 y 2003. Las mayores frecuencias de estaciones positivas (>20) a esta fase de desarrollo han sido registradas durante los años 1990, 1994, 1995, y 2006 destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y bahía Moreno (Castillo ***et al.***, 1994; Braun ***et al.***, 1995; Braun ***et al.***, 2005a).

Por su parte las fases larvarias muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del descrito para el estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan, dispersión, transporte, advección, entre otros. En verano de los años 1989, 1990, 1991, 1994, 1995, 1999 y 2006, se consignaron las mayores frecuencias de registros positivos (>30).

Las áreas de desove han mostrado estacional y temporalmente la misma tendencia en el sentido de distribuirse particularmente frente a Arica, entre punta Lobos y punta Copaca y bahía Moreno.

En el análisis integrado de la información, se debe considerar que el comportamiento estacional en los procesos de desove podría estar causado por la agregación de la especie para estos fines. En efecto, los recursos pelágicos analizados presentan variaciones espaciales intra e interanuales, las cuales se relacionan con procesos biológicos y fluctuaciones del medio ambiente (Yáñez ***et al.***, 2001). Por su parte, el estudio de la información de los huevos y larvas de anchoveta y de la temperatura superficial del mar, registrada con satelites NOAA, indica que el ictioplancton se presentó principalmente en zonas aledañas a focos surgentes y asociada a diferenciales térmicos moderados. Dicho resultado concuerda con lo expresado por diferentes autores que han estudiado la distribución y abundancia del ictioplancton y de ejemplares adultos de anchoveta en la zona norte (Braun ***et al.***, (2005a); Silva ***et al.***, (2003); Oliva ***et al.***, (2002); Yáñez ***et al.***, (1994), entre otros), llegando a conclusiones similares. También debe destacarse que tanto huevos como larvas muestran una clara preferencia por la temperatura entre 15-16°C (en los meses correspondientes a otoño e invierno), semejante a lo descrito por Braun ***et al.***, (2005b) y Oliva ***et al.***, (2002). Por otro lado Silva ***et al.***, (2003), señalan para verano que la TSM promedio de pesca para ejemplares adultos es de 20°C; en tanto que el ictioplancton presenta un rango predilecto de 18-20°C.

Al examinar visualmente el patrón de distribución de los huevos y larvas, se observa que en general las larvas poseen un patrón de cobertura geográfica más amplio que los huevos y además se encuentran más alejadas de la costa. De esta manera las larvas aprovecharían la cantidad y calidad de alimentos derivados de los primeros efectos de las surgencias, las que se extienden hasta las 30-40 millas de la costa a principios de año (enero-abril) (Barbieri ***et al.***, 1995) y hasta las 20-25 millas en invierno. A su vez, Oliva ***et al.***, (2002) indican que los focos más importantes de huevos de anchoveta tienden a ubicarse en las primeras millas de la costa, asociados a los bordes internos de los gradientes térmicos y salinos. Es importante destacar que en invierno, las reparticiones espaciales del ictioplancton se encuentran en posiciones más oceánicas, debido a una mayor cobertura territorial del ictioplancton en este período, ya que es la época de desove principal y por otro lado la de mayor abundancia de larvas (Morales ***et al.***, 1996). Lo anterior se ve reflejado en el número de estaciones positivas que se alcanzan en el mes de septiembre, 46% y 87% del total de estaciones, para huevos y larvas respectivamente. Paralelamente, en el período de verano se logran los menores registros de estaciones positivas con 24 y 31 estaciones para huevos y larvas, respectivamente.

De manera general, en la zona de estudio se aprecian tres sectores donde se observan registros de huevos y larvas de manera recurrente, el primero esta localizado en los alrededores del puerto de Arica y tiene una baja extensión espacial; el segundo núcleo se ubica en las proximidades de punta Lobos y es el foco principal en términos espaciales y temporales y que además presenta las mayores densidades de huevos y larvas, y se caracteriza por abarcar una amplia zona que cubre app. 5.400 $mn^2$; y un tercer sector se emplaza frente al puerto de Antofagasta y se caracteriza por su extensión costera. En este sentido, es importante señalar que los tres principales focos de abundancia de huevos y larvas coinciden con las áreas de surgencias más relevantes del norte del país, lo que se debería a que es improbable que en zonas de surgencias se encuentren bajas

concentraciones de alimento para no poder satisfacer las necesidades metabólicas de las larvas (Pizarro ***et al.***, 1998).

En el estudio de las posibles relaciones entre condiciones oceanográficas y variables como la abundancia del ictioplacton o de peces, se han utilizado distintas técnicas de análisis. Una de ellas corresponde a los modelos aditivos generalizados (**GAM**), debido a que es una metodología que flexibiliza la utilización de distribuciones probabilísticas para la variable de interés distintas a la normal y permite modelar relaciones de naturaleza no lineal. Estos dos hechos permiten generalizar los supuestos asumidos para un modelo lineal clásico, permitiendo modelar variables aleatorias (respuesta) con recorrido discreto o continuo, como los casos de presencia/ausencia o densidad de huevos o larvas, respectivamente. En este contexto, la utilización de GAM permite describir relaciones entre variables de interés o modelar en función a covariables que permitan describir su comportamiento.

La bondad de los ajustes se estudia a través del análisis de deviance, la cual corresponde a un test de razón de verosimilitud entre un modelo saturado (n parámetros) y un modelo propuesto (p parámetros). Además, la deviance puede ser usada para comparar modelos anidados y de esta forma realizar inferencia sobre el efecto particular de ciertos predictores en la respuesta estudiada. Los resultados del análisis mostraron ajustes significativos (**Tabla 46**), con valores p menores a 0,01. No obstante, también se presentó un índice de calidad del ajuste (**pseudo $R^2$**), el cual nos ayuda a contextualizar que también el modelo se ajusta a los datos. Estos índices en general son bajos, situación esperable debido a la alta variabilidad entre las variables modeladas y sus covariables. Sin embargo, y aún con niveles bajos de ajuste, los modelos desarrollados permiten describir el comportamiento del ictioplacton en función de las covariables incorporadas en el análisis y ratificadas por la significancia estadística de los modelos.

A partir de 1985, cuando se comenzó a percibir un cambio radical en los niveles de abundancia, se observa al igual que en estos últimos tres períodos estacionales analizados, que la especie dominante en la zona de estudio sigue siendo la anchoveta por sobre sardina y jurel. Esto es corroborado además por las prospecciones acústicas, donde se han registrado en los últimos años densidades importantes de este recurso en toda la zona norte del país. Durante los tres últimos cruceros estacionales, las abundancias de huevos de anchoveta coincidieron con las abundancias de los adultos de la especie, encontrándose presencia de anchoveta en los mismos sectores donde se detectaron las mayores concentraciones de huevos.

La distribucion espacial de huevos durante septiembre de 2005, donde se registró la mayor abundancia y frecuencia de huevos, muestra una coherencia espacial acorde con la mayor intensidad y extension espacial de la surgencia, lo que implica un mayor transporte costa-oceáno por medio de lenguas y filamentos de surgencia (Brink &. Cowles, 1991). En el periodo primavera-verano, la intensidad de la surgencia disminuye consistentemente con una disminucion de la componente a lo largo de la costa y aumento de la estratificación. En este periodo la distribucion espacial de clorofila muestra menores concentraciones superficiales y restringida a un área más cercana a la costa. En estas condiciones, la distribución de huevos de anchoveta está restringida a su vez a una zona más costera y en menores concentraciones a lo observado en septiembre.

Entre el periodo de invierno y primavera-verano, la intensidad de la surgencia, y los mecanismos de transporte asociados a ella, lenguas y filametos, disminuyen en intensidad y extension, acompañados con una disminucion en la concentración y extension de clorofila-**a** superficial. Coherentemente, la distribución espacial de huevos muestra una disminución en su extensión asociada a la disminución en la intensidad de la surgencia. Además de los cambios estacionales observados, la anchoveta concentra la puesta princial justamente en el periodo de mayor extension espacial de la surgencia y las puestas secundarias en el periodo primavera-verano.

En relación a las anchovetas adultas, estas presentaron un patrón de distribución estacional semejante al histórico, con una localización oceánica en invierno, llegando hasta las 80 mn de la costa, restringiéndose hacia la costa en la primavera donde se presentó en las primeras 5 mn, ampliándose sus límites occidentales en el verano donde las mayores densidades alcanzaron hasta las 40 mn frente a Arica. En el sentido vertical esta especie se localizó en los primeros 20 m de profundidad, con valores medios que fluctuaron entre 12,2 m en el verano y 16,4 m en invierno.

El jurel, por su parte, presentó una amplia cobertura espacial y un relativo incremento de la asociación con la costa en la primavera. La distribución vertical promedio varió entre 22,0 m (<8,0; >79,5 m) en el invierno y 27,9 m (<7.5; >120 m) en el verano.

La caballa, en los tres cruceros, se presentó en forma aislada y en bajas densidades entre la costa y las 95 mn entre Arica y Antofagasta, variando su límite sur hasta punta Grande (22º30´S) en el crucero de invierno.

El Índice de Cobertura (IC) de anchoveta varió entre 6,4% en invierno y 19,7% en primavera; el jurel registró un IC entre 4,6% en invierno y 8,9% en verano; el langostino presentó un IC entre 0,07% en invierno y 1,9% en primavera; el IC del pez linterna varió entre 0,9% en primavera y 1,6% en invierno.

El Índice de Densidad (ID) de anchoveta varió entre 129,3 en el verano y 275,6 t/mn$^2$ en la primavera; el jurel fluctuó entre 19,4 t/mn$^2$ en el invierno y 36,7 t/mn$^2$ en el verano; la caballa presentó ID entre 6,8 t/mn$^2$ en la primavera y 14,8 t/mn$^2$ en el verano. El pez linterna registró una alta concentración con un ID de 165,5 t/mn$^2$ en el invierno y 175,4 t/mn$^2$ en la primavera; mientras que el langostino varió entre 54,2 t/mn$^2$ en primavera y 205,3 t/mn$^2$ en el invierno.

# X. CONCLUSIONES

Durante el crucero de invierno, los vientos medidos fueron más intensos que los registrados en igual período mensual de los últimos 4 años.

El sector oceánico comprendido entre Arica y rada Paposo presentó en invierno de 2005, una situación fría y de baja salinidad. Una de las causas de esta condición fue la surgencia costera, que comparativamente fue más intensa que los últimos cuatro años.

En primavera, la intensidad de los vientos disminuyó en relación al invierno, pero se incrementó con respecto a la primavera de 2003, mientras que para el verano los vientos fueron dèbiles en comparación con los mismos perìodos comprendidos entre 2001 y 2004.

Las temperaturas superficiales del mar (**TSM**) entre Arica y Antofagasta registradas en junio y julio de 2005, no variaron respecto al promedio histórico mensual. Desde mediados de agosto se presentaron anomalías negativas no significativas de TSM que se prolongaron hasta octubre.

En primavera, la zona de estudio presentó en general, tanto a nivel superficial como subsuperficial, condiciones normales. Los focos superficiales de anomalías positivas de temperatura y particularmente los de salinidad, se originaron producto de una combinación de procesos locales. En este período, la disminución de las anomalías negativas de TSM, se correlacionaron con una intensidad baja del viento; coincidiendo con la disminución general que experimentaron las anomalías de TSM en la costa ecuatoriana y a lo largo de la costa de Perú.

En verano se registró una condición de normalidad para la zona, sin manifestarse una situación fría causada por el evento “La Niña”, que estaba desarrollándose en

el sector oceánico del Pacífico ecuatorial. A su vez, en el área costera de Mejillones se registraron altas TSM, altas concentraciones de oxígeno disuelto y bajas concentraciones de cloa, asociadas a una condición de surgencia dèbil.

En invierno el espesor de la capa de mezcla fue mayor respecto del año precedente (período normal), mientras que la termoclina entre Arica y rada Paposo, presentó un espesor promedio mas delgado, evidenciándose que la disminución de temperatura en superficie estuvo asociada a una menor temperatura en los primeros 50 m.

En primavera, anomalías positivas y negativas significativas de la profundidad de la isoterma de 15°C se registraron en forma aislada y sólo en el sector oceánico de la mitad sur de la zona. Lo anterior estuvo asociado con la condición de normalidad descrita para la capa superficial. Las anomalías negativas de esta variable habrían sido producto del transporte de agua fría de surgencia desde la costa hacia el oeste en dicha área.

En verano de 2006 la capa de mezcla tuvo un menor espesor en el sector oceánico central y oeste de la zona, respecto a períodos anteriores, producto de la menor intensidad del viento medido en el período. La anomalía de profundidad de la isoterma de 15°C estuvo, sin embargo, dentro del rango considerado normal en la mayor parte del área de la zona de estudio.

En Invierno, la participación en la mezcla de la masa de agua ecuatorial subsuperficial (**AESS**), experimentó en la capa superficial un aumento de un 10% a un 30% respecto de igual período de los últimos dos años; debido a esto, el límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto se ubicò en niveles de profundidad hasta 20 m menores, con respecto al año 2004.

En primavera el agua subtropical (**AST**) se presentó con menores porcentajes de participación en la mezcla, en relación a igual mes de 2003, período que fue

considerado normal. El agua subantártica (**ASAA**) presentó en promedio, hasta un 10% de mayor participación respecto a los meses de diciembre precedentes, mientras que la AESS, no registró diferencias notables de participación entre ambos períodos de comparación.

En verano de 2006, se evidenciaron núcleos de ASAA más desarrollados en el sector costero respecto al verano anterior, los que señalaron un 10% a 20% de mayor participación en la mezcla, asociado a una disminución de la participación de AESS.

El rango de OD superficial de los tres perìodos, fue similar a lo observado en años anteriores considerados normales. Sin embargo, la disminuciòn del espesor de la capa òxica en invierno de 2005 se asocia al aumento en la participaciòn de AESS en el sector comprendido entre Arica y Punta Copaca.

Las concentraciones de cloa superficial medidas en invierno de 2005 entre Arica y bahía Moreno, presentaron valores más altos que aquellos registrados en similar período entre los años 1994 y 2005. A nivel subsuperficial la concentración pigmentaria denotó un aumento importante en relación al invierno de 2004.

Las concentraciones de cloa superficiales medidas durante el crucero de invierno de 2005, serían producto de una intensa actividad fotosintética, sustentada por una mayor participación de AESS.

En primavera de 2005, la biomasa pigmentaria exhibiò una disminución en su concentración y cobertura espacial, con respecto al invierno precedente. No obstante lo anterior, fueron las más altas del perìodo de primavera de los años 1997 - 2004.

En verano de 2006, las concentraciones superficiales de cloa fueron inferiores a las registradas en primavera y muy similares a las consignadas en igual período del

año 2003 e inferiores a las de verano de 2004, período catalogado como muy productivo.

Durante la primavera y verano, los núcleos de alta concentración de clorofila tanto superficial como subsuperficial, estuvieron asociados a porcentajes de participación de masa de agua AESS mayores al 50 %.

Las series de clorofila-**a**, de las localidades de vigilancia mensual de Arica e Iquique desde el año 2004, y la de Mejillones desde mediados de 2003, señalaron una permanencia temporal mayor de los núcleos de altos valores, en relación a los años anteriores, sin modificarse en forma importante el rango de concentraciones.

Durante el perìodo de estudio, los huevos de anchoveta, se localizaron principalmente en zonas aledañas a focos surgentes asociados a diferenciales térmicos moderados. Por su parte, las fases larvarias, presentaron un patrón de cobertura espacial más amplio, colonizando zonas más oceànicas producto de los procesos que las afectan (transporte, advecciòn, entre otros).

El análisis de los modelos de regresión entre huevos y larvas de la especie y el gradiente térmico, sugiere un efecto positivo sobre las densidades del ictioplancton respecto de diferenciales térmicos moderados.

En los tres períodos de estudio, la anchoveta fue la especie mas frecuente, con un mayor porcentaje durante la primavera, mientras que el jurel registró su mayor porcentaje de frecuencia espacial en verano y el menor en invierno. De la misma manera, los aportes del pez linterna, langostino y caballa fueron marginales en todos los cruceros.

La distribución estacional exhibida por la anchoveta fue semejante al patrón de distribución histórico, localizándose en invierno en el sector oceànico y en la banda

costera en primavera, ampliando sus límites occidentales en verano, donde alcanzó hasta las 40 mn.

El jurel presentó una amplia cobertura espacial y una mayor asociación con la costa en primavera.

La caballa se presentó de manera aislada y en densidades bajas entre Arica y Antofagasta, dentro de las 95 mn, restringiendo su distribución hasta punta Grande en invierno.

La mayor amplitud de la surgencia en invierno sumado a la mayor intensidad en el desove durante este período, provocan un mayor desplazamiento de los huevos y larvas hacia las zonas más oceánicas, donde el alimento (células fitoplanctónicas) está disponible en altas concentraciones. Tal distribución está avalada además por la disposición de los adultos en aquellos sectores, durante el período más frio.

Por el contrario en primavera y verano, la menor amplitud de la surgencia, sumado a la menor intensidad en el desove en comparación al invierno, con llevan a una estratificación en la distribución de los huevos. También los adultos se distribuyen agregados, bordeando la costa, ratificando una postura netamente costera.

La TSM es una variable que juega un papel importante tambien en la distribución del recurso y de los huevos de anchoveta, coartando su distribución donde esta presenta los mayores valores.

El IC de anchoveta fue mayor en primavera y menor en invierno. En jurel, el mayor IC se registró en verano. El langostino presenta su mayor IC en primavera, mientras que el pez linterna lo hace en invierno.

El ID de anchoveta fue mayor en primavera, mientras que el de jurel y caballa en verano. El pez linterna presenta un ID relativamente mayor en invierno.

# XI. ESTRUCTURA BASE DE DATOS

La estructura de las bases de datos con toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del proyecto FIP N° 2005-10 “Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, Año 2005” 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 oceanográficas realizadas durante los cruceros de monitoreo, se encuentran en los siguientes archivos: **CRUCE477**, **CRUCE478** y **CRUCE481**cuyo formato de grabación (Formulario de codificación), corresponde a una modificación del formato **NODC**. El formato **IFOP** está compuesto por un registro de identificación y varios registros de información:

### a) Registro de identificación

| Campo | Columna de inicio | Formato |
|---|---|---|
| país | 1 | E 2 |
| buque | 3 | A 2 |
| latitud grados | 5 | E 2 |
| minutos | 7 | R 3.1 |
| longitud grados | 10 | E 2 |
| minutos | 13 | R 3.1 |
| marsden | 16 | E 3 |
| año | 19 | E 2 |
| mes | 21 | E 2 |

continuación

| Campo | Columna de inicio | Formato |
|---|---|---|
| día | 23 | E 2 |
| hora local | 25 | R 3.1 |
| institución | 28 | E 2 |
| crucero | 30 | E 3 |
| estación | 33 | A 3 |
| prof.ecosonda | 36 | E 4 |
| máxima profundidad | 40 | E 2 |
| n° observaciones | 42 | E 2 |
| trans. Secchi | 44 | E 2 |
| dirección olas | 46 | E 2 |
| altura olas | 48 | E 1 |
| período olas | 49 | E 1 |
| dirección viento | 50 | E 2 |
| velocidad viento | 52 | E 2 |
| presión barométrica | 54 | R 3.1 |
| bulbo seco | 57 | R 3.1 |
| bulbo húmedo | 60 | R 3.1 |
| tiempo | 63 | E 2 |
| 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. A continuación se entregan codificaciones realizadas a los datos meteorológicos.

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

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

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

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

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

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

## 2. Clorofila –a

| | | |
|---|---|---|
| Crucero MOBIO de invierno | 2005 | cru-477- clo |
| Crucero MOBIO de primavera | 2005 | cru-478- clo |
| Crucero MOBIO de verano | 2006 | cru-481- clo |

Nombre del archivo

cru-477- clo: indica el número del crucero - variable clorofila

Estructura interna:

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

## 3. Huevos y larvas de peces

La información zooplanctónica de cada una de las estaciones bio-oceanográficas que se realizarán durante los cruceros estacionales de monitoreo y estaciones costeras, se almacenarán en los archivos mobio1, mobio2 y mobio3 y costeras.dat 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, minuto |
| 7 | Latitud grados |
| 8 | Latitud minutos |
| 9 | Longitud grados |
| 10 | Longitud minutos |
| 11 | Código de la red |
| 12 | Abertura de malla de la red, en micras |
| 13 | Profundidad |
| 14 | Código flujómetro |
| 15 | Número inicial revoluciones |
| 16 | Número final revoluciones |
| 17 y 18 | Tiempo calado minuto, segundo |
| 19 y 20 | Tiempo virado minuto, segundo |
| 21 | Metros cable arriado |
| 22 | Angulo del cable |
| 23 | Factor de estandarización |
| 24 y 25 | Huevos y larvas de anchoveta |
| 26 y 27 | Huevos y larvas de sardina |
| 28 y 29 | Huevos y larvas de jurel |
| 30 y 31 | Huevos y larvas de caballa |
| 32 y 33 | Huevos y larvas otras especies |
| 34 | biomasa zooplanctónica |

## 4. Acústica

La información concerniente a la evaluación hidroacústica estacional estará contenida en dos tipos de archivos: BIOMA-XX.DAT y POSIC-XX.DAT. En el nombre de estos archivos se indica el número de la transecta por las letras XX.

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

Los archivos BIOMA-XX.DAT están estructurados según:

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

(1) Códigos de especie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sardina española | Código de especie | = | 1 |
| Jurel | Código de especie | = | 2 |
| Anchoveta | Código de especie | = | 3 |
| Caballa | Código de especie | = | 4 |
| Otras | Código de especie | = | 5 |

(2) Códigos del tipo de agregación

| | | |
|---|---|---|
| Cardumen | = | 1 |
| Agregación (estrato) | = | 2 |
| Individual (aislado) | = | 3 |

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

Los archivos POSIC-XX.DAT están estructurados según:

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

## 5. Estaciones costeras

La información de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila **a** en las estaciones fijas de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique y Mejillones para el período junio 2005 a marzo 2006, se entrega en el siguiente archivo:

FIJAS FIP2005-10.xls

Descriptor: FIJAS FIP2005-10.XLS

Columna A: estación
Columna B: año
Columna C: mes
Columna D: día
Columna E: profundidad
Columna F: temperatura
Columna G: salinidad
Columna H: oxígeno
Columna I: cloa

Estación : texto, indicando Arica, Iquique o Mejillones
Profundidad : numérico, metros
Temperatura : numérico, °C
Salinidad : numérico, psu
Oxígeno : numérico, mL/L
Clorofila **a**: numérico, µg/L

La información de huevos, larvas, biomasa zooplanctónica y grupos zooplanctónicos obtenida para las estaciones de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique y Mejillones para el período junio 2005 a marzo 2006, se encuentra almacenada en el archivo base fijas_planc FIP2005-10.xls, de la siguiente manera:

| Columna | Tipo de información |
|---|---|
| A | estación |
| B | año |
| C | mes |
| D | dia |
| E | huevos de anchoveta |
| F | larvas de anchoveta |
| G | huevos de sardina |
| H | biomasa zooplanctónica |
| I | copépodos |
| J | eufáusidos |
| K | ostrácodos |
| L | cladóceros |
| M | larvas decápodos |
| N | anfípodos |
| O | estomatópodos |
| P | medusas |
| Q | sifonóforos |
| R | ctenóforos |
| S | quetognatos |
| T | poliquetos |
| U | pterópodos |
| V | salpas |
| W | doliólidos |
| X | apendicularias |
| Y | isópodos |
| Z | larvas cifonautas |

# XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

**A**ravena, 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.

**A**rcos, D. F. 1975. Copépodos Calanoídeos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. Gayana Zool. 32:1-31.

**A**ron, 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.

**A**varia, S., P. Muñoz y E. Uribe. 1982. Composición y biomasa del fitoplancton marino del norte de Chile en diciembre se 1980 (Operación Oceanográfica Marchile XI-ERFEN II). Cienc. y Tec. del Mar, Cona, 6: 5-36.

**B**akun, A. 1973. Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America, 1946 – 1971. U.S. Deparment of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 671, 103 pp.

**B**akun, A. 1975. Daily and weekly upwellind indices, West Coast of North America, 1967 – 1973. U.S. Deparment of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 693, 113 pp.

**B**akun A. and R. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the california and Peru Current System. CalCOFI. Rep., Vol XXIII, 99-112.

**B**akun, A. 1987. Monthly variability in the ocean habitat off Perú as deduced from maritime observations, 1953 to 1984. In: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of changes. D. Pauly & I. Tsukayama (Eds.) ICLARM Studies and Rewiews 15: 46-74.

**B**akun, A., C. Nelson. 1991. The Seasonal Cycle of Wind-Stress Curl in Subtropical Eastern Boundary Current Regions. Jour. of Phis. Ocean. Pág. 1815-1834.

**B**akun, A. 1996. Patterns in the ocean. Ocean process and population dynamics, 323 pp., Roma, Italia.

**B**akun, A., K. Broad. 2003. Environmental 'loopholes' and fish population dynamics: comparative pattern recognition with focus on El Niño effects in the Pacific. Fish. Oceanogr. 12:415-458.

**B**akun, A. 2006. Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptative response and competitive advantage, Scientia Marina, 70S2, 105-122.

**B**albontín, 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.

**B**albontín, F. y R.Pérez.1980. Descripción de los estados larvales de ***Normanichthys crockeri*** Clark (Perciformes: Normanichthydae) del área de Valparaíso.Rev. Biol. Mar.Valparaíso, 17:81-95.

**B**arber R.T., Chavez, E.P.1983. Biological consequences of El Niño. Science 22: 1203-1210.

**B**arbieri, 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.

**B**arbieri, M., M. Bravo, M. Farías, A. González, O. Pizarro y E. Yánez. 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.

**B**arbieri M.A.,E Yáñez y A. González. 1997. Determination of the localization and duration of the local upwelling in the chilean northern zone by mean of satellite images of the sea superficial temperature". In: Remote Sensing for Marine and Coastal Environments: Technology and Applications. ERIM, Michigan, USA, Vol. I, 583-592.

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

**B**ilbao, P. 1992. Características físicas del fenómeno de El Niño 1982-1983 en la costa de Chile. Tesis de oceanografía. Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile.

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

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

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

**B**lanco, J.L. 2004. Inter-annual to inter-decadal variability of upwelling and anchovy population off northern Chile. Dissertation submitted to Faculty of Old Dominion University in partial Fulfillment of the requirement for the Degree of Doctor of Philosophy. December 2004.

**B**oltovskoy, 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP.Mar del Plata, Argentina.

**B**ougis, P. 1974. Ecologie du plancton marin. II. Le zooplancton. 200pp.

**B**raun, M, 1995. Determinación de la distribución especial y la abundancia de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel. En: Evaluación Hidroacústica de los Stocks de Sardina Española, Anchoveta y Jurel en la Zona Norte, I a IV Regiones. Informe Final - Proyecto FIP.

**B**raun, M., J. L. Blanco, J. Osses y J. Castillo. 1998. Monitoreo mensual de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°96-07. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 128 pp + Tablas y Figuras. (monitoreo mayo 97 a dic 97)

**B**raun, M., J. Blanco, J. Osses, J. Castillo, H. Miles. 1999. Monitoreo acústico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. Informe final FIP 97-02. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 145 pp + Tablas y Figuras.

**B**raun, M., H. Reyes, J. Osses, J. Castillo, V. Valenzuela. 2000. Monitoreo de las condiciones bio oceanograficas en la I y II regiones, año 1999. Informe Final. FIP 99 01. 164 p.

**B**raun, M., H. Reyes, J. Osses, J. Castillo, V. Catasti. 2001. Monitoreo de las condiciones bio oceanograficas en la I y II regiones, año 2000. Informe Final. FIP 2000 01. 207 p.

**B**raun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo y V. Catasti. 2002. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).

**B**raun, M.; H. Reyes; V. Valenzuela, E. Pizarro, J. Castillo y V. Catasti. 2003. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Informe Final FIP N°2002-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 183 p + Anexos.

**B**raun, M., H. Reyes, V. Valenzuela, J. Castillo, E. Pizarro y V. Catasti. 2004. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003. Tercer Informe de Avance FIP 2003–01. 88 pp.

**B**raun, M., H. Reyes, J. Castillo, V. Catasti, V. Valenzuela, M. Pizarro y J. L. Blanco. 2005a. Monitoreo de las condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003. Informe Final proyecto FIP Nº 2003-01.

**B**raun, M.; H. Reyes; E. Pizarro, J. Castillo, J. Saavedra, V. Catasti y V. Valenzuela. 2005b. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y IV Regiones, año 2004. Informe Final FIP N°2004-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 300 pp + Anexos.

**B**rink, K. H., and D. Halpern. 1983. The physical environment of Peruvian upwelling system. Progress in Oceanography 12: 285-305. doi:10.1016/0079-6611(83)90011-3.

**B**rink, K., and T. Cowles. 1991.The coastal transition zone program., *Journal of Geophysical Research*, *96* (C8), 14637-14647.

**B**utler, M., C. LeBlanc, J. Belbin y J. MacNeil. 1990. Cartografía de recursos marinos: un manual de introducción. FAO, documento técnico de pesca Nº 274. 281 p.

**C**añón, J. R. 1986. Variabilidad ambiental en relación con la pesquería pelágica de la zona norte de Chile. In: "La pesca en Chile", P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso:195 – 205.

**C**arpenter, J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol. And Oceanogr., 10:141-143.

**C**astilla, J., N. Lagos, R. Guiñez, y J. Larguier. 2002. Embayments and nearshore retention of planckton: The Antofagasta Bay and others examples. The Oceanography and ecology of the nearshore and bays in Chile. Juan C. Castilla and Jhon L. Largier (eds). Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, 2002, p179-2003.

**C**astillo, J. y O. Guzmán. 1985. Variaciones de la distribución espacial de la sardina española y jurel durante El Niño 1982-83. Inv. Pes. (Chile), 32: 79-93.

**C**astillo, J., J. Blanco, M. Braun, H. Reyes, H. Robotham. 1994. Evaluaciçon directa del stock de sardina española, anchoveta y jurel (regiones I a IV). Informe Final. FIP/ IT 93 01. 256 p.

**C**astillo, J., M. A. Barbieri y A. González. 1995a. Relationships between sea surface temperatura, salinity and the pelagic fish distribution off northen Chile. ICES, Inter. Symp. On Fisheries and Plankton Acoustic, Paper N°157, 13 pp.

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

**C**astillo, J., M. Barbieri, J. Córdoba, S. Lillo, U. Parker, J. L. Blanco, M. Braun y J. Osses. 1996. Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española, de las Regiones I a IV. IFOP. Informe final de proyecto al FIP. 165p + Anexos.

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

**C**hávez, F., and J.R. Toggweiler. 1995. Physical estimates of global new production: The upwelling contribution, in Upwelling in the Ocean: Modern Processes and Ancient Records, edited by C.P. Summerhayes, K.-C. Emeis, M.V. Angel, R.L. Smith, and B. Zeitschel, ES 18, Chichester: Wiley.

**C**hávez FP, PG Strutton & MJ McPhaden. 1998. Biological-physical coupling in the central equatorial Pacific during the onset of the 1997-98 El Niño. Geophysical Research Letters 25: 3543-3546.

**C**heckley, D. M., Jr., P.B. Ortner, S.R. Cummings and L.R. Settle. 1997. A continuous underway fish egg sampler. Fish. Ocean. 6: 58-73.

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

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

**C**irke, J. y G.D. Sharp. 1985. Informes de la consulta de expertos para examiner los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos. FAO Inf. Pesca Nº 291, Vol. 1: 104 pp.

**C**laramunt, G., G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, R. Escribano, M. Oliva, A. Olivares y A. Zuleta. 1997. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el "Método de Producción de Huevos" en la I y II Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 96-01. Fondo de Investigación Pesquera. Universidad "Arturo Prat" Iquique. 75 p. + anexos.

**C**ochran, W.G. 1977. Sampling techniques. 3rd edition. Wiley and Sons. New-York, 413p.

**C**OPAS, 2005. Boletín Oceanográfico. Febrero a Diciembre de 2005. http://www.profc.udec.cl/boletin/Boletinesanteriores/Boletines2005).

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

**C**ubillos, L.A., Arcos, D.F., Bucarey, D.A., and Canales, M. 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile: a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling?. Aquatic Living Resources 14(2): 115-124.

**E**astman, J.R. 1997. IDRISI for windows: User's Guide, Version 2.0. Clark University, Worcester, MA, USA, 346 pp.

**E**inarsson, 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.

**E**spejo, M. y J. Castillo. 1997. SIMBAD un nuevo enfoque de procesamiento de datos acústicos. En Resúmenes XVII. Congreso de Ciencias del Mar. pp 186-187.

**E**spino, M. 2002. Cambios decadales en el Pacífico Sudeste. Rev. Chile Pesq. 2002. pag. 16-21.

**F**ahay, 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.

**F**eeley, R.A., R. Wanninkhof, T. Takahashi and P. Tans. 1999. Influence of El Niño on the equatorial Pacific contribution to atmospheric CO2 accumulation, Nature, 398, 597 – 600.

**F**edorov, K.N. 1985. The physical nature and structure of oceanic fronts., 333 pp., Springer-Verlag, Berlin, New York, London, Paris, Tokyo.

**F**ischer, W.1958. Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta"(***Engraulis ringens***) Jenyns.Rev.Biol.8(1,2 y 3):111-124.

**F**onseca, T. 1985. Física de las aguas costeras de la zona Central de Chile. Tralka, 4(2): 337-354.

**F**oote, 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, Denmarrk.

**F**rancis, R. I. C. C. 1984. Variability in hidroacustic biomass estimate (comment). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 825-826.

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

**G**reenwood, P.,D.Rosem, S.Weitzman y G.Myers.1966. Phyletic studies of teleosteam fishes, with a provisional classification of linving forms. An.Mus.Nat.Hist., Bull 131(4):341-455.

**G**uzmán, 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

**I**riarte J.L., G. Pizarro, V. Troncoso y M. Sobrazo. 2000. Primary production and biomass of size fractionated phytoplankton off Antofagasta, Chile (23º-24º S) during pre-El Niño and El Niño 1997. Journal of Marine Systems 26: 37-51.

**H**astie, T. J. and Tibshirani, R.J. 1990. Generalized Additive Models, Chapman & Hall, London.

**H**ormazábal, S., G. Shaffer, J. Letelier & O. Ulloa. 2001. Local and remote forcing of sea surface temperature in coastal upwelling system off Chile. Journal of Geophysical Research,106: 16657-16672.

**H**ormazábal S., S. Núñez, D. Arcos, F. Gomez y G. Yuras, 2004a. Mesoscale eddies and pelagic fishery off central Chile (33-40°S). Gayana (Concepc.), 2004, vol. 68, N°2, suppl, p.291-296. ISSN 0717-6538.

**H**ormazabal S., G. Shaffer, O. Pizarro & M. Ramos. 2004b. Interannual modulation of seasonal-scale variability in Alongshore flow off Chile. Draft submitted to Geophysical Research Letter.

**H**ormazábal S., S. Núñez, D. Arcos, F. Gomez y G. Yuras, 2006. Mesoscale eddies and jack mackerel (Trachurus murphyi) distribution in the easterm South Pacific. Draft submitted to Fisheries Oceanography (2006).

**J**acob, B. 2002. Variabilidad espacio temporal de las condiciones oceanográficas físicas y biológicas asociadas a la anchoveta (***Engraulis ringens***) en la zona norte de Chile, durante los períodos pre El Niño (1995-96) y El Niño (1997-98). Tesis para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Pesca y Acuicultura. Univ. del Mar.

**K**rzanowski, W. 1998. An Introduction to Statistical Modelling. Arnold, London

**L**alli, C., and T. Parsons. 1993. Biological Oceanography: An Introduction, 301 pp., Pergamon Press.

**L**illo, S., J. Córdova and A. Paillamán. 1996. Target strength measurements of hake and jack mackerel. ICES. J. of Mar. Sci. 53: 267-271.

**L**ohrenz, S. E., D. Wiesenburg, I. P. DEPalma, K. S. Jhonson y D. E. Gustafson, Jr. 1988. Interrelationships among primary production, cholophyll, and environmental conditions in frontal regions of the western Mediterranean Sea. Deep-Sea. Res. 35(5):793-810.

**M**amayev, O.I. 1975. Water masses of the South East Pacific Ocean. En: R.Frase, (ed.) Oceanography of the South Pacific, 1972. Papers presented at the International Symposium on the Oceanography of the South Pacific, Wellington, New Zealand, 9-12 February 1972. Wellington, New Zealand National Commission for UNESCO, pp, 71-99.

**M**ann, K.H., and J.R.N. Lazier, Dynamics of marine ecosystem: Biological-Physical interactions in the oceans, 394 pp., Blackwell Science Ltd, Massachusetts, USA., 1996.

**M**aravelias, 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.

**M**artínez, C., G. Böhm, L. Caballero, E. Díaz, A. Aranis, F. Espíndola, F. Cerna, C. Machuca, V. Bocic, L. Muñoz, R. Aravena, M. Ayala, H. Reyes, C. Vera y Z. Young. 2006. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Informe Final Proyecto Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Norte, 2005. Instituto Fomento Pesquero, 171pp + 9 Anexos.

**M**atarese, 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.

**M**cCullagh, P. And Nelder, J.A. 1989. Generalized Linear Models (2nd Edition), Chapman & Hall, London.

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

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

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

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

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

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

**M**orales, C.; J. L. Blanco; M. Braun; and N. Silva. 2001. Chlorophyll-a distribution and mesoscale physical processes in upwelling and adjacent oceanic zone off northern Chile (summer-autumn 1994). J. Mar. Biol. Ass. U. K.. Vol. 81, 193-206.

**M**oser, H.G. and E.H. Ahlstrom.1970. Development of lantern fishes family Myctophidae) in the Carlifornia Current. Part I: Species with Narrow-eyed larvae.Bull.Los Ang.Cty.Mus.Nat. Hist. Sci.7:1-145.

**N**arváez, D. 2000.Observaciones de vórtices de meso escala frente a la costa norte de Chile utilizando altimetría satelital y datos hidrográficos. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 47 pp.

**N**OAA, 2005a. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Septiembre 2005.
url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**OAA, 2005b. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Octubre 2005.
url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**OAA, 2005c. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Junio 2005.
url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**OAA, 2005d. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Julio 2005.
url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**OAA, 2005e. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Agosto 2005. url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**OAA, 2005f. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Diciembre 2005. url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**OAA, 2006a. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Enero 2006. url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**OAA, 2006b. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Febrero, 2006. url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**OAA, 2006c. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Marzo, 2006. url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**OAA, 2006e. El Niño/southern oscillation (ENSO) diagnostic discussion. Climate Prediction Center/NCEP. Mayo, 2006. url:http://products/analysis_monitoring/enso_advisory/

**N**ODC. 1991. Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National Oceanographic Data Center. NOAA. USA.

**O**liva J., C Montenegro, M. Braun, O. Rojas, H. Reyes, V. Catasti, E. Díaz, P. Barría, R. Serra, V. Baros, A. Vargas, G. Claramunt, G. Herrera, P. Pizarro, J.

Pizarro, Y. Muñoz, R. Escribano y M. Oliva. 2002. Evaluación del stock desovante de la anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2001. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 2001-10. 86 p. + anexos.

**O**livar, M. P. and J.M.Fortuño.1991.Guide to Ichthyoplankton of the southeast Atlantic (Benguela Current Region) SCI. Mar., 55(1):1-383.

**O**rellana, 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.

**O**rtiz, P. 1998. Fluctuaciones espacio temporales de las características físicas y químicas del agua de mar frente a Coquimbo. (30°S). Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 86 pp.

**P**antoja, P. 2002. Composición, abundancia y distribución de clases de tamaño del fitoplancton en la zona norte de Chile (19°– 21°S), durante la primavera de 1993. Tesis para optar al título de oceanógrafo PUCV.

**P**arsons, T.R, Y. Maita y C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergoamon Press 173 pp.

**P**ennington, M. 1986. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. (U.S.) 84:519-525.

**P**érez, 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.

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

**P**izarro, J., Palma W y C. Flores. 1998. Validación de la hipótesis de mortalidad por inanición en larvas de ***Engraulis ringens*** Jenyns, 1842 (Pisces: Engraulidae), utilizando el criterio histológico en un área de surgencia costera en el norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 26: 97-108, 1998.

**P**izarro, G., J. Iriarte, V. Montecinos, J. Blanco y L. Guzmán. 2000. Distribución de la biomasa fitoplanctónica y productividad primaria máxima de fiordos y canales australes (47°-50°S) en octubre de 1996. Cienc. Tecnol. Mar, 23:25-48.

**P**izarro, G., V. Montecino, L. Guzmán, V. Muñoz V. Chacón, H. Pacheco, M. Frangópulos, L. Retamal y C. Alarcón. 2005. Patrones locales recurrentes del fitoplancton en fiordos y canales australes (43°-56°S) en primavera y verano. Cienc. Tecnol. Mar, 28 (2): 63-83, 2005.

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

**P**ower, 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.

**R**eddy, 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.

**R**encher, A., 1995. Methods of Multivariate Analysis. John Wiley & Sons, Inc, 627 p

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

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

**R**ojas, 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.

**R**ojas, 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.

**R**ojas, O., A. Mujica, R. Kelly, J. Blanco, M. Diaz. 1984. Estado de sutuacion de las pesquerias pelagicas 1983. AP 84 – 37. Santiago, Chile, IFOP. 46 p.

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

**R**utllant, J., and V. Montecino. 2002. Ciclos multiescala en el forzamiento de la surgencia y respuesta biológica en el centro-norte de Chile, Revista Chilena de Historia Natural, 75, 217-231.

**R**utllant, J. 1994. Modelling the day to day wind variability offshore central Chile at about 30° South., Universidad de Chile, Santiago.

**S**ameoto, D., P. Wiebe, J. Runge, L. Postel, J. Dunn, C. Miller and S. Coombs. 2000. Collecting Zooplankton. En: ICES. Zooplankton Methodology Manual. 55-81 pp.

**S**akamoto, Y., Ishiguro, M., and Kitagawa G., 1986. Akaike Information Criterion Statistics. D. Reidel Publishing Company.

**S**antander, 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.

**S**antander, 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.

**S**ERNAPESCA, 2004. Anuario Estadistico.

**S**hannon, L.V. 1985. Description of the ocean colour and upwelling experiment, in South African ocean colour and upwelling experiment, edited by L.V. Shannon, pp. 1-12, Sea Fisheries Research Institute, Cape Town.

**S**hotton, R. y G. P. Bazigos. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic survey. Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 184: 34-57.

**S**ilva, N y D. Konow . 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill. Crucero 3-4. julio agosto 1974. . Cienc. y Tec. del Mar, Cona 3: 37 – 42. CONA 3.

**S**ilva, C., E. Yañez. M. A. Barbieri y K. Nieto. 2003. Asociaciones entre la pesquería de pequeños pelágicos, la clorofila ***a*** y la temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile. *In*: Actividad pesquera y de acuicultura en Chile. Valparaíso, 157-162.

**S**immonds, E. J., N. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen. 1991. Survey desing and analysis procedures: a comprehensive review ogf good practice. ICES C.M. 1991, 113 p (figures).

**S**inclair, M. y M.J. Tremblay. 1984. Timing of spawning of Atlanctic herring ***Clupea harengus*** populations and the match-mismatch theory. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 1005-1065.

**S**inclair, 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.

**S**mith, P. E., R. C. Counts and R. I. Clutter. 1968. Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow.J. Ciens.CIEM, 32(2):232-48.

**S**mith, 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.

**S**mith, P.E., W. Flerx and R.P. Hewitt. 1985. The CALCOFI vertical egg tow (CalVET) net. In: R. Lasker (ed), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, ***Engraulis mordax***. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 27-32.

**S**tefansson, G. 1996. Analysis of groundfish survey abundance data: combining the GLM and delta approaches. ICES. Journ. of Mar. Sci. 53(3). pp. 577-588 (12).

**S**trub, P., P. Kosro y A. Huyer. 1991. The nature of the filaments in the California Current System. J. Geophys. Res., 96: 14743 – 14768.

**S**trub, T., J. Mesias, V. Montecinos, J. Rutllant y S. Salinas. 1998. Coastal Ocean Circulation off western South America. En . The Sea, vol II, cap 10. A. Robinson and Kenneth H. Brink Editores. John Wiley & Sons. Inc.

**T**homas, A. C., M. E. Carr, y P. T. Strub. 2001. Chlorophyll variability in eastern boundary currents. Geophysical Ressearch Letters, 28(18): 3421-3424.

**T**homas, A., P. T. Strub, M. E. Carr, and y R. Weatherbee. 2004. Comparisons of chlorophyll variability between the four major global eastern boundary currents. International Journal of Remote Sensing. 25(7-8): 1443-1447.

**U**lloa, O., Escribano, R., Hormazabal, S., Quinonez, R., Gonzalez, R. 2001. Evolution and biological effects of the 1997-98 El Niño in northern Chile. Geophysical Research Letters. 28: 1591-1594.

**V**enrick, E. 1978. Systematic sampling in a planktonic ecosystem. Fishery Bulletin. 76(3): 617 – 627.

**V**ivanco, M., 1999. Análisis Estadístico Multivariable. Editorial Universitaria, 234 p.

**U**z BM, Yoder JA, Osychny V. 2001. Pumping of nutrients to ocean surface waters by the action of propagating planetary waves. Nature 409:597–600.

**Y**añez, E., M.A. Barbieri, A. González, O.Pizarro, M. Bravo, C.Canales & S. Salinas. 1994. Sea surface termal structureassociatedto the pelagic fish resources distribution in northern Chile. In: Remote Sensing for Marine and Coastal Environments: Needs, Solutions and Applications. ERIM, USA, Vol. II, 149 -162.

**Y**añez E.; V. Catasti. and M. A. Barbieri. 1997. Relationships between the small pelagic resources distribution and the sea surface temperature by NOAA satellites from Chile central. In: Proceedings of the Fourth International Conference ”Remote sensing for marine and coastal environments: technology and applications”. ERIM, Michigan, USA. Vol II.

**Y**añez, E., M García y M.A. Barbieri. 1998. Pelagic fish stocks and environmental changes in the south-east Pacific. In: Global *versus* Local Changes in Upwelling Systems. M. Durand, P. Cury, R. Mendelssohn, C. Roy, A. Bakun y D. Pauly (Eds.), ORSTOM Editions, Paris, 275-291.

**Y**áñez, E., M.A. Barbieri, C. Silva, K. Nieto & F. Espíndola. 2001. Climate variability and pelagic fisheries in northern Chile. Progress in Oceanography 49,581-596.

**Y**áñez, E., M. A. Barbieri & C. Silva. 2003. Fluctuaciones ambientales de baja frecuencia y pesquerías pelágicas chilenas. En: Actividad Pesquera y de Acuicultura en Chile. E. Yáñez (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 109-121.

**Y**ánez, E., C. Silva, A. Órdenes, F. Gómez, A. Valdenegro, N. Silva, S. Hormazábal, A. Montecinos, L. Cubillos, F. Espíndola y O. Pizarro. 2005. Análisis integrado histórico ambiente – recursos, I y II Regiones. Informe Final FIP N° 2003–33. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 164 p + Anexos.

**Y**uras, G., O. Ulloa, & S. Hormazábal. 2005. On the annual cycle of coastal and open ocean satellite chlorophyll off Chile (18º - 40º S). Geophysical Research Letters, 32, 1029-1033.

**U**NESCO 1968. Zooplankton sampling. Monographs on oceanographics methodology 2. Geneve. 174 p.

**U**NESCO, 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.

**U**NESCO, 1981b. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°37.

**U**NESCO, 1981c. Background papers and supporting data on the International Equationof State of Seawater. Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.

**Z**ar, J. H. 1974. “Biostatistical analysis”, Ed. Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 619 p.

# F I G U R A S

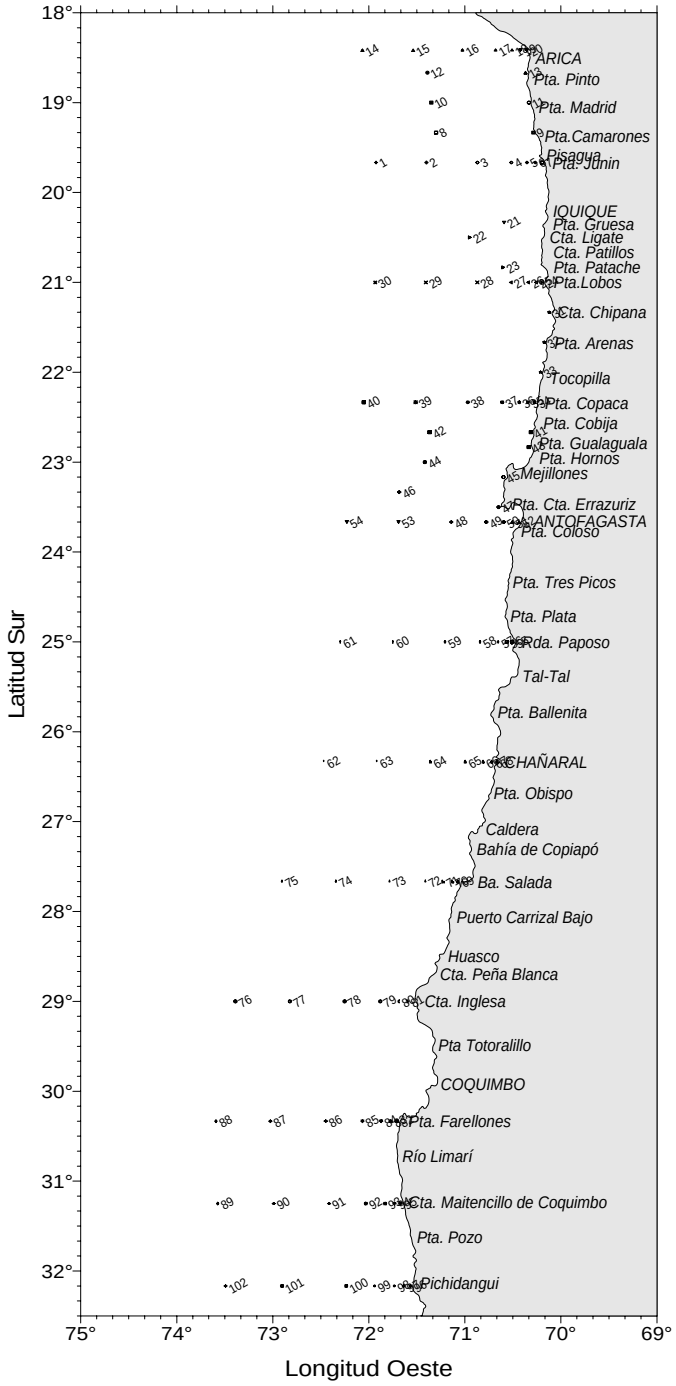



**Figura 1.** Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MOBIO 0508 – Invierno de 2005

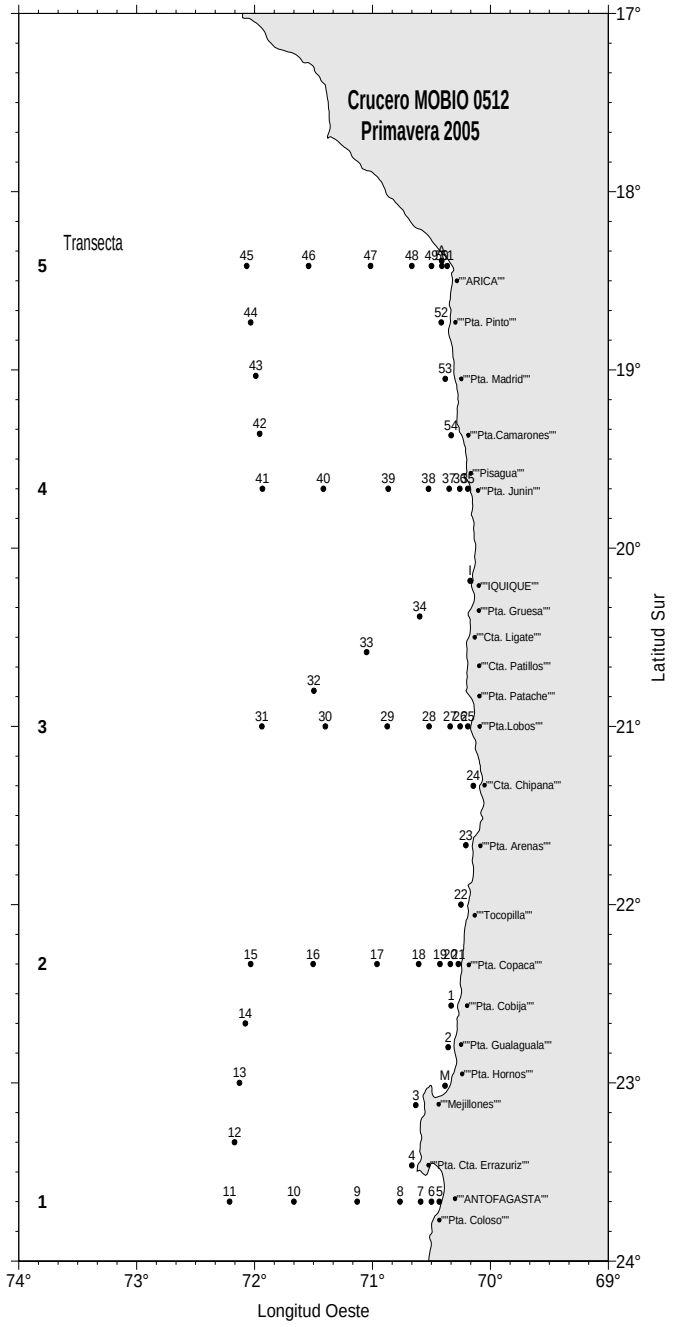



**Figura 2.** Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MOBIO 0512 – Primavera de 2005

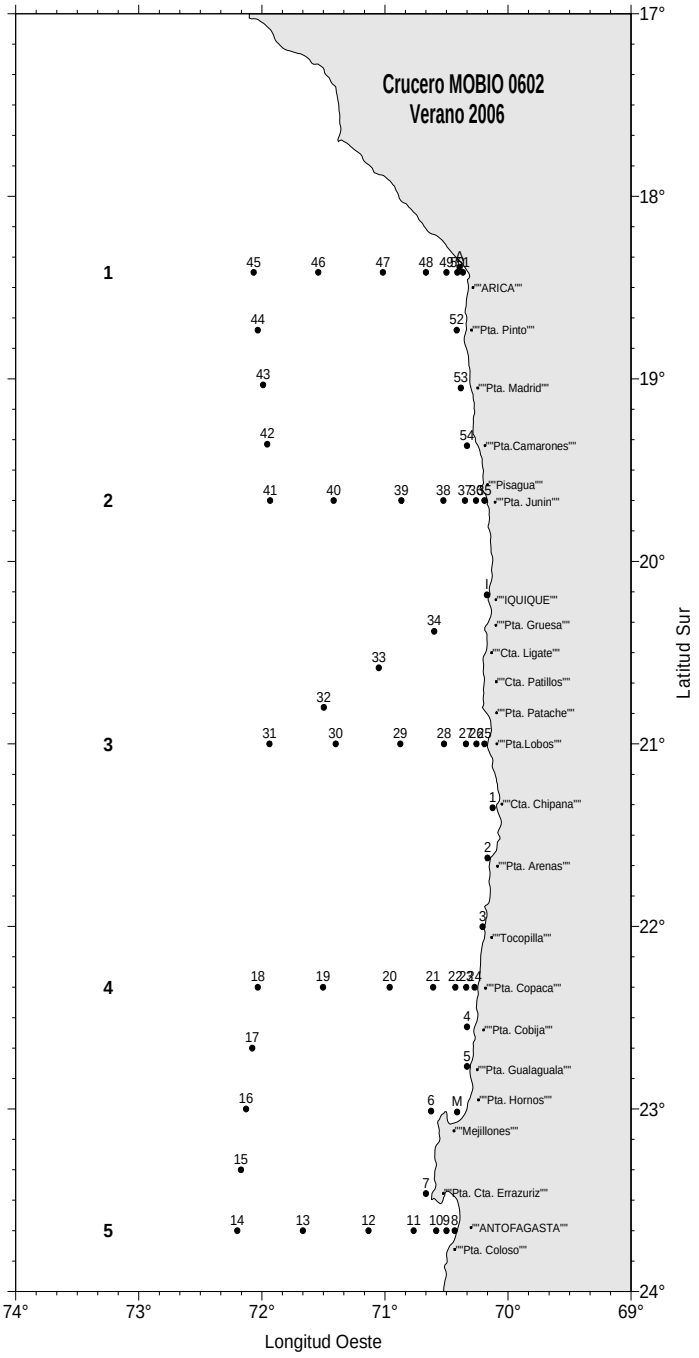



**Figura 3.** Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MOBIO 0602 – Verano de 2006

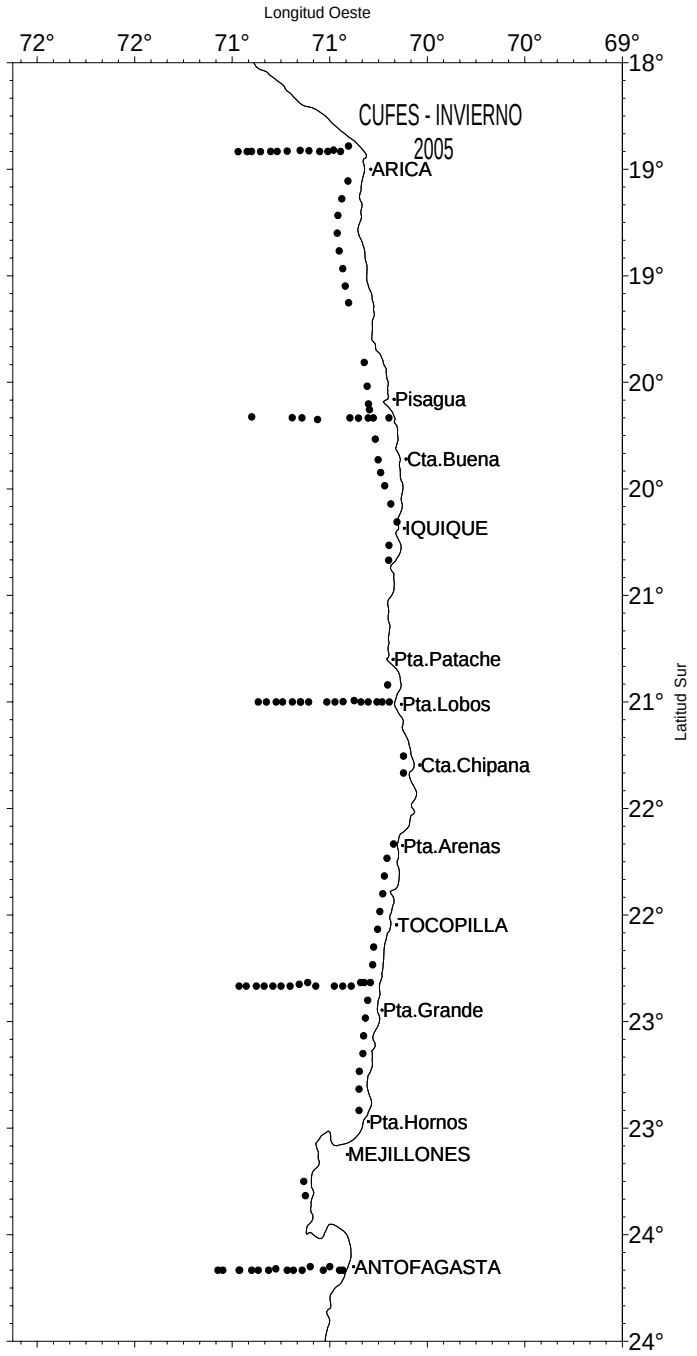



**Figura 4.** Posición geográfica de las estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0508 – Invierno de 2005

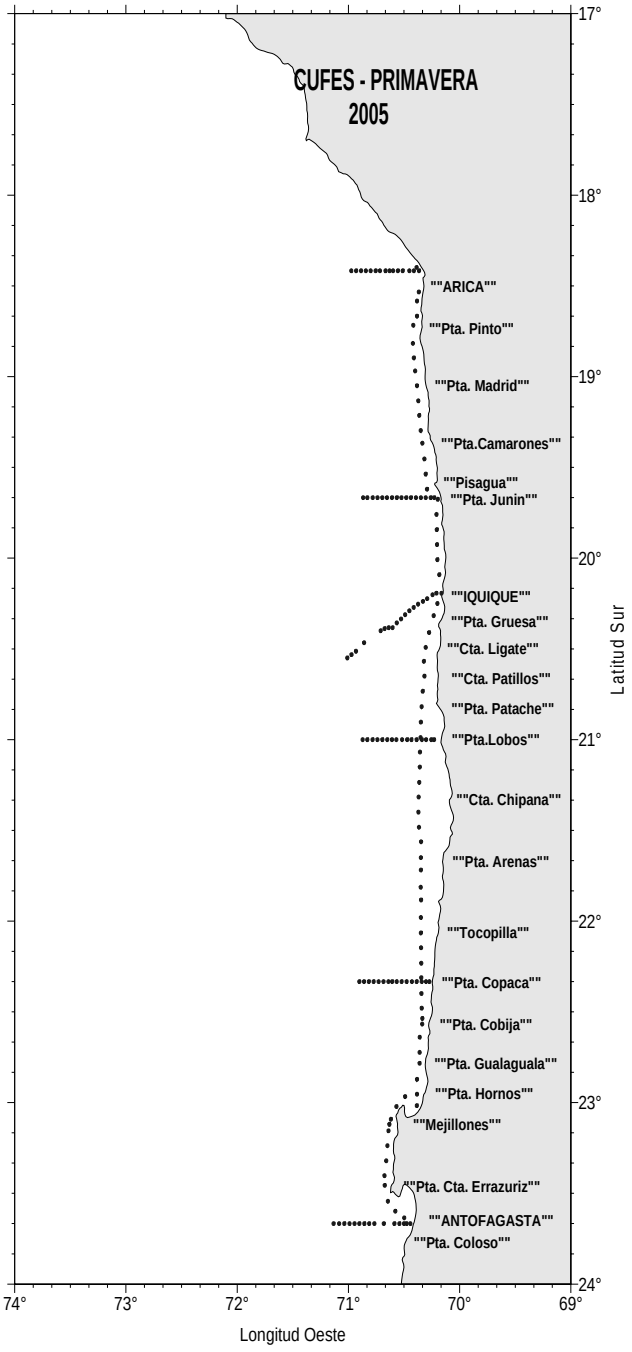



**Figura 5.** Posición geográfica de las estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0512– Primavera 2005

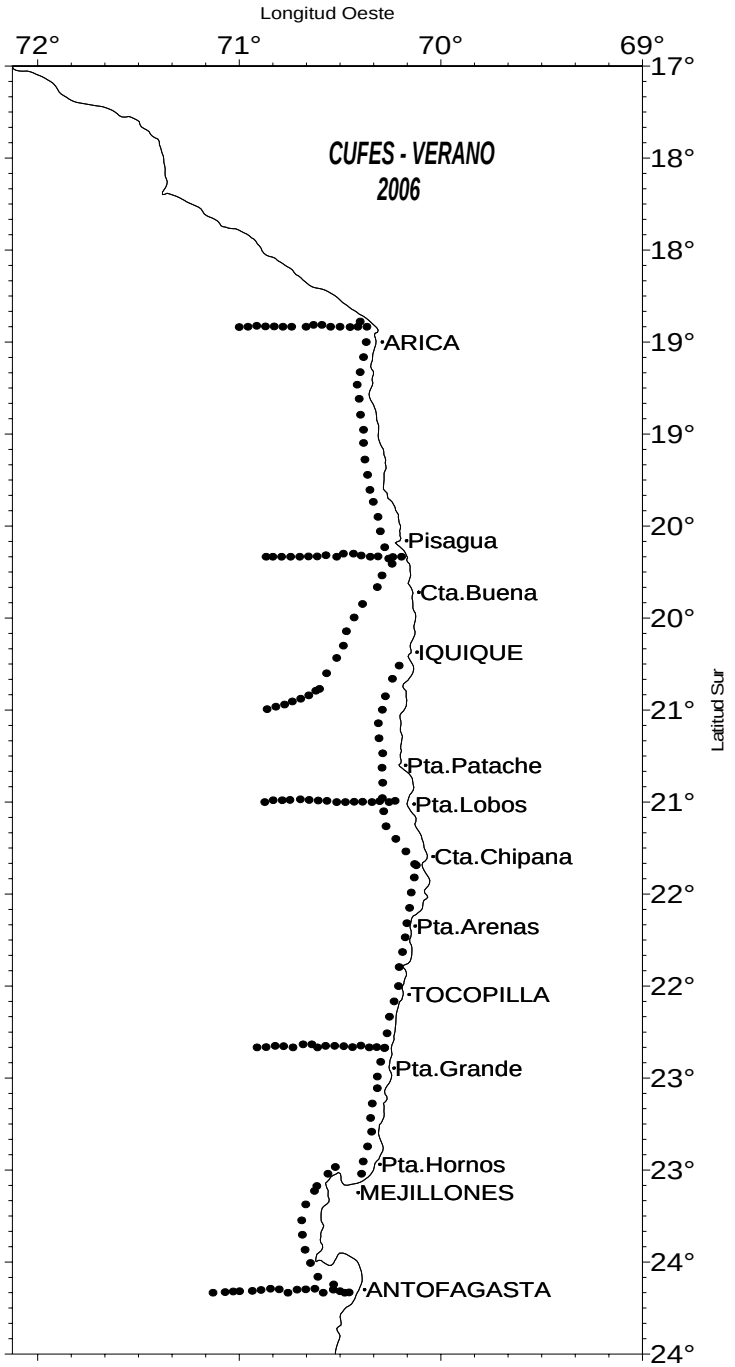



**Figura 6.** Posición geográfica de las estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0602– Verano 2006

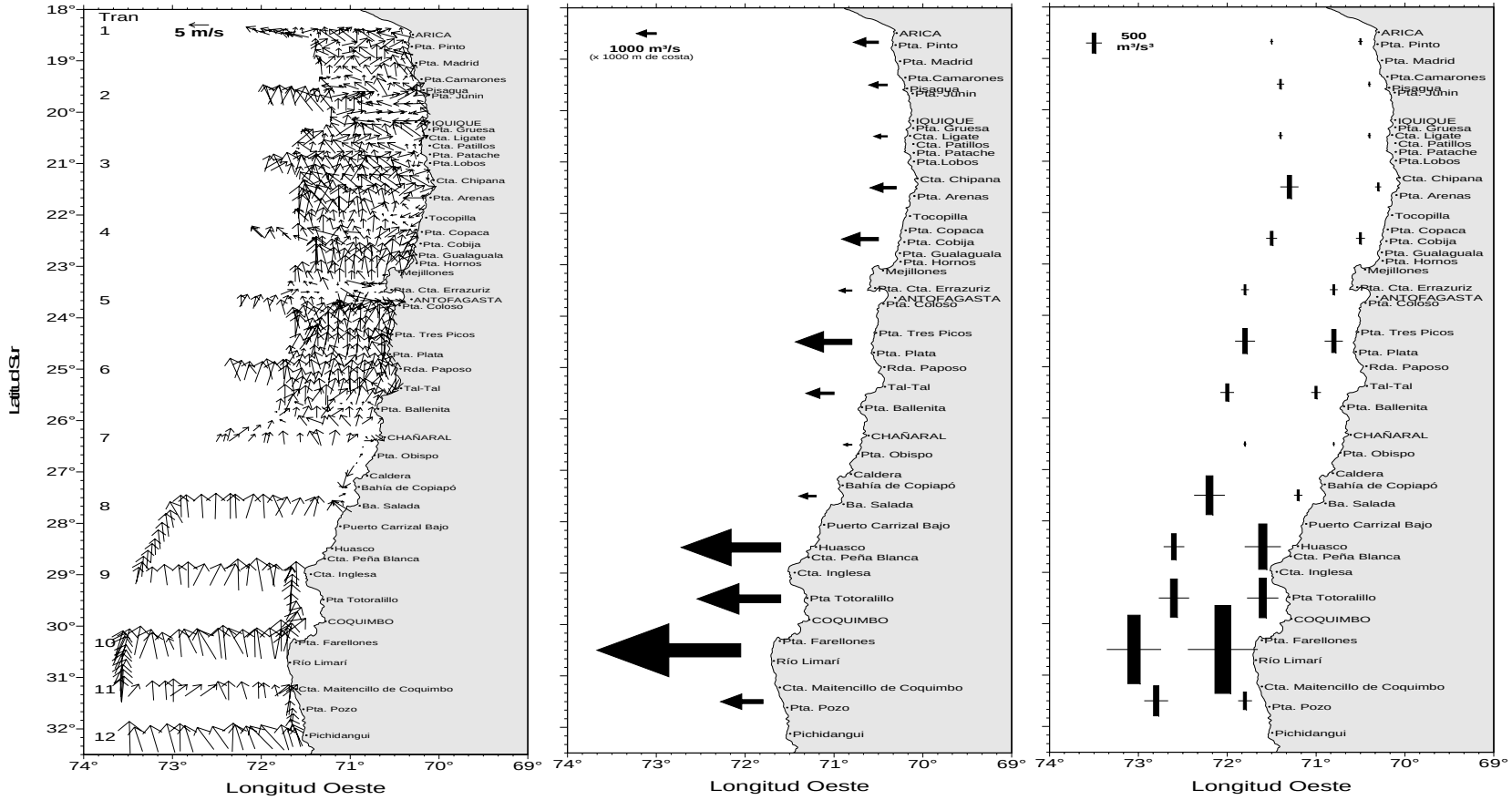



**Figura 7.** Cartas de a) Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación, b) promedios del Indice de Surgencia costero y c) promedios de turbulencia costero y oceánico en Invierno de 2005 (los promedios se obtuvieron de mediciones del viento horario dentro de 1° de latitud en las primeras 30 mn para el sector costero y entre 30 y 100 mn para el oceánico).

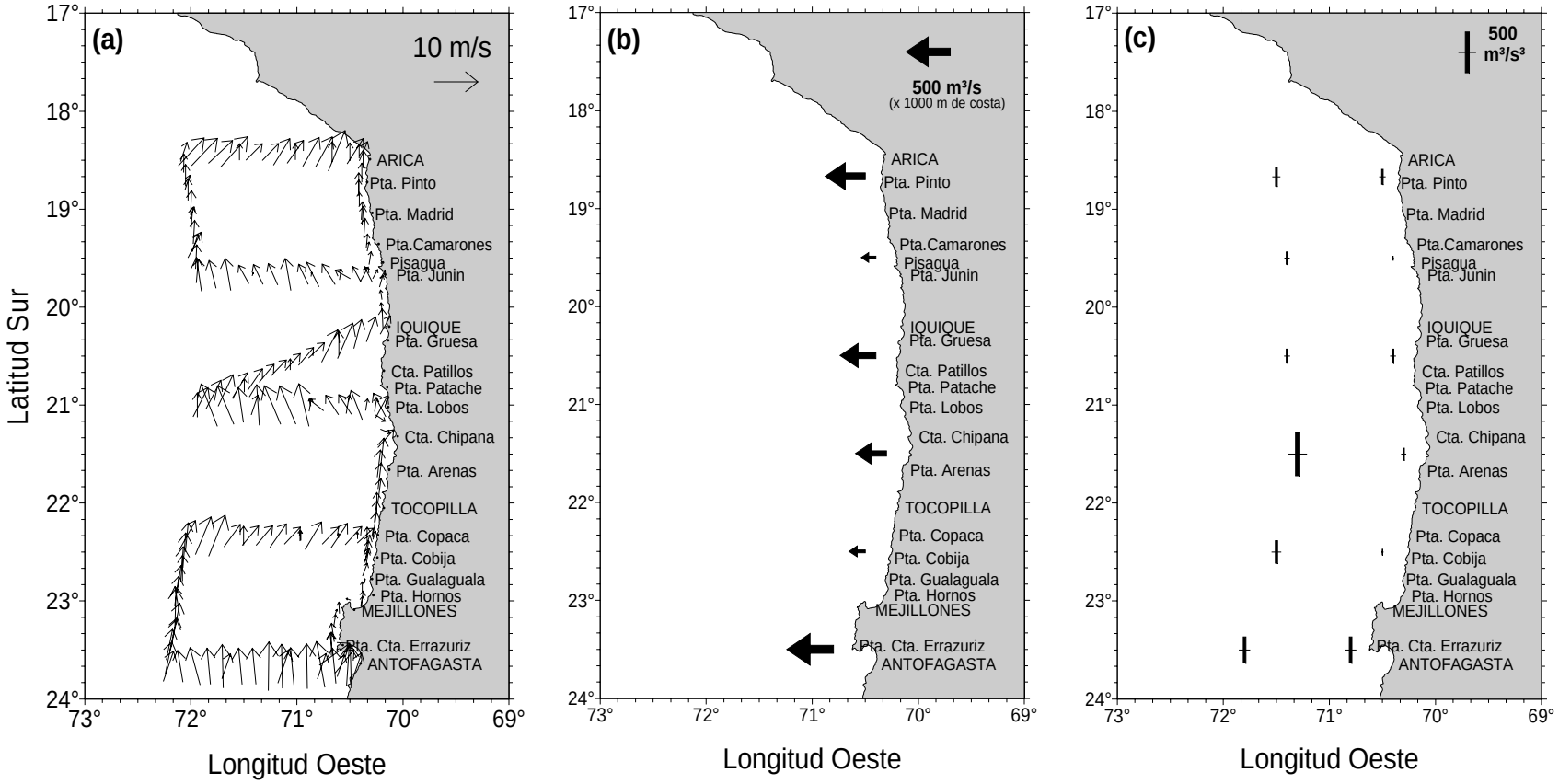



**Figura 8.** Cartas de a) Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación, b) promedios del Indice de Surgencia costero y c) promedios de turbulencia costero y oceánico en Primavera de 2005 (los promedios se obtuvieron de mediciones del viento horario dentro de 1° de latitud en las primeras 30 mn para el sector costero y entre 30 y 100 mn para el oceánico).

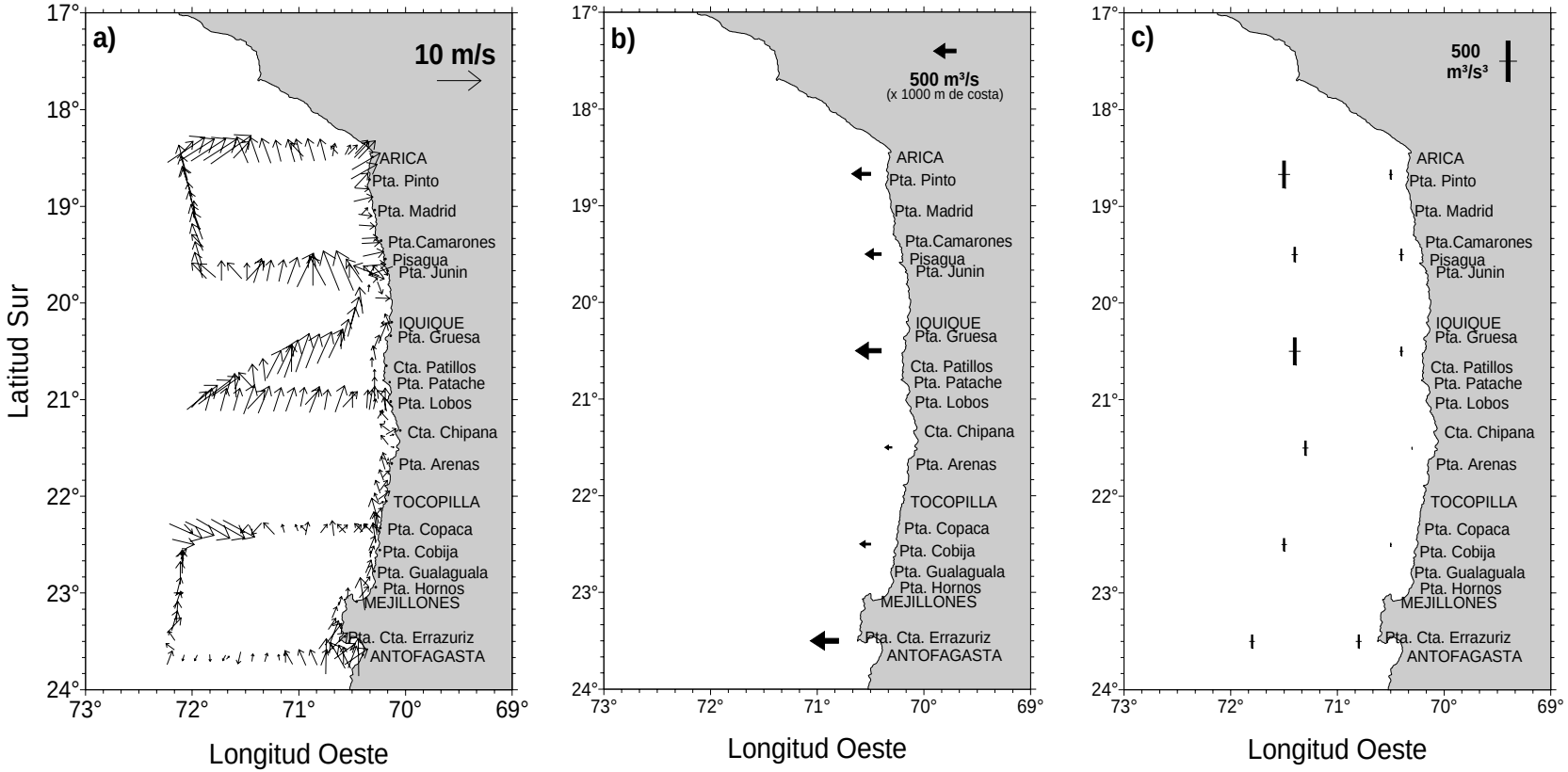



**Figura 9.** Cartas de a) Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación, b) promedios del Indice de Surgencia costero y c) promedios de turbulencia costero y oceánico en Verano de 2006 (los promedios se obtuvieron de mediciones del viento horario dentro de 1° de latitud en las primeras 30 mn para el sector costero y entre 30 y 100 mn para el oceánico).

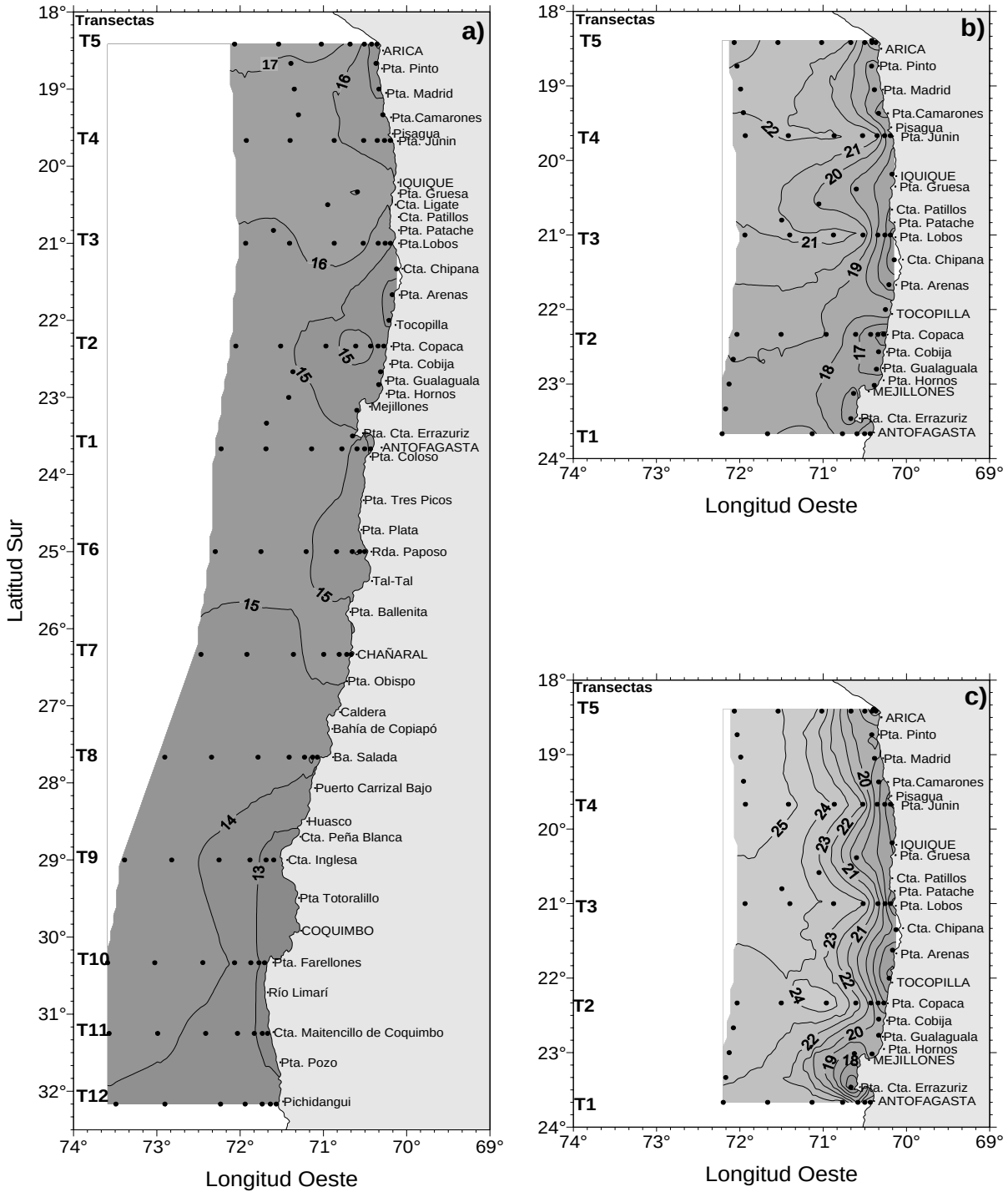



**Figura 10.** Distribución superficial de temperatura (°C) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

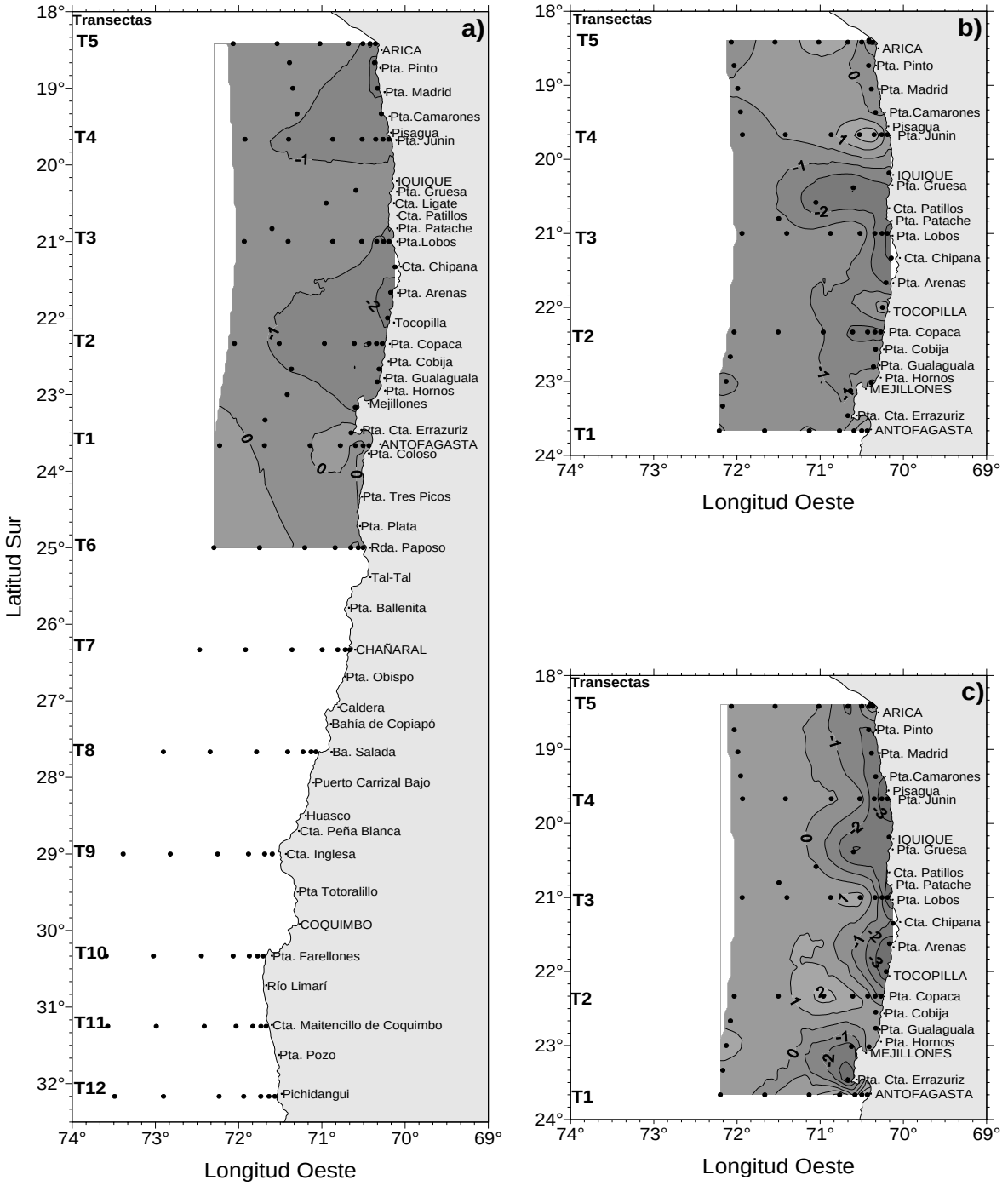



**Figura 11.** Distribución superficial de la anomalía de temperatura (°C) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

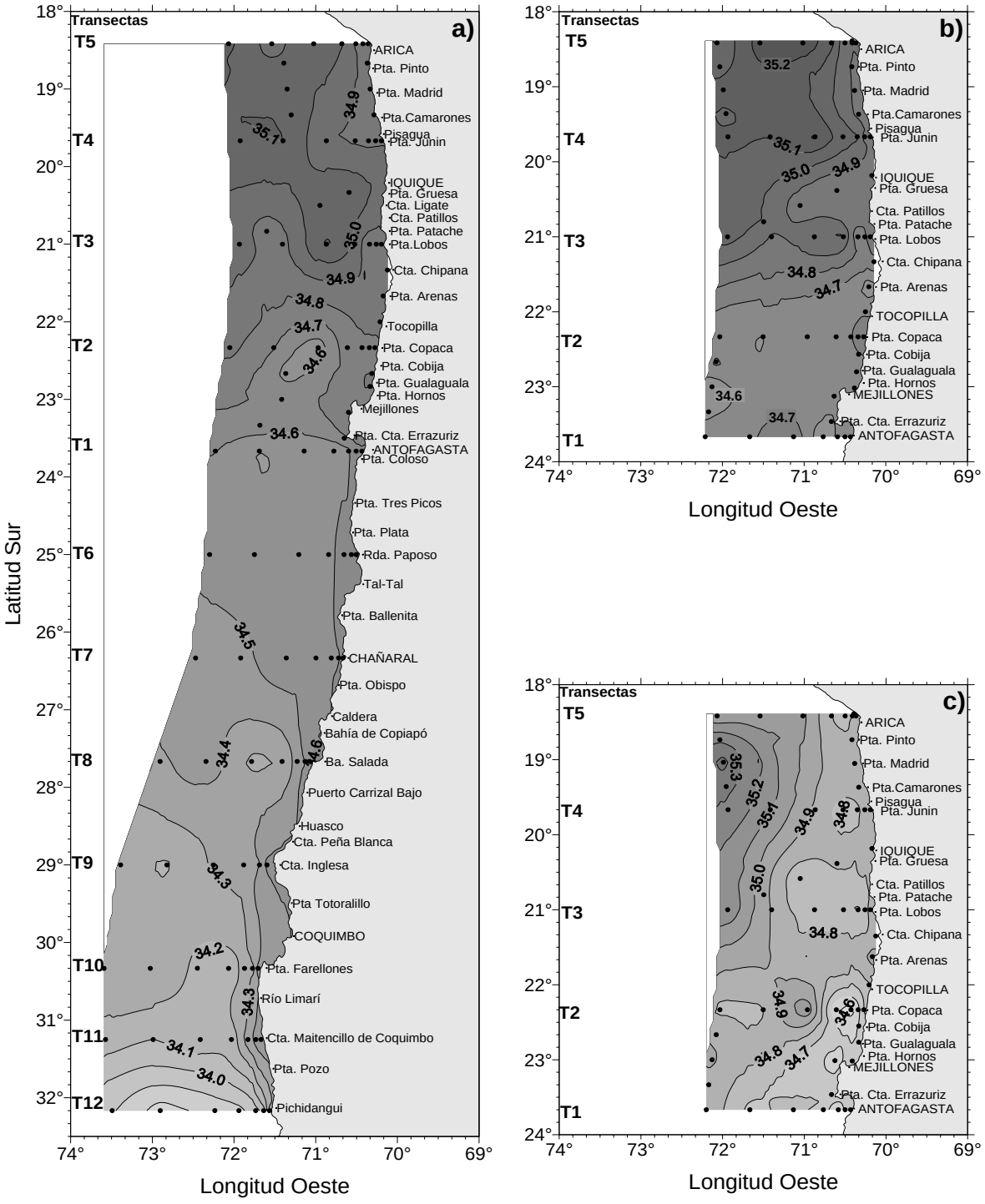



**Figura 12.** Distribución superficial de salinidad (psu) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

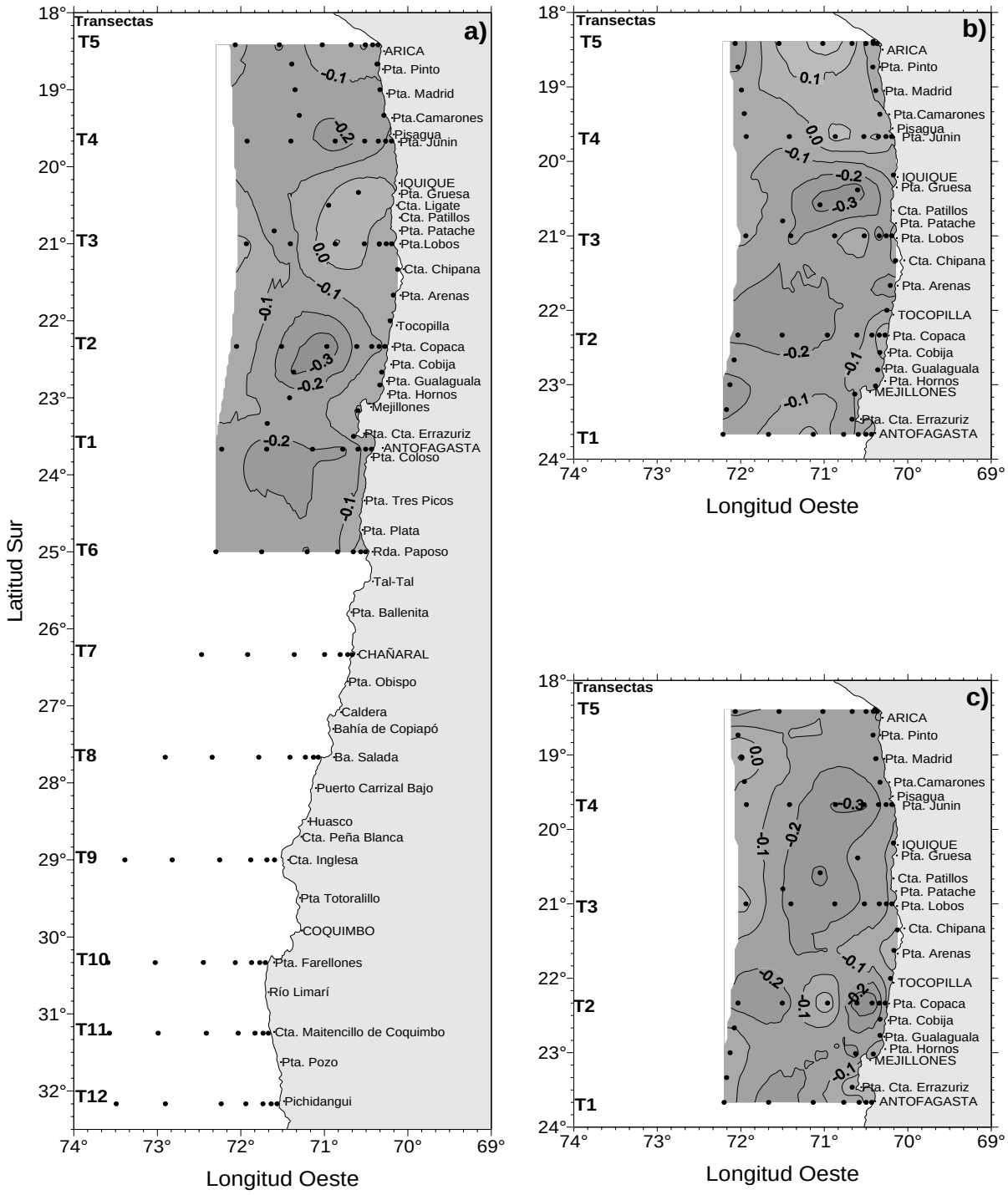



**Figura 13.** Distribución superficial de la anomalía de salinidad (psu) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

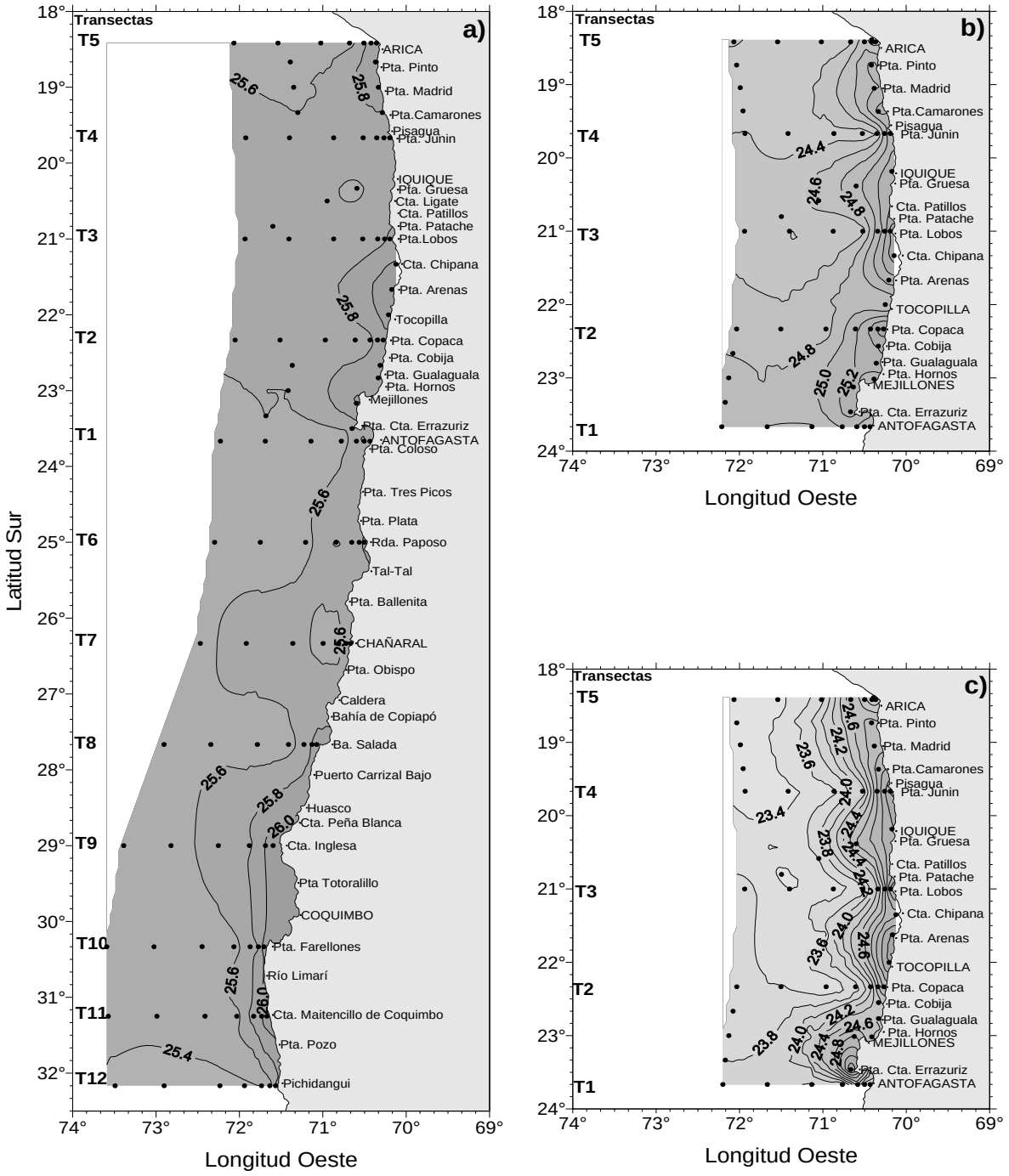



**Figura 14.** Distribución superficial de la densidad del mar (sigma-t) (kg/m³) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

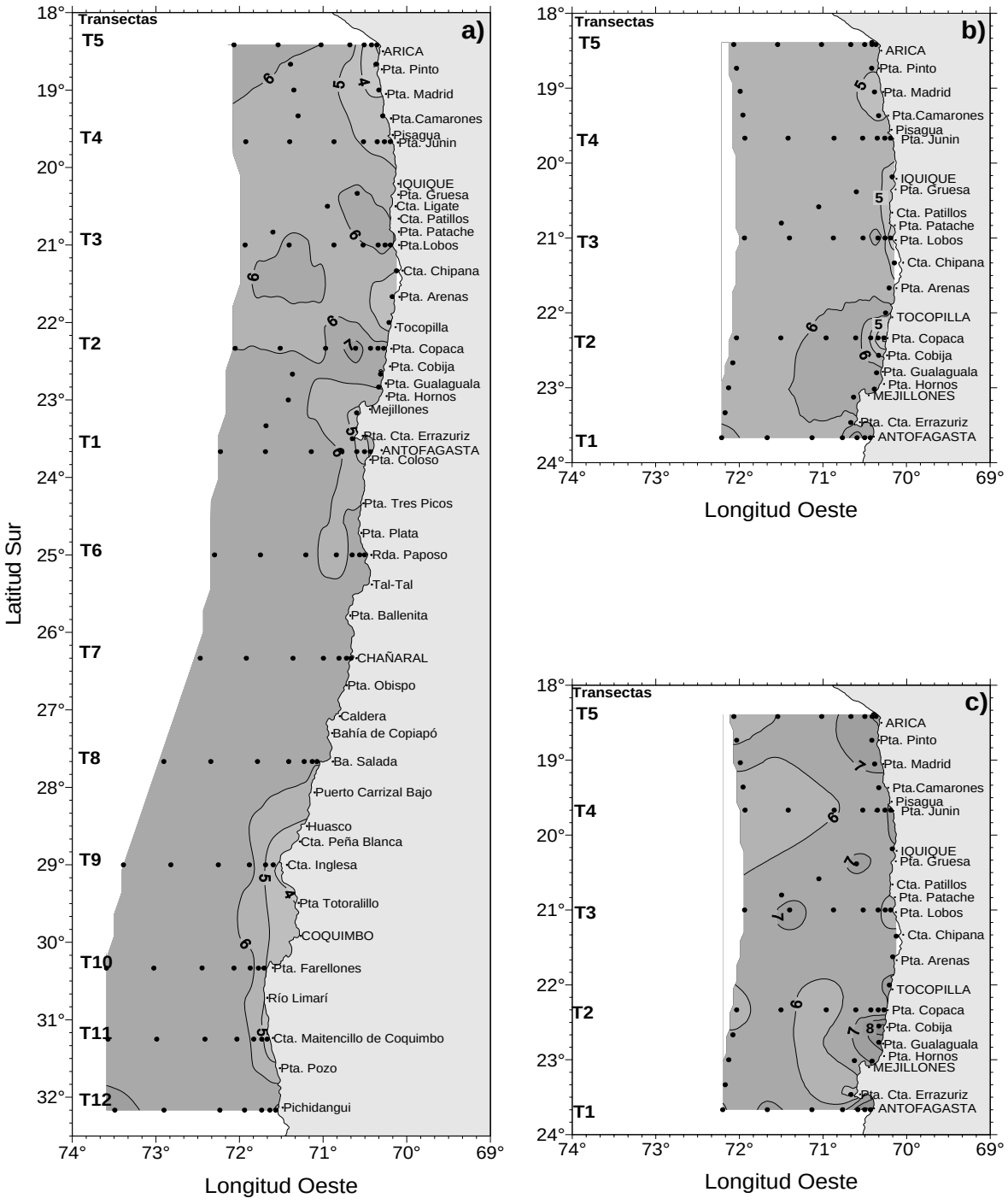



**Figura 15.** Distribución superficial del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

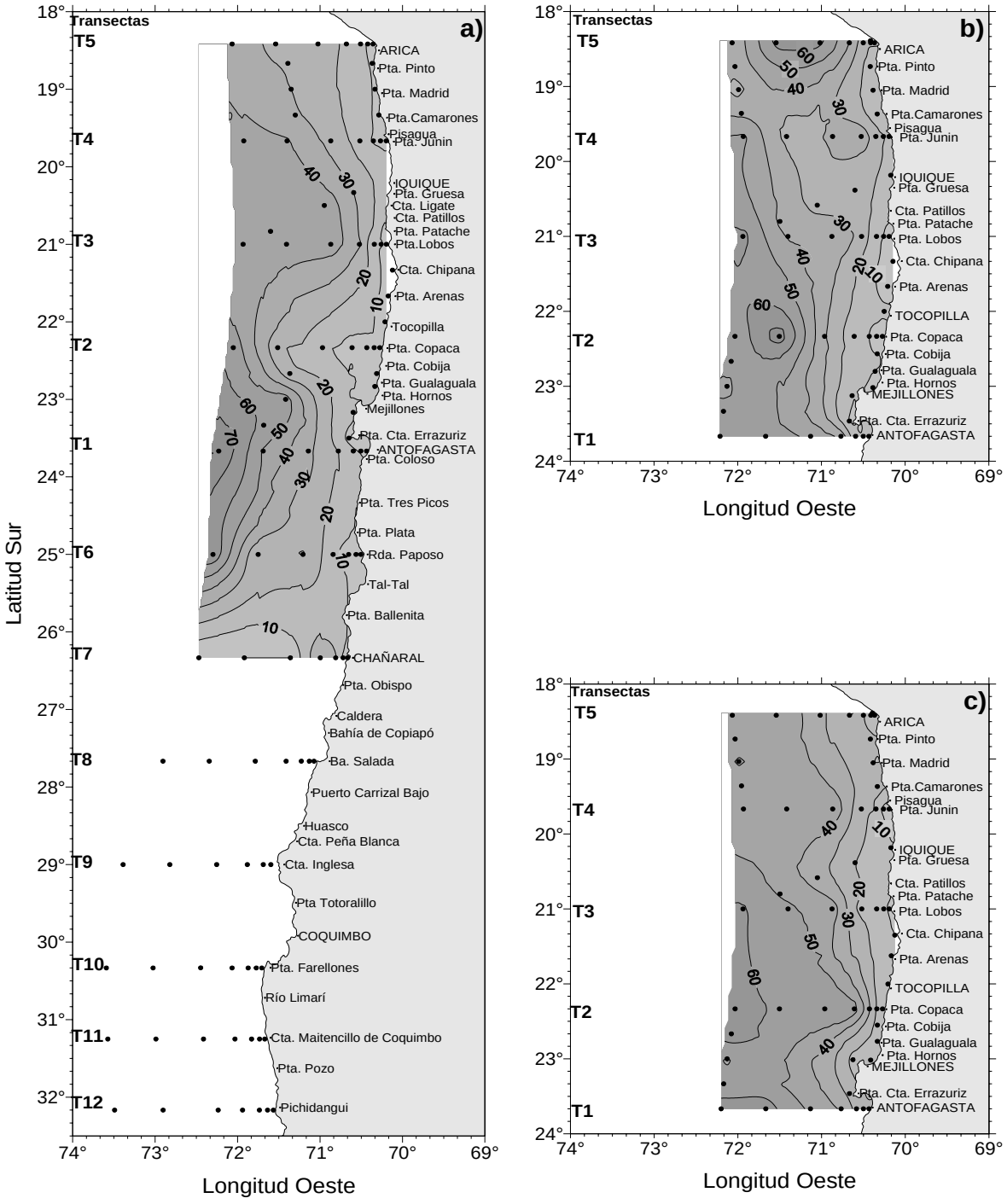



**Figura 16.** Profundidad de la isoterma de 15°C (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

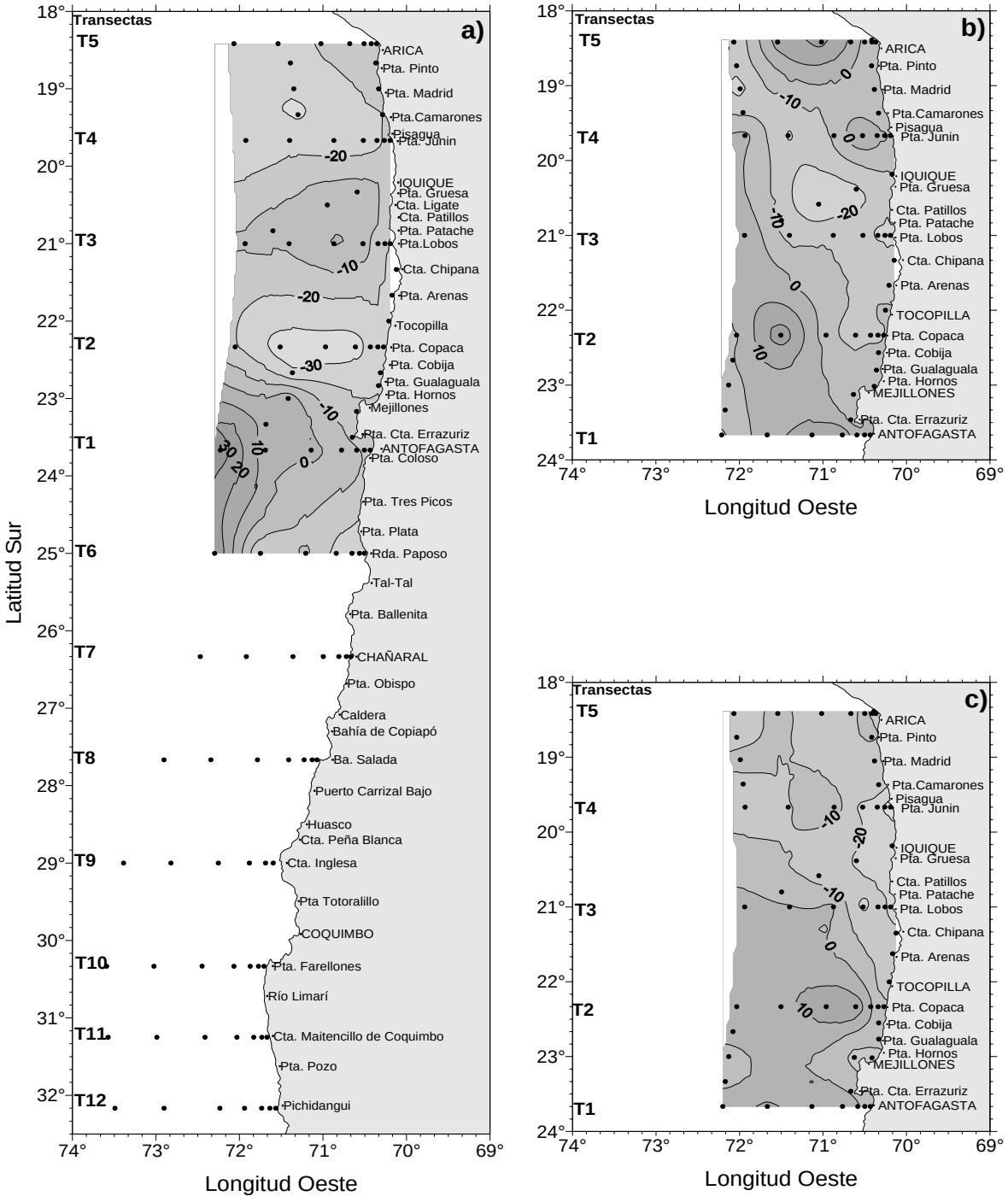



**Figura 17.** Anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

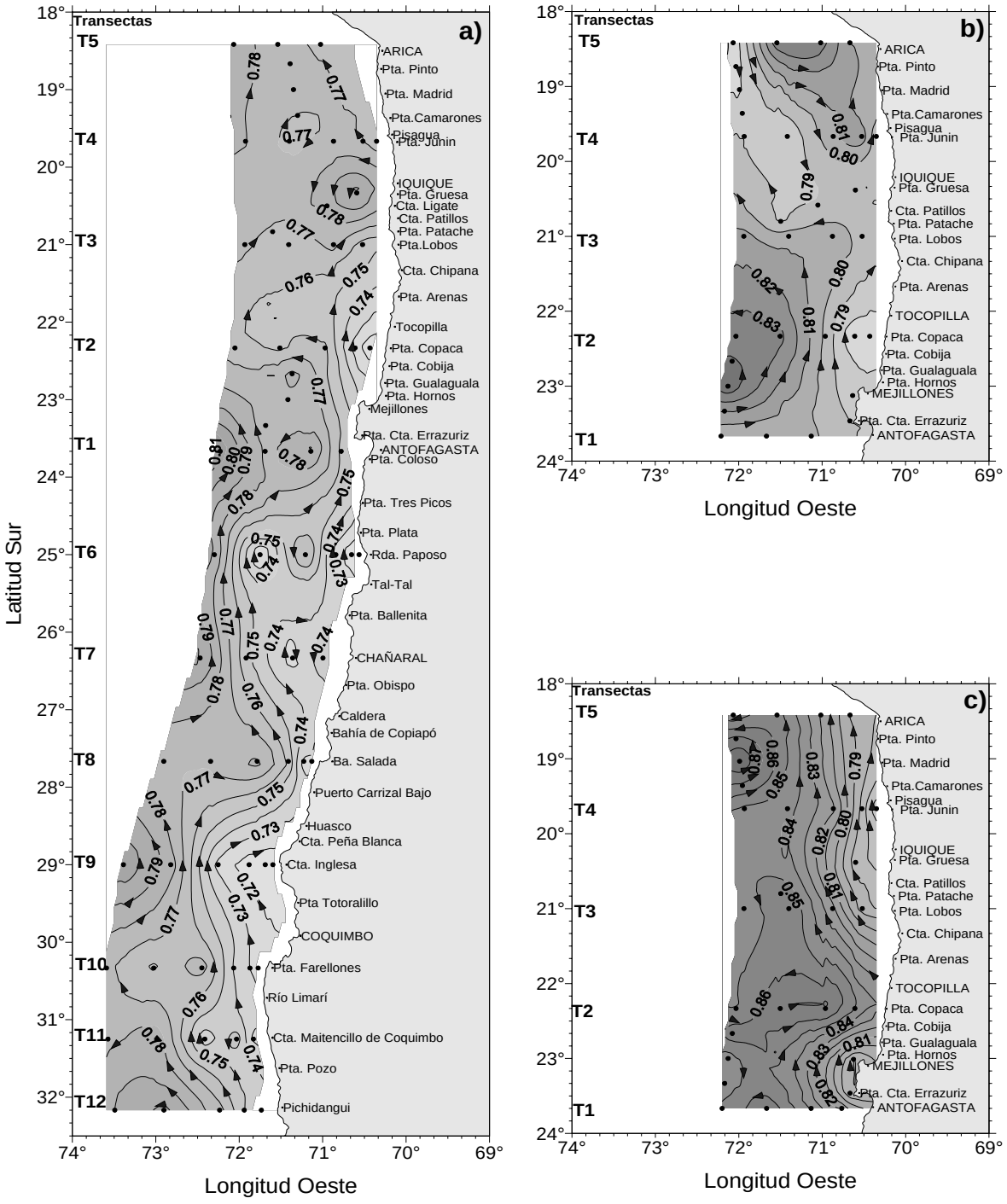



**Figura 18.** Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 (db) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

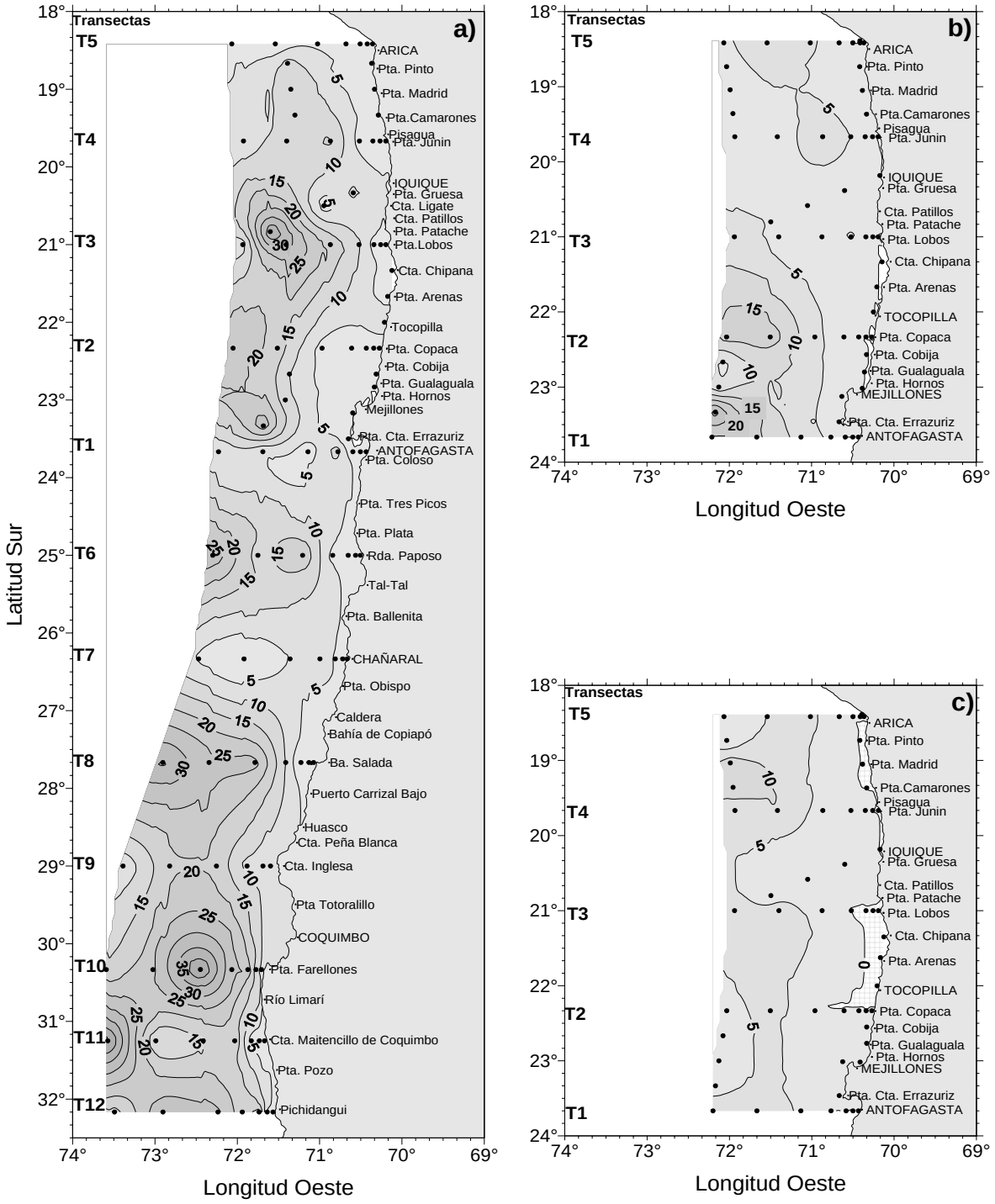



**Figura 19.** Espesor de la capa de mezcla (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

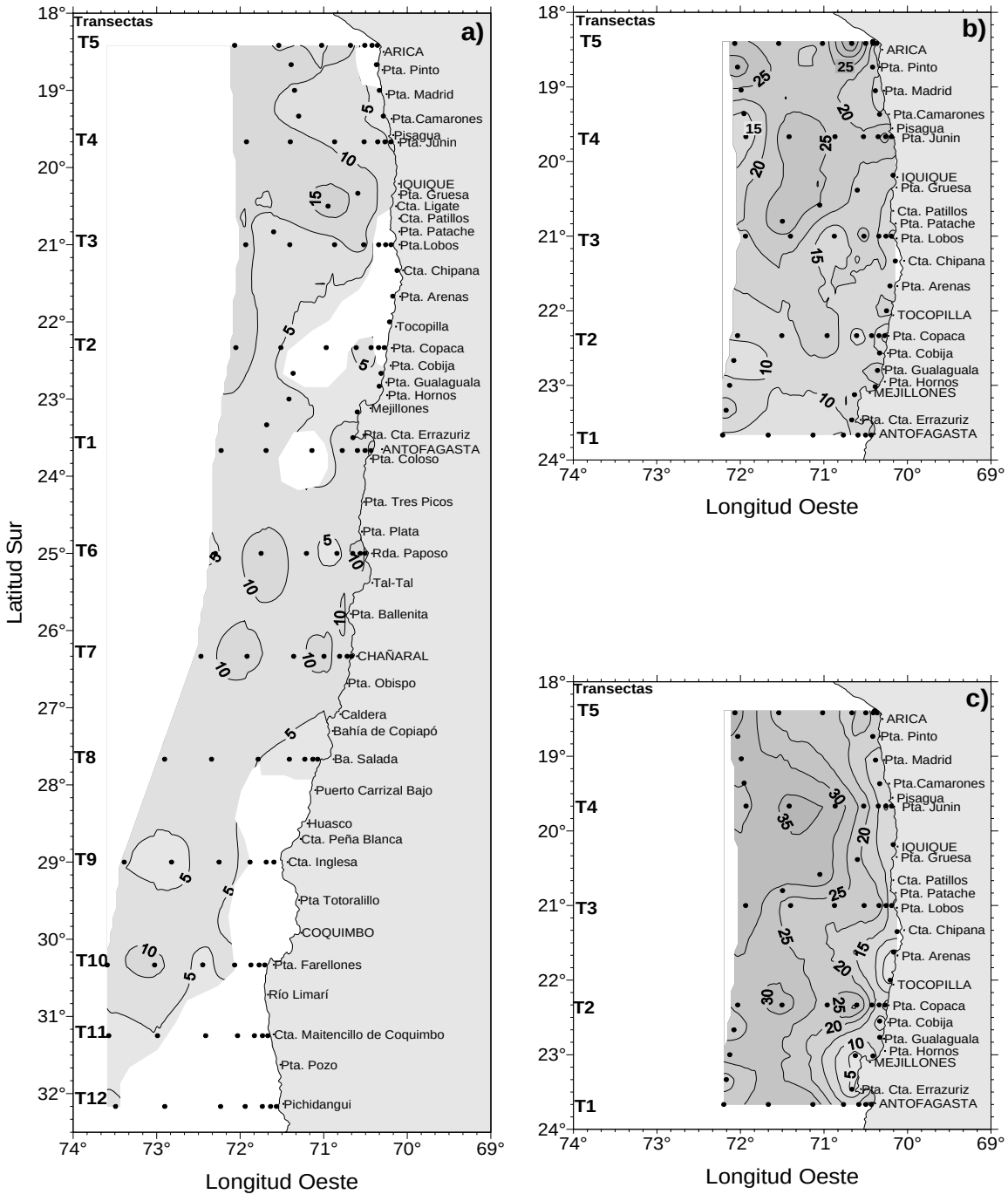



**Figura 20.** Espesor de la termoclina (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

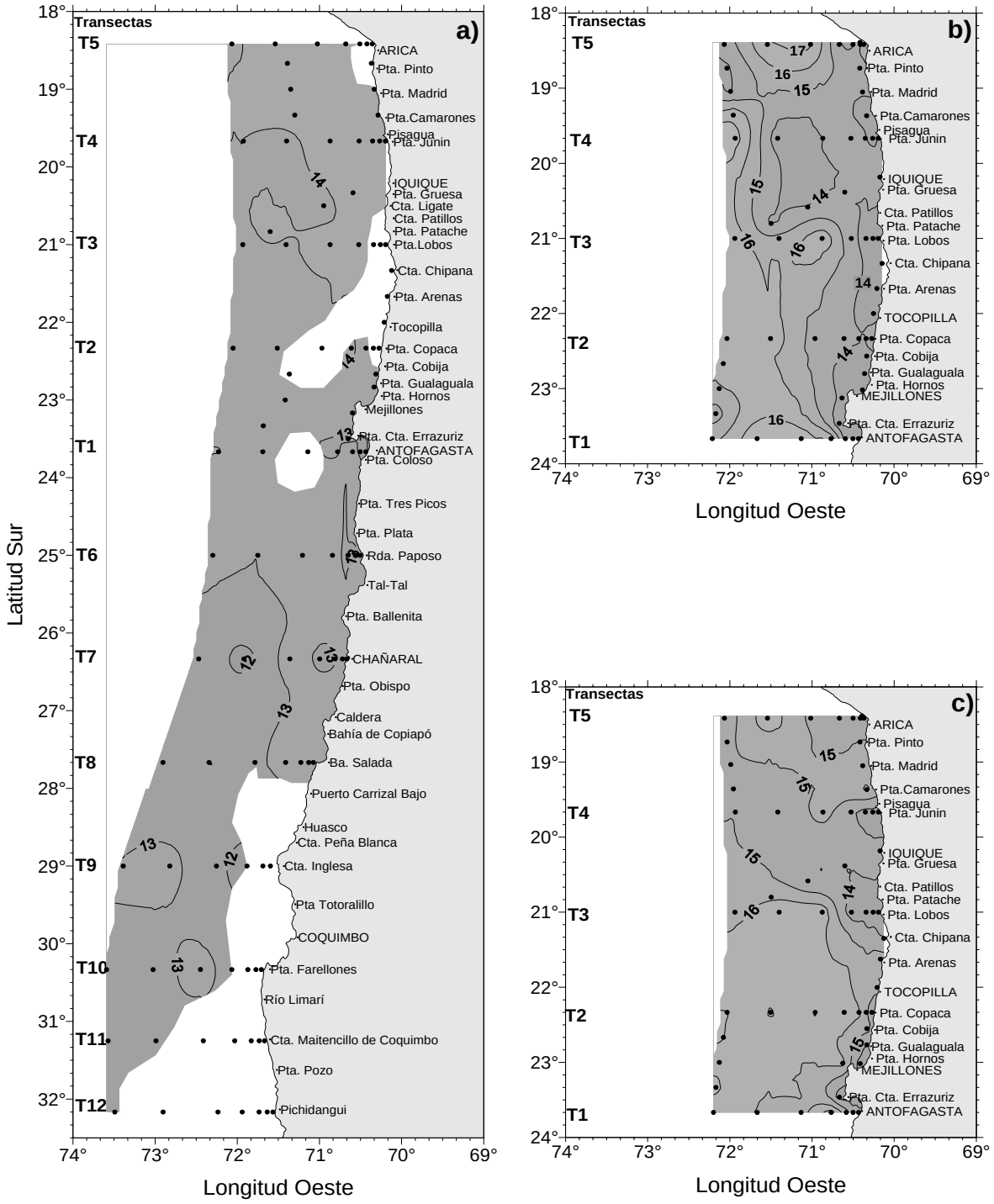



**Figura 21.** Temperatura base de la termoclina (°C) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

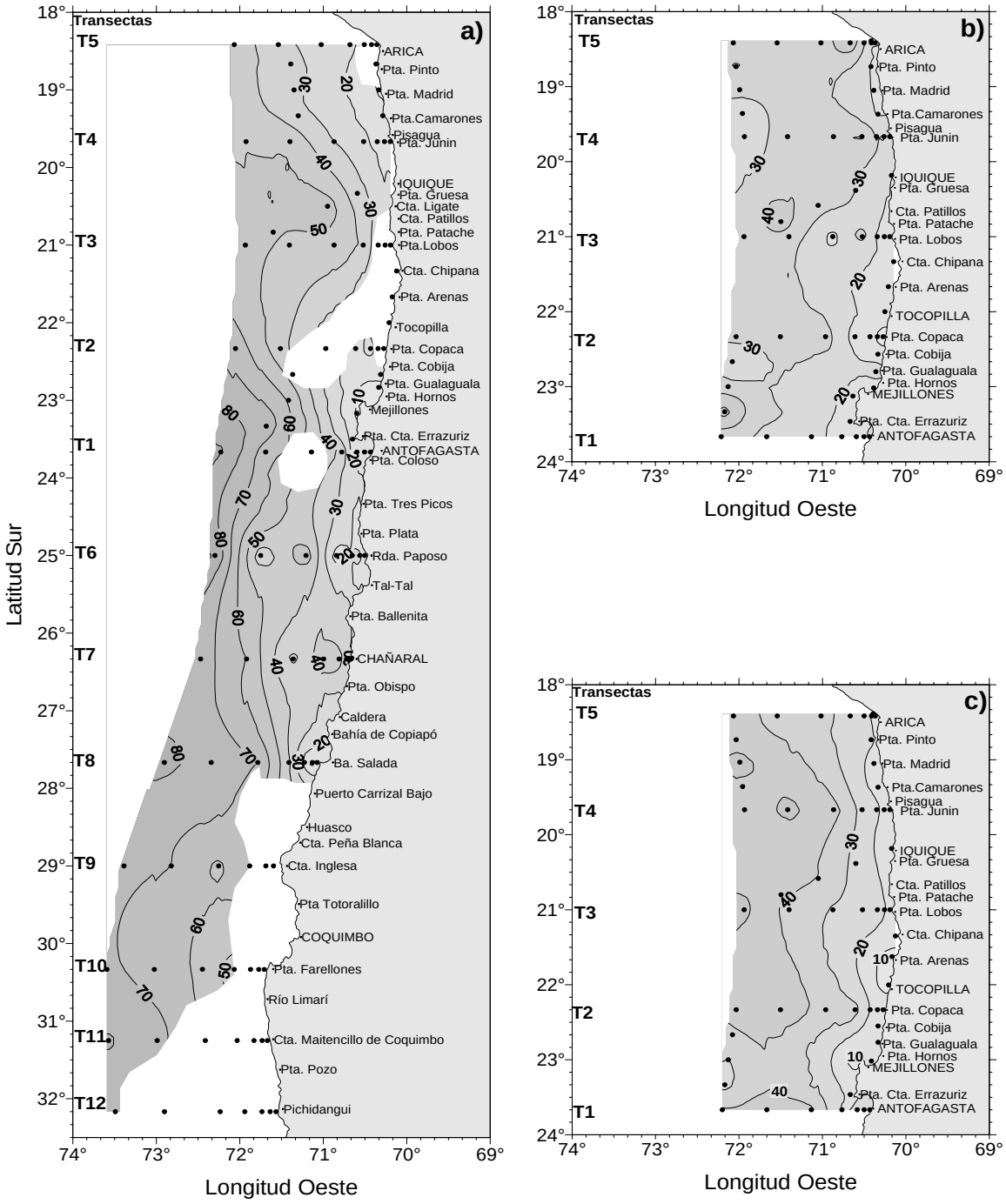



**Figura 22.** Profundidad base de la termoclina (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

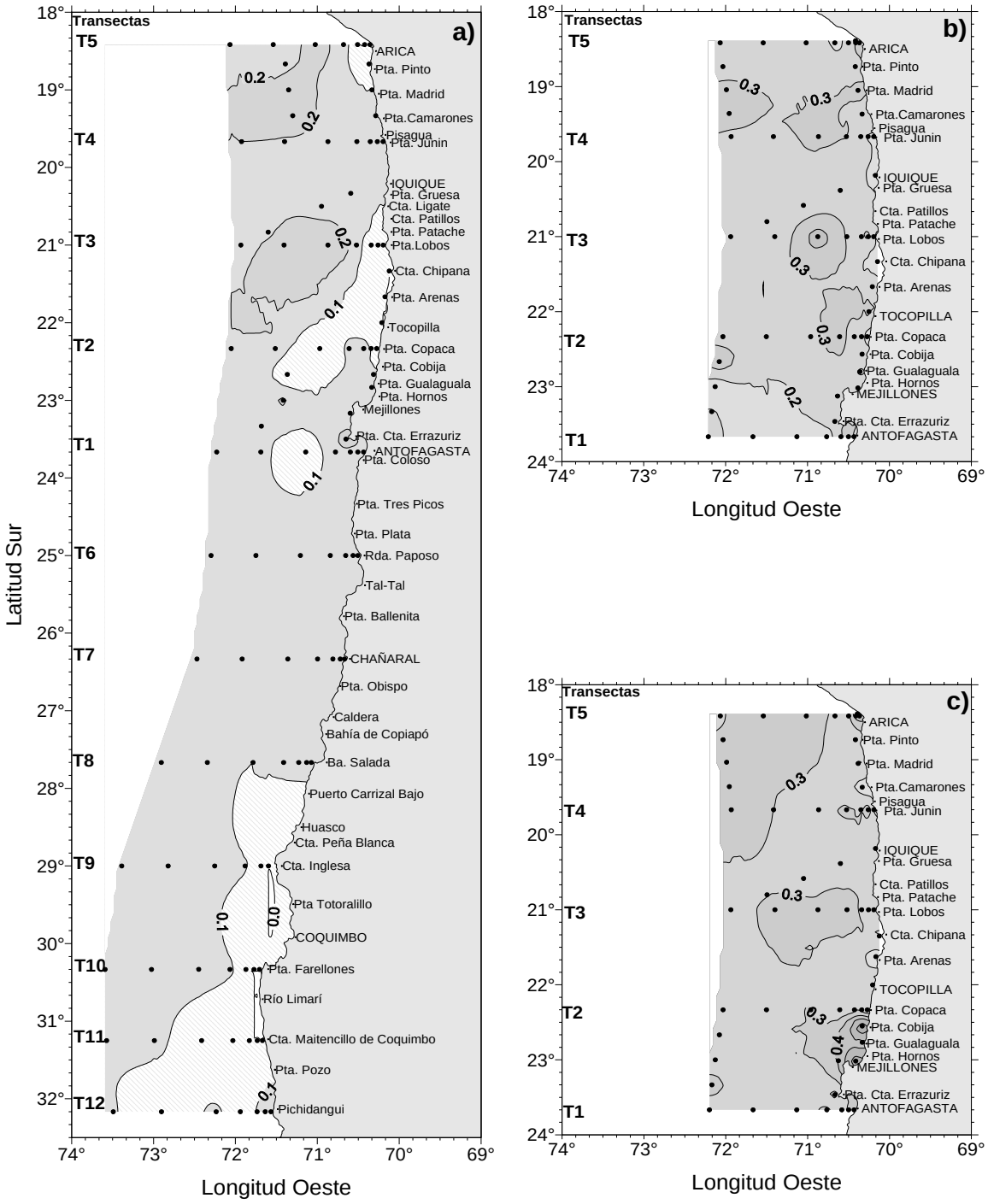



**Figura 23.** Gradiente de temperatura promedio de la termoclina (°C/m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

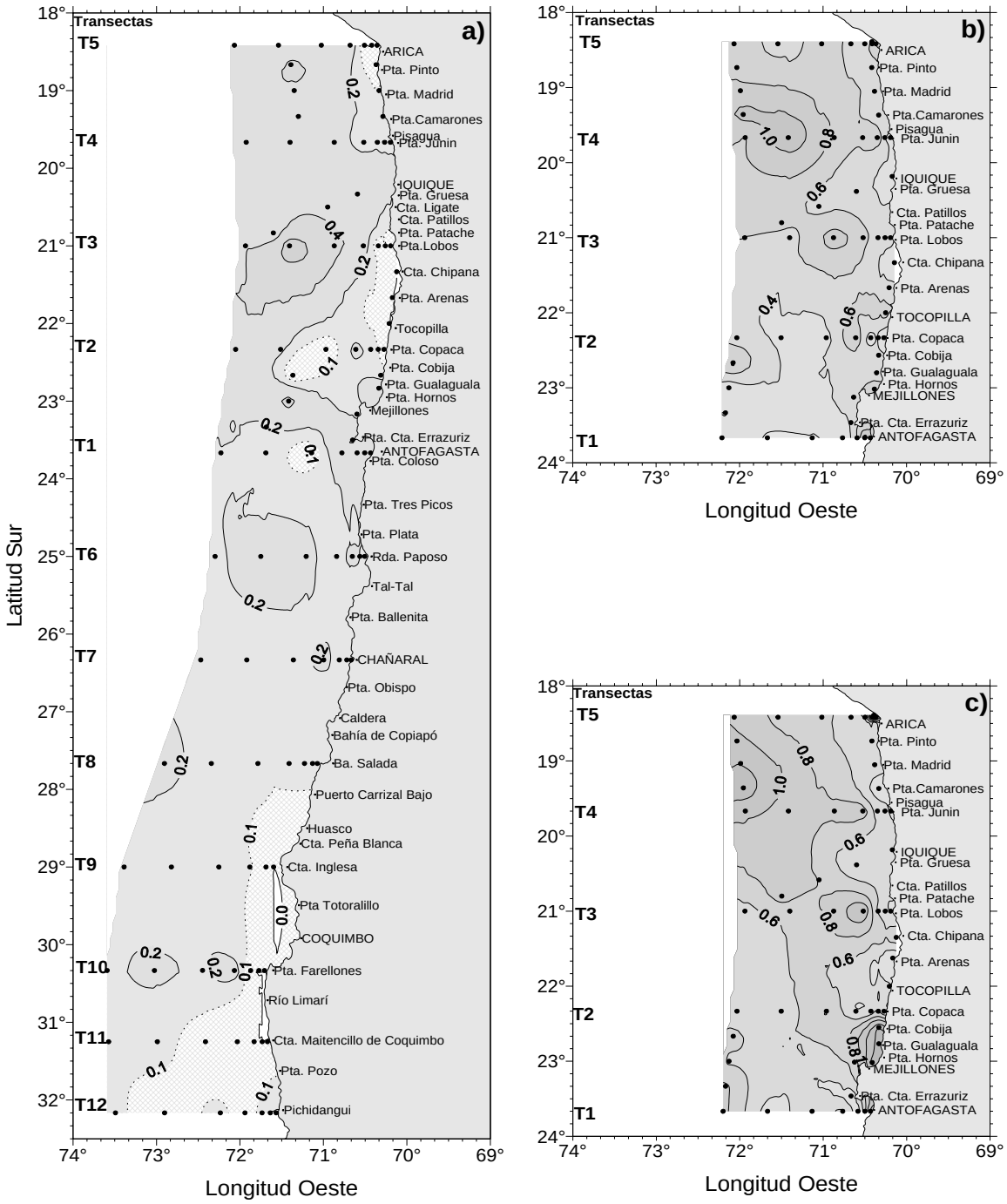



**Figura 24.** Máximo gradiente de temperatura en la termoclina (°C/m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

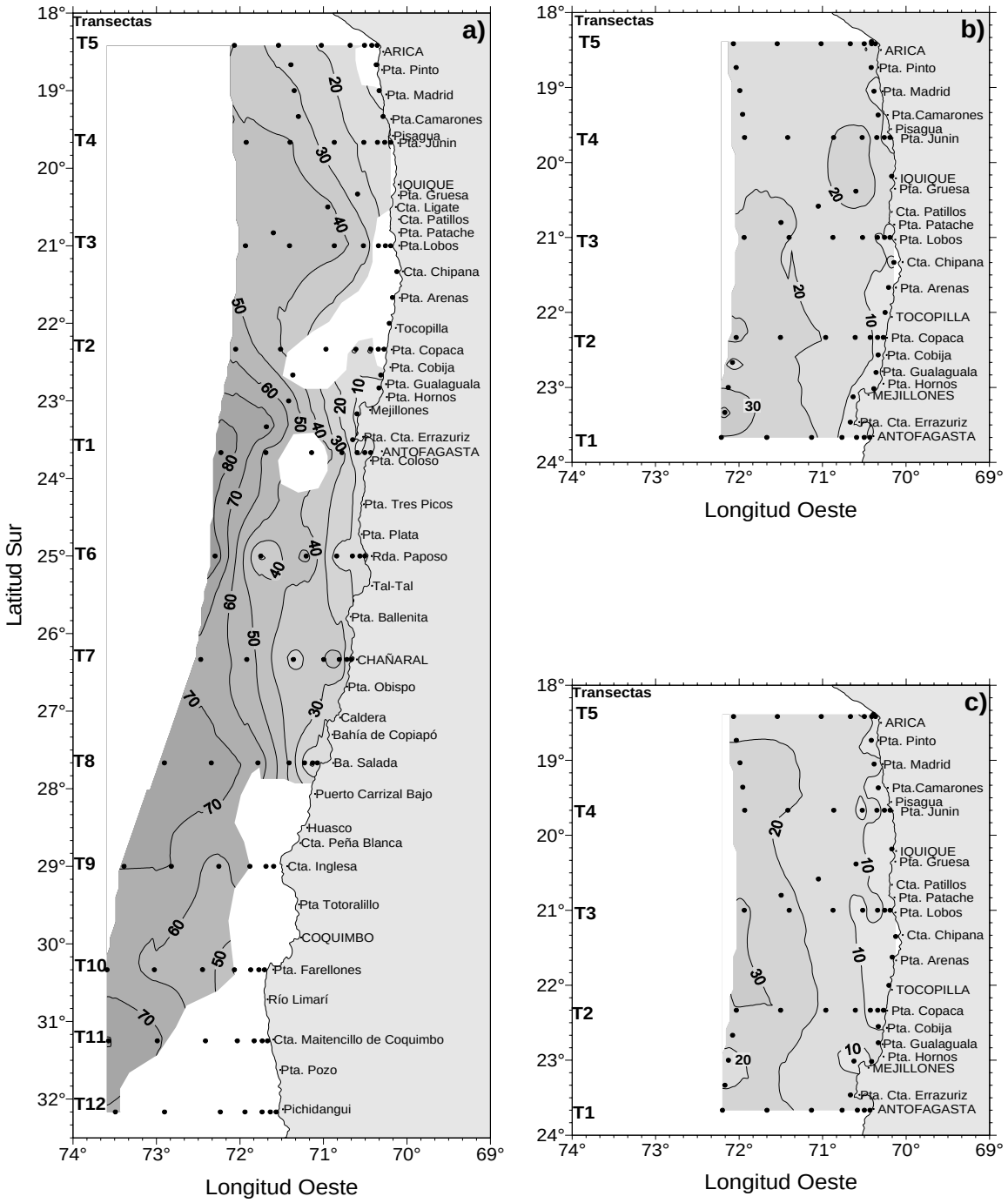



**Figura 25.** Profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

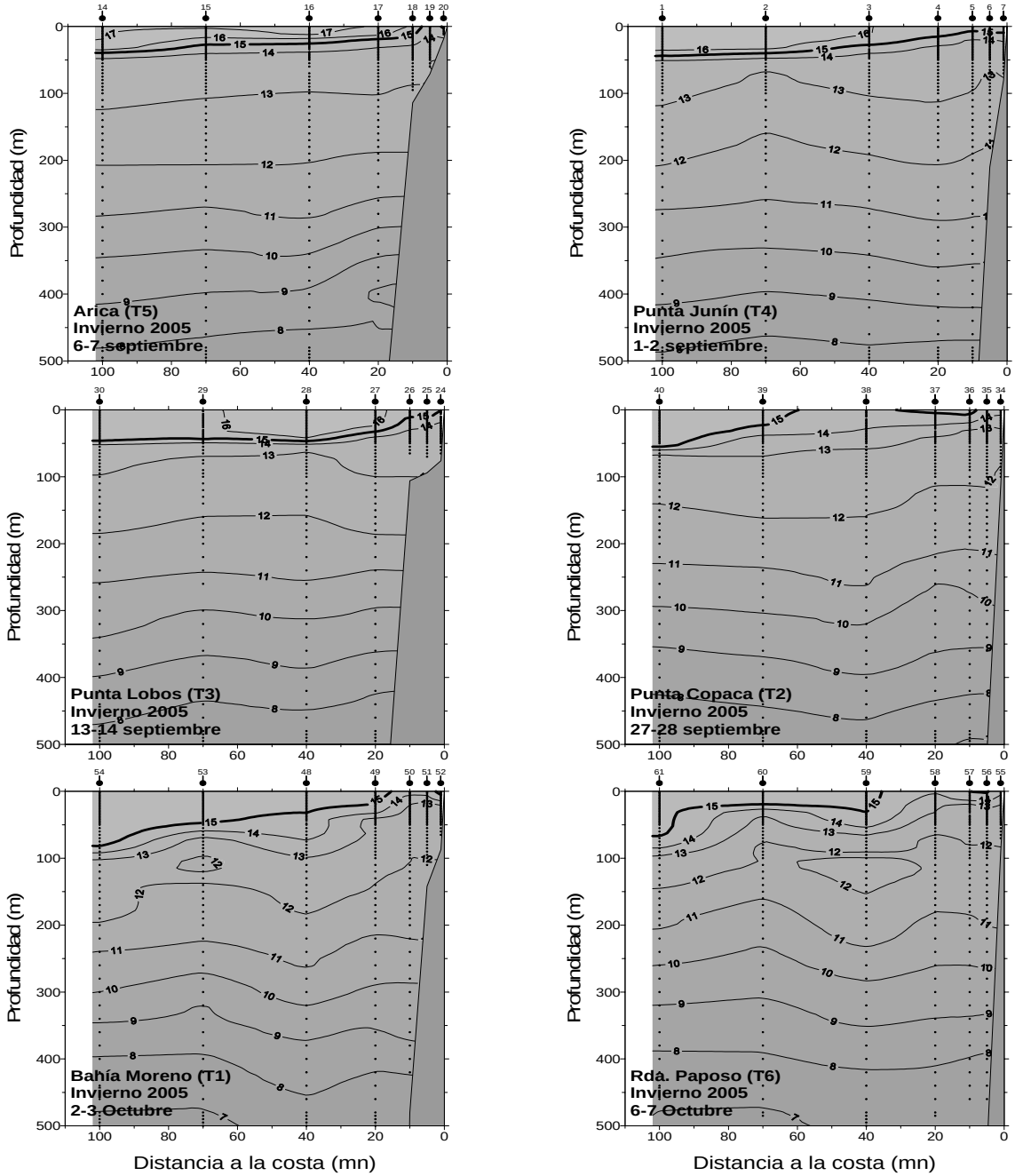



**Figura 26.** Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

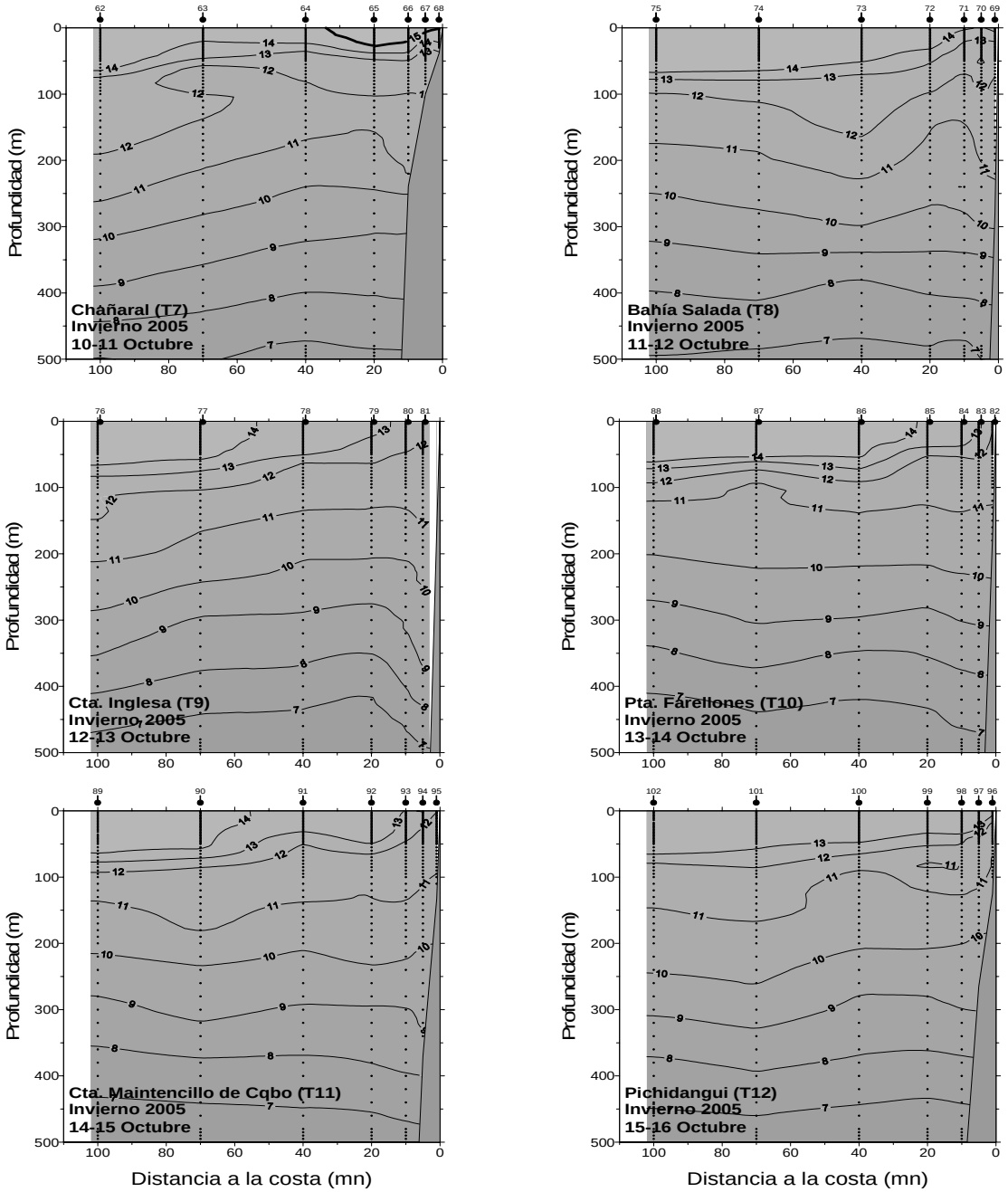



**Figura 27.** Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S), en Invierno de 2005.

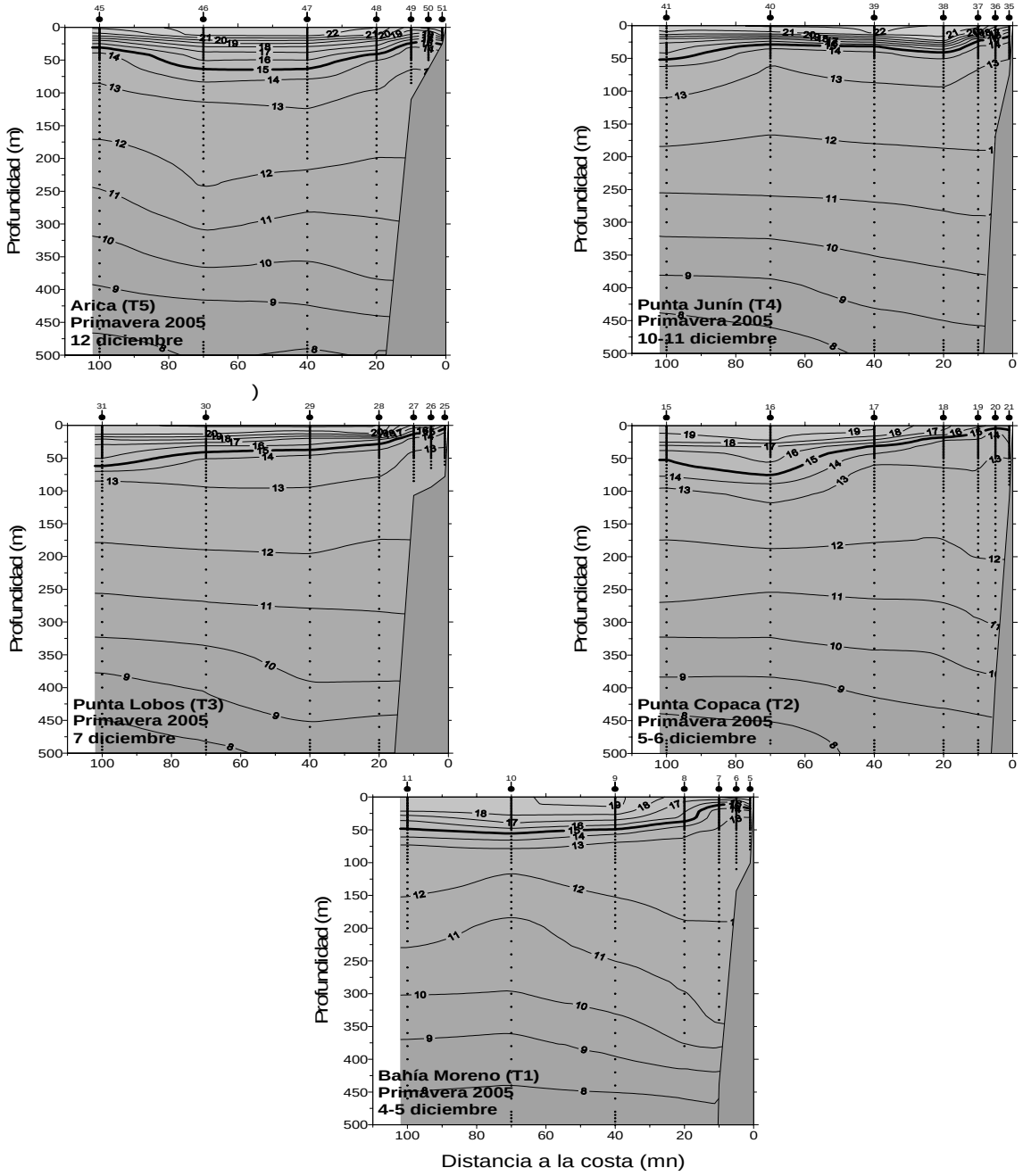



**Figura 28.** Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Primavera de 2005.

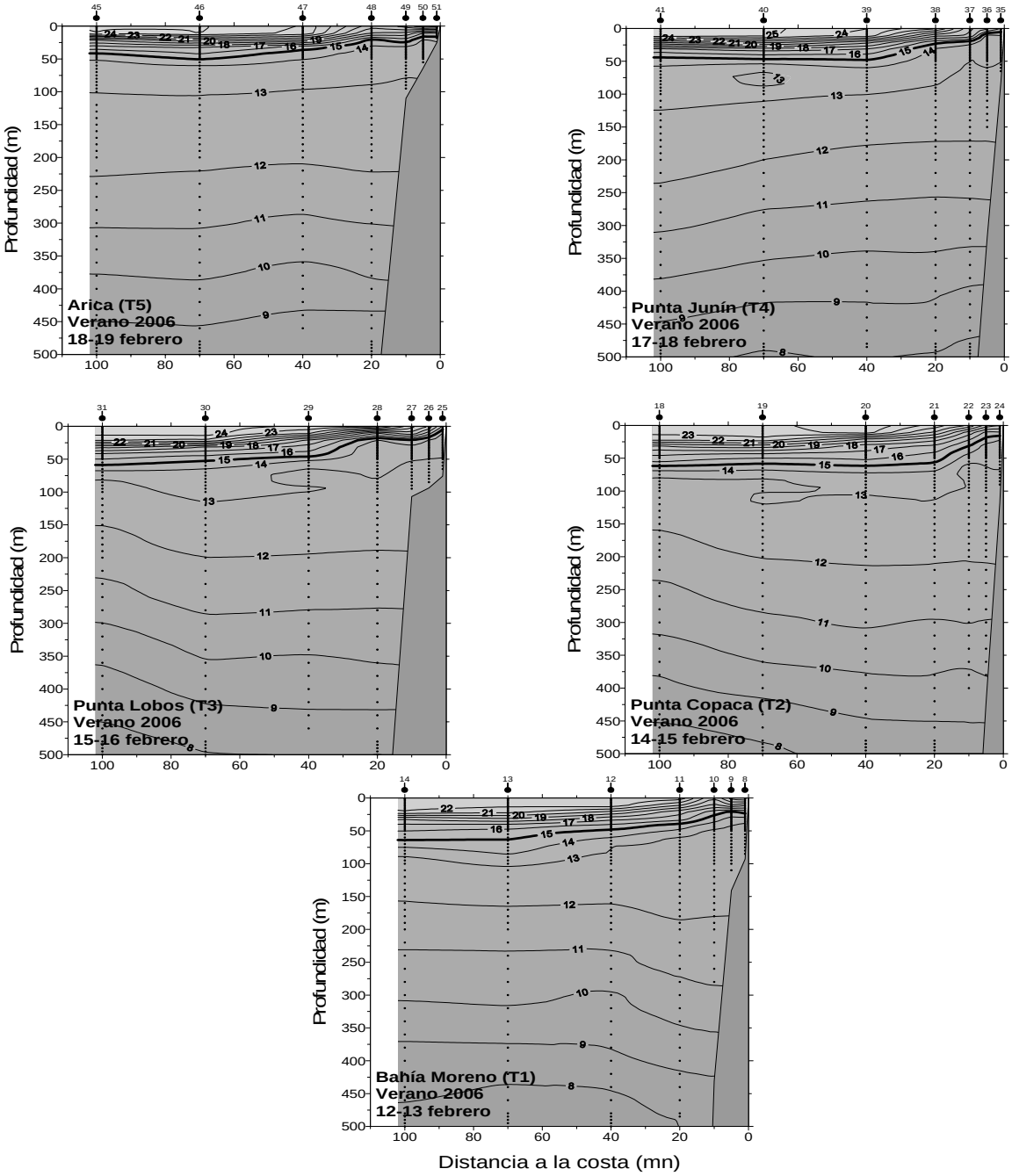



**Figura 29.** Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Verano de 2006.

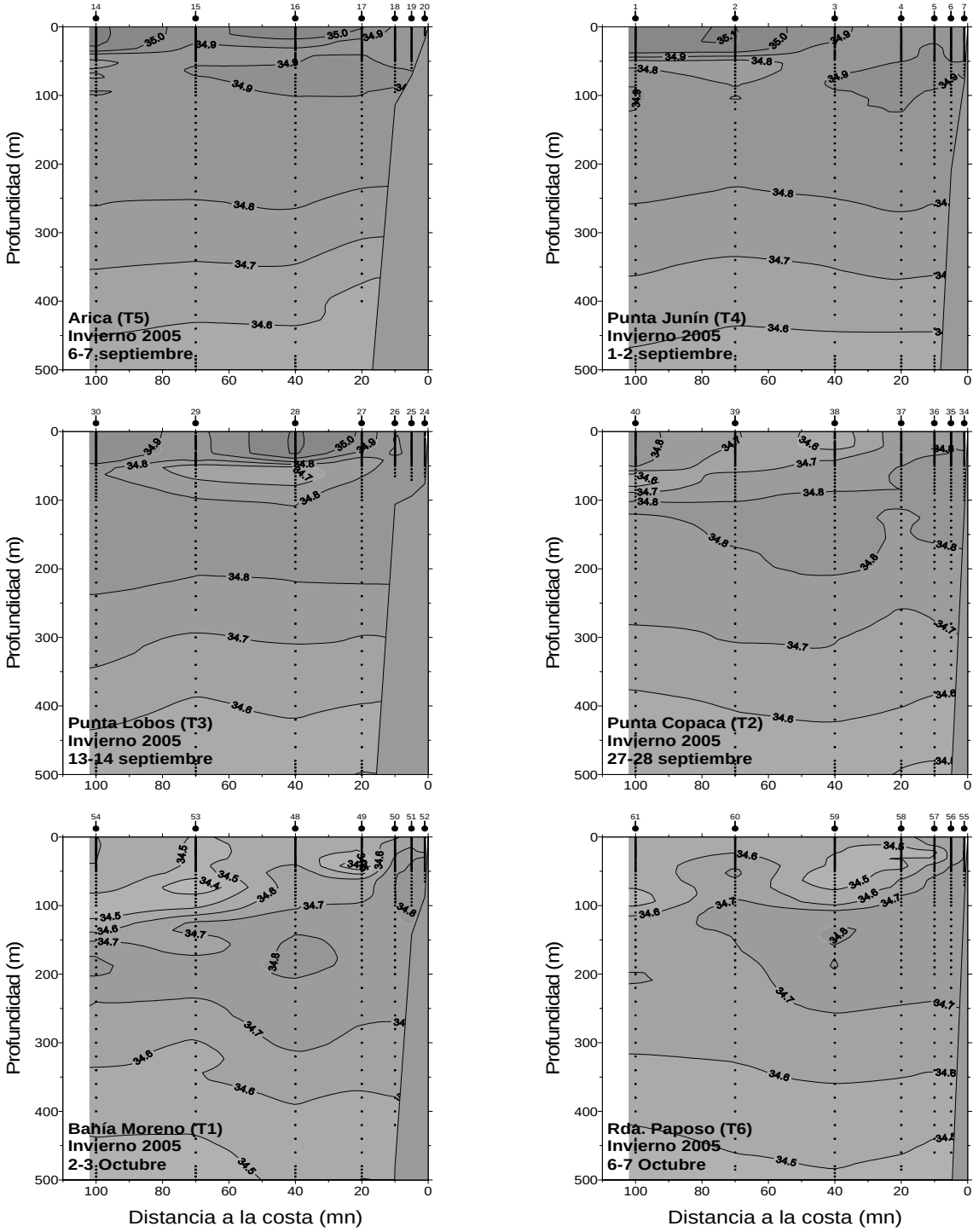



**Figura 30.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

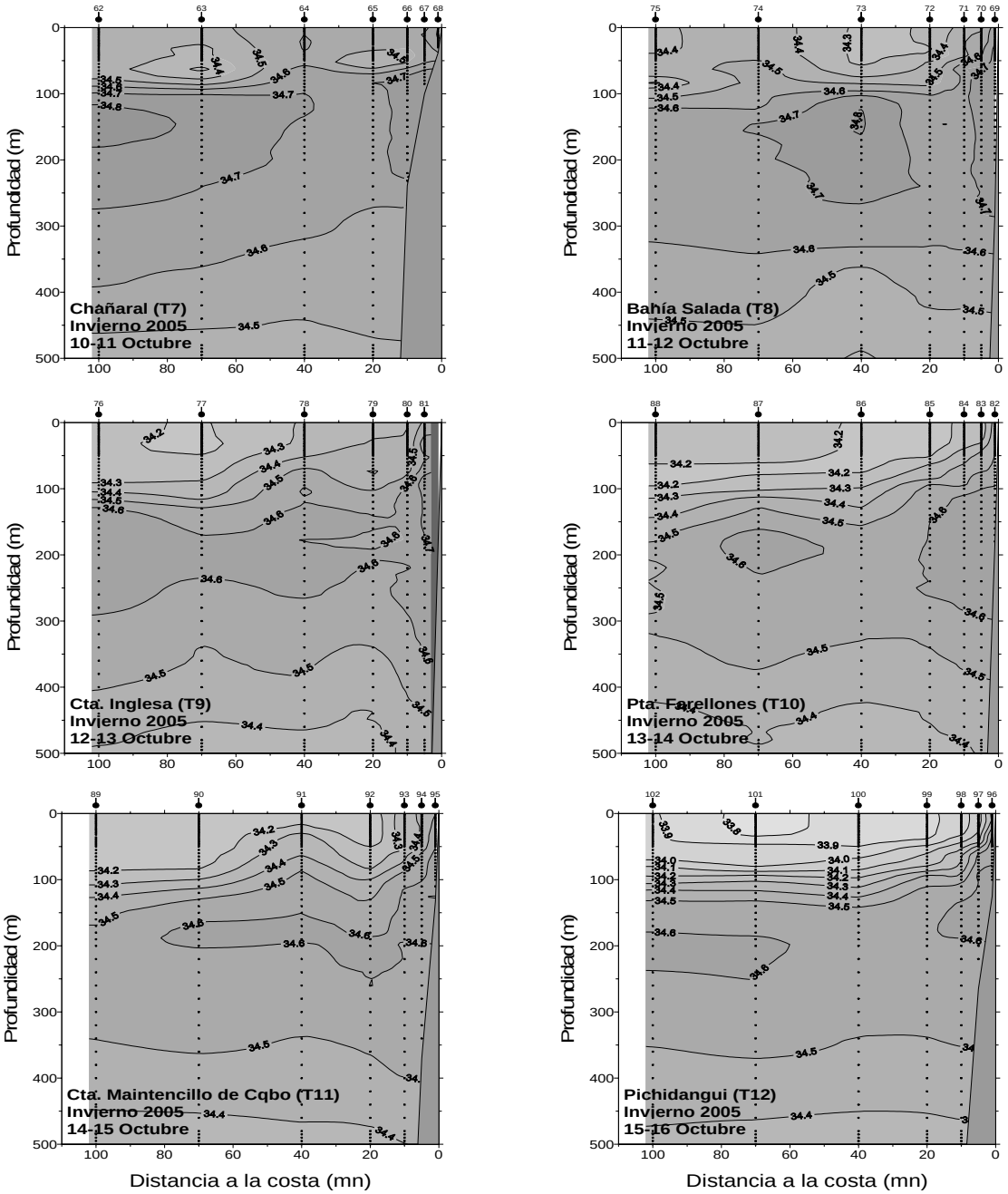



**Figura 31.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S), en Invierno de 2005.

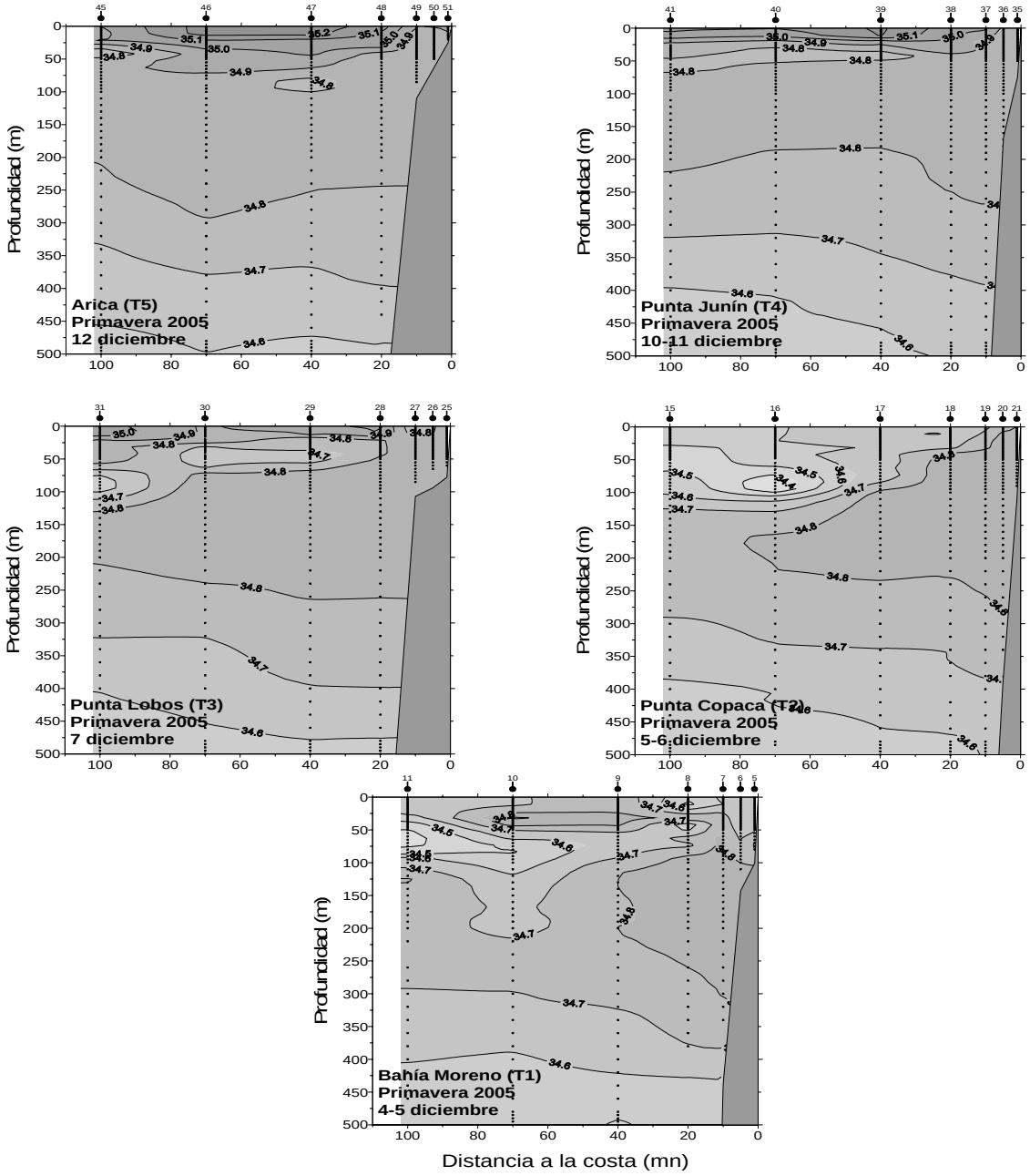



**Figura 32.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Primavera de 2005.

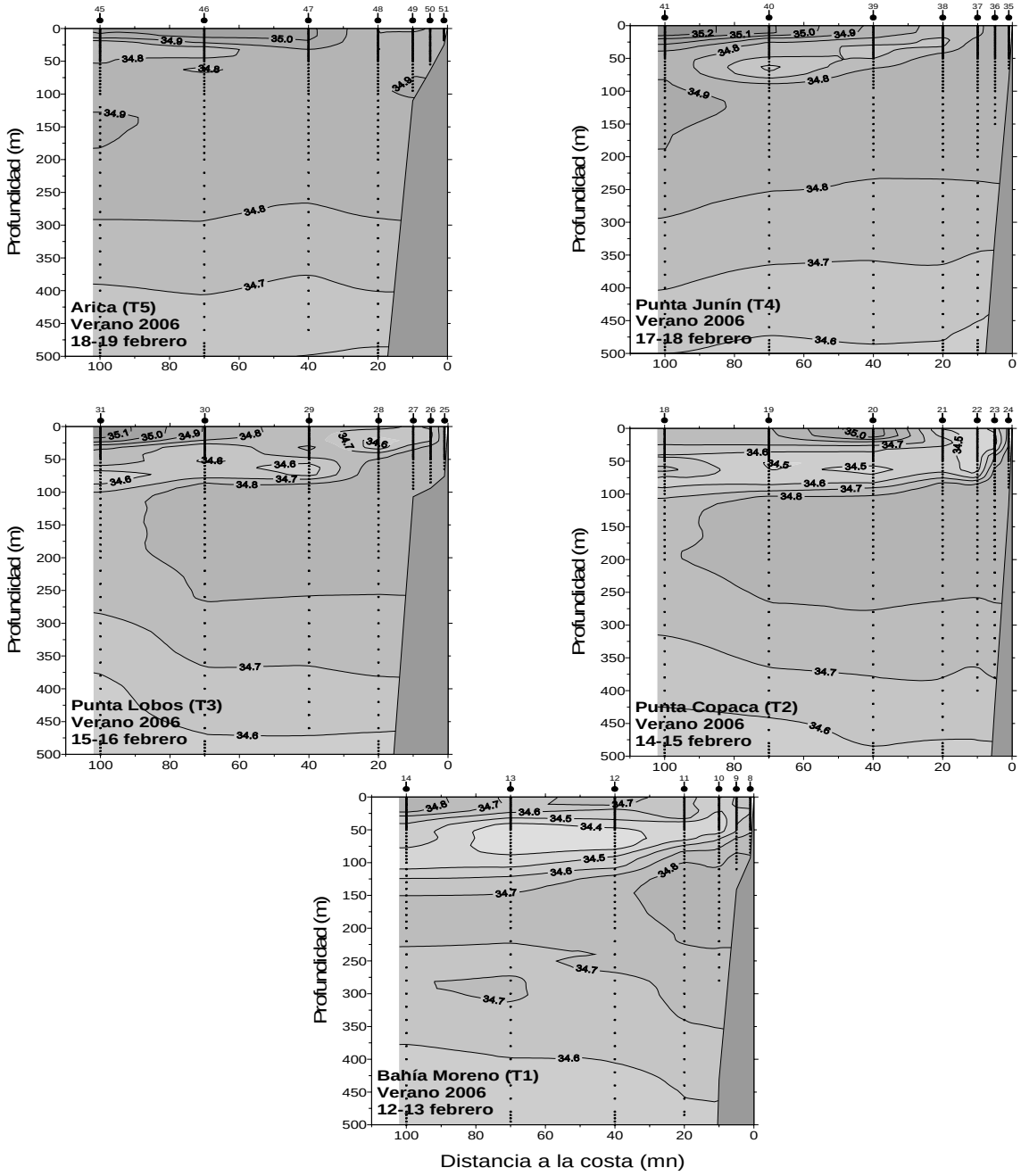



**Figura 33.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Verano de 2006.

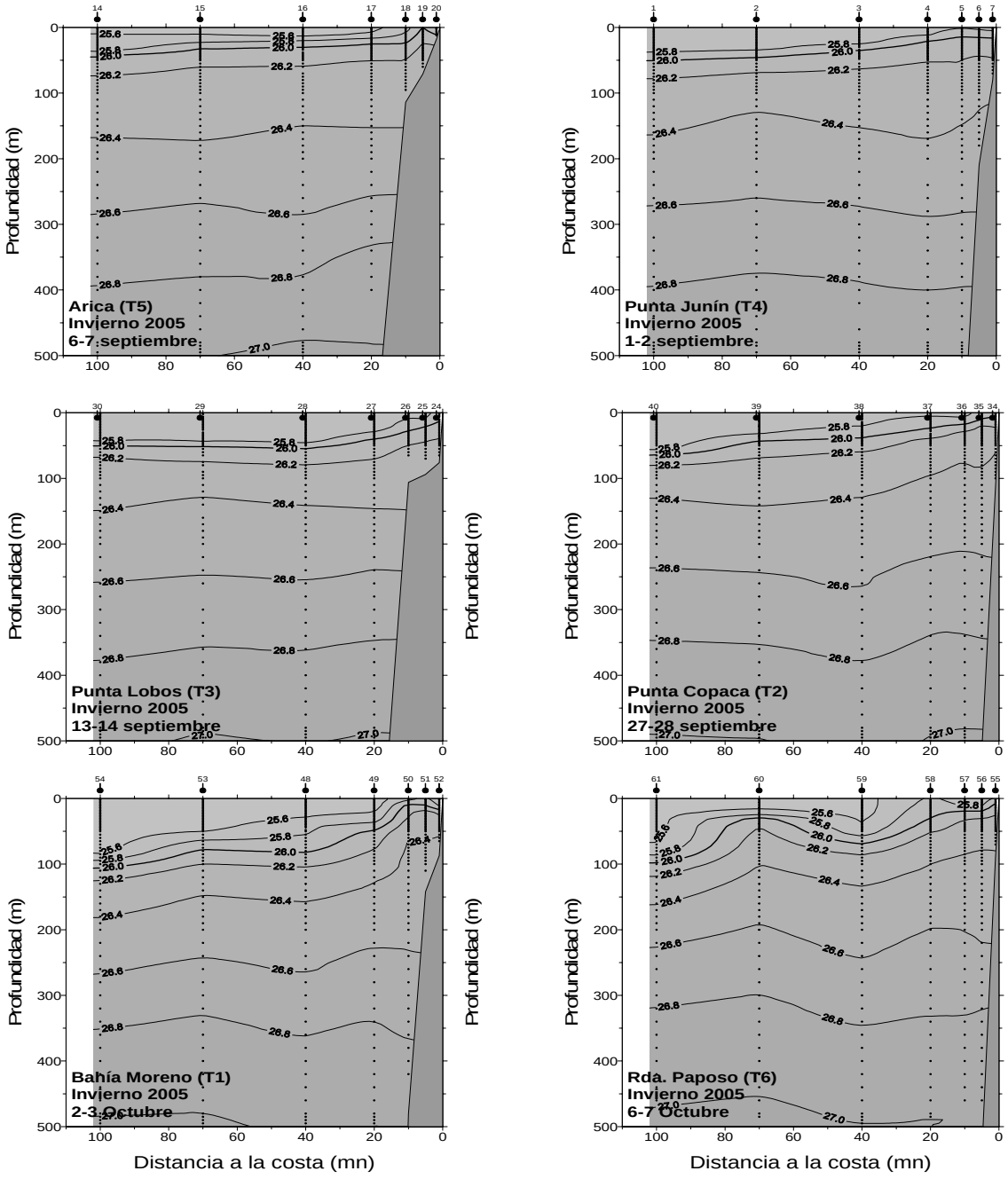



**Figura 34.** Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m$^3$) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

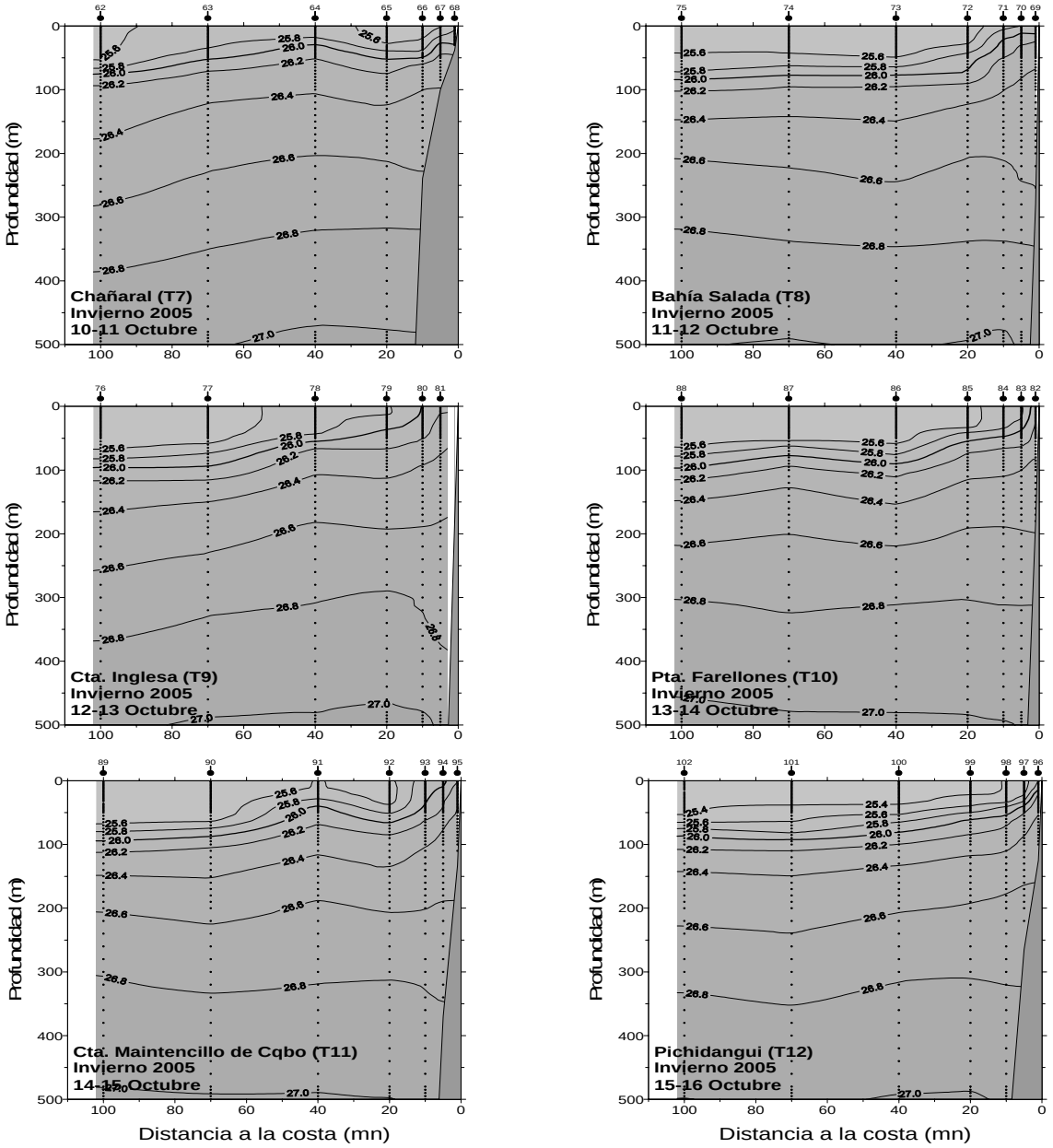



**Figura 35.** Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m$^3$) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º10'S), en Invierno de 2005.

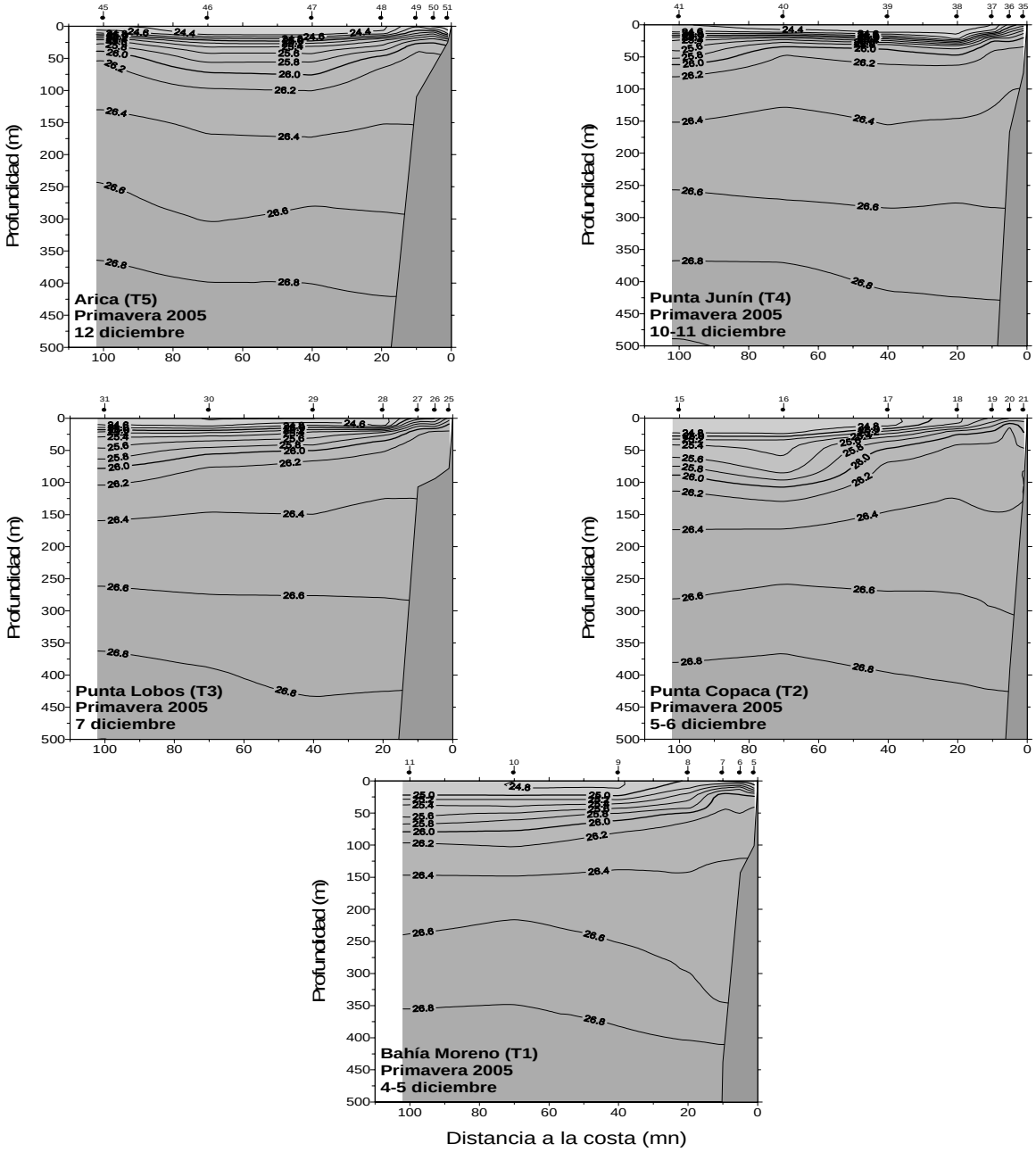



**Figura 36.** Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m$^3$) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º40'S) en Primavera de 2005.

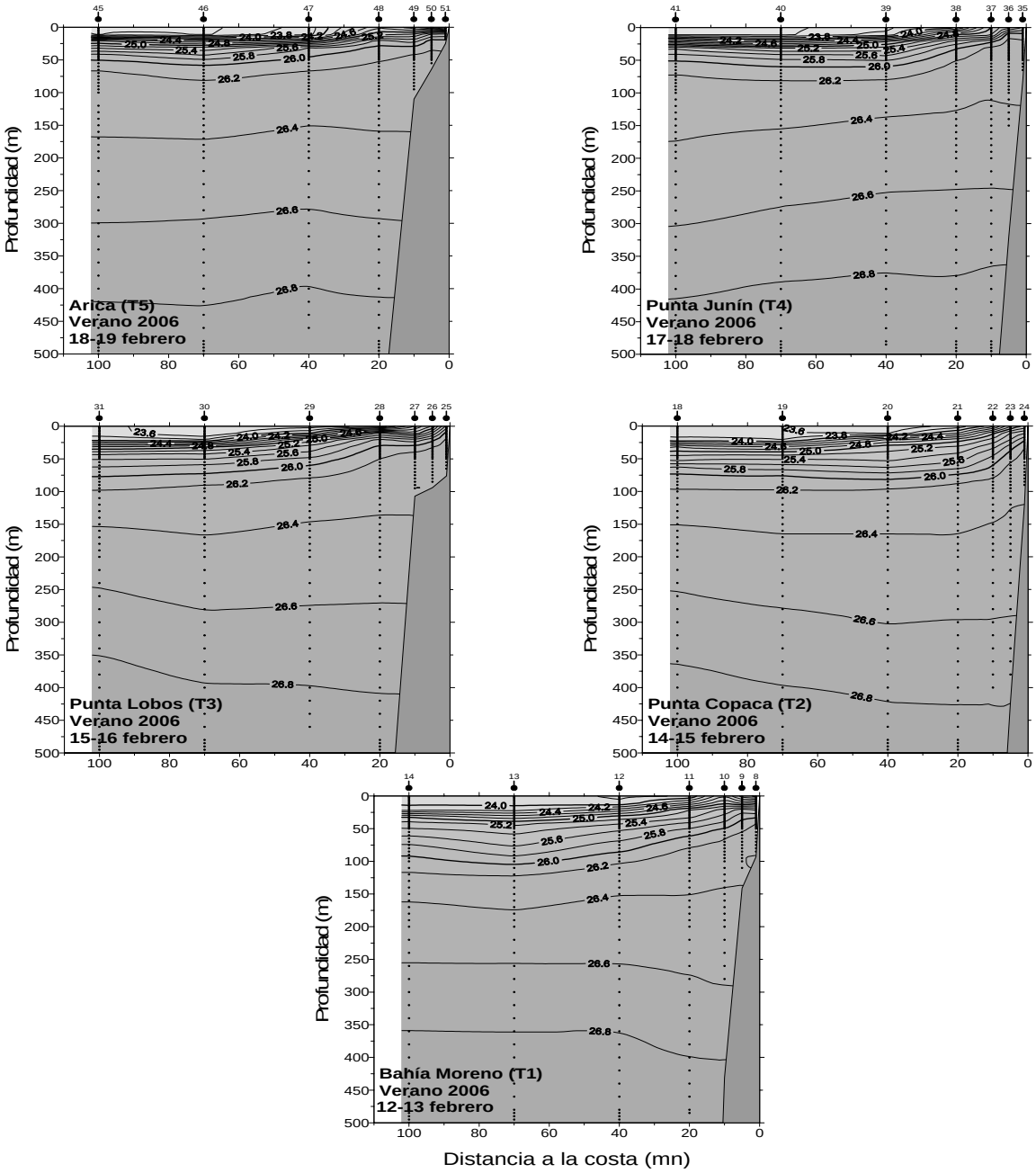



**Figura 37.** Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m$^3$) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat.19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º40'S) en Verano de 2006.

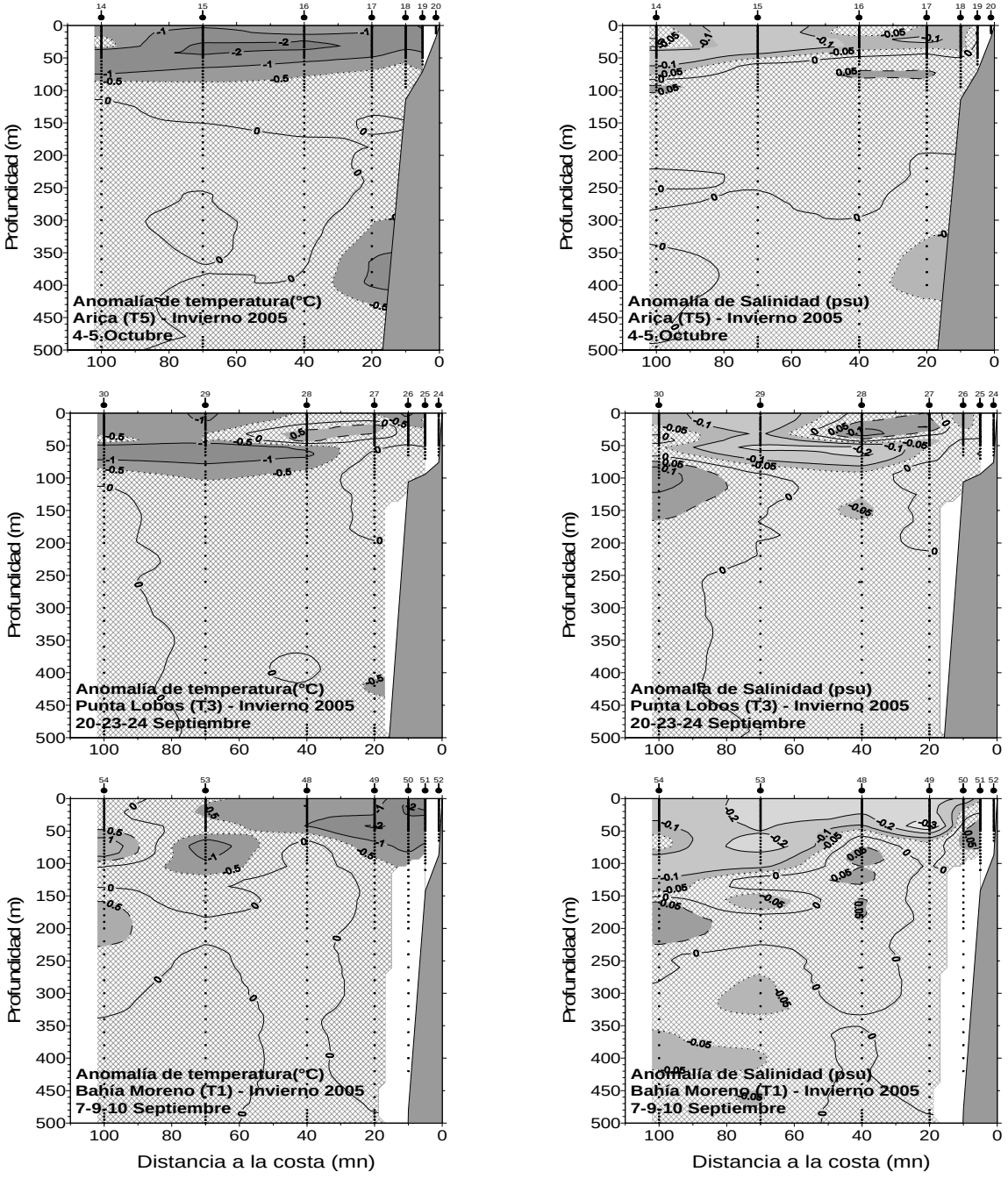



**Figura 38.** Anomalía vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23º40'S) en Invierno de 2005.

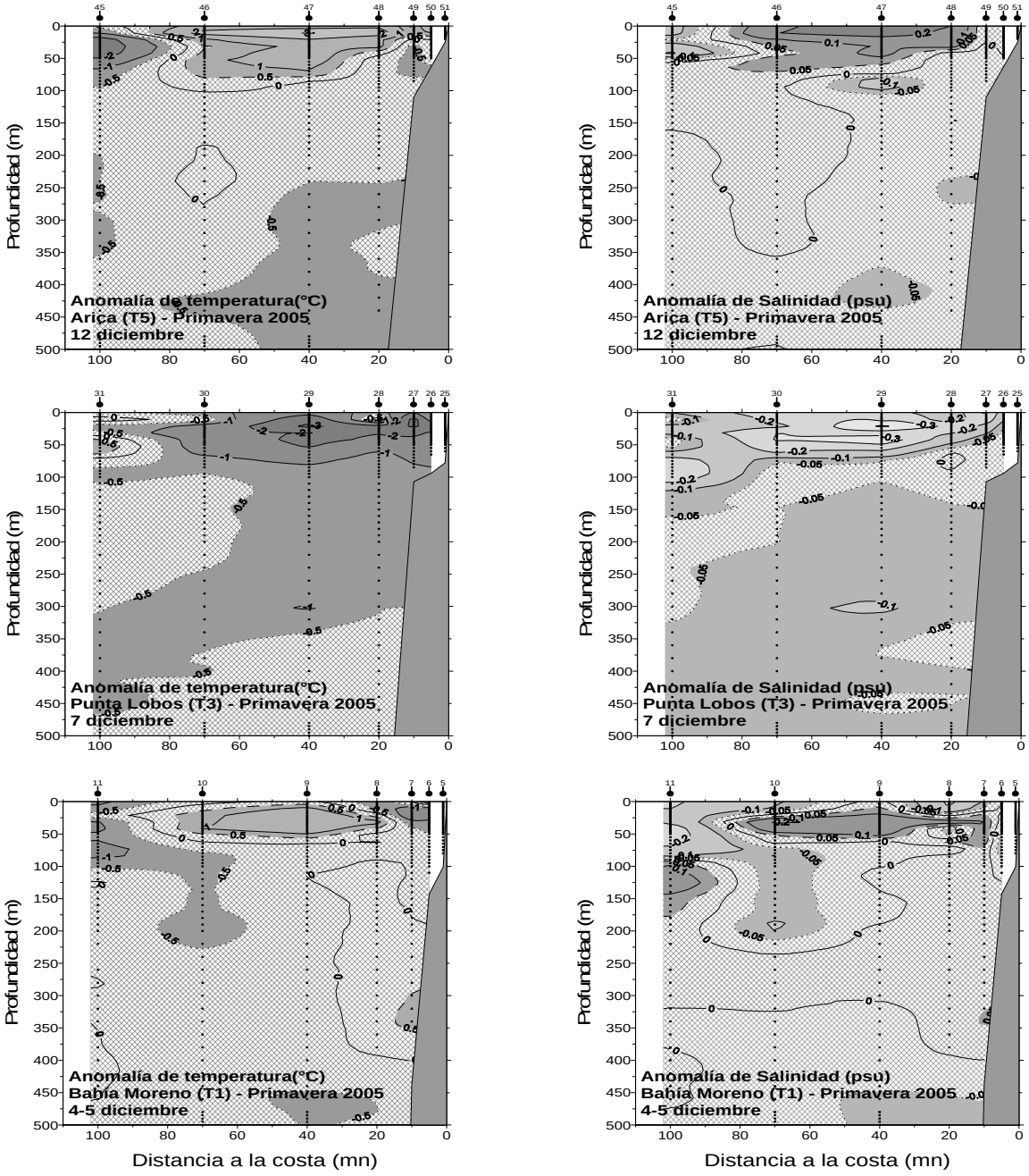



**Figura 39.** Anomalía vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S) en Primavera de 2005.

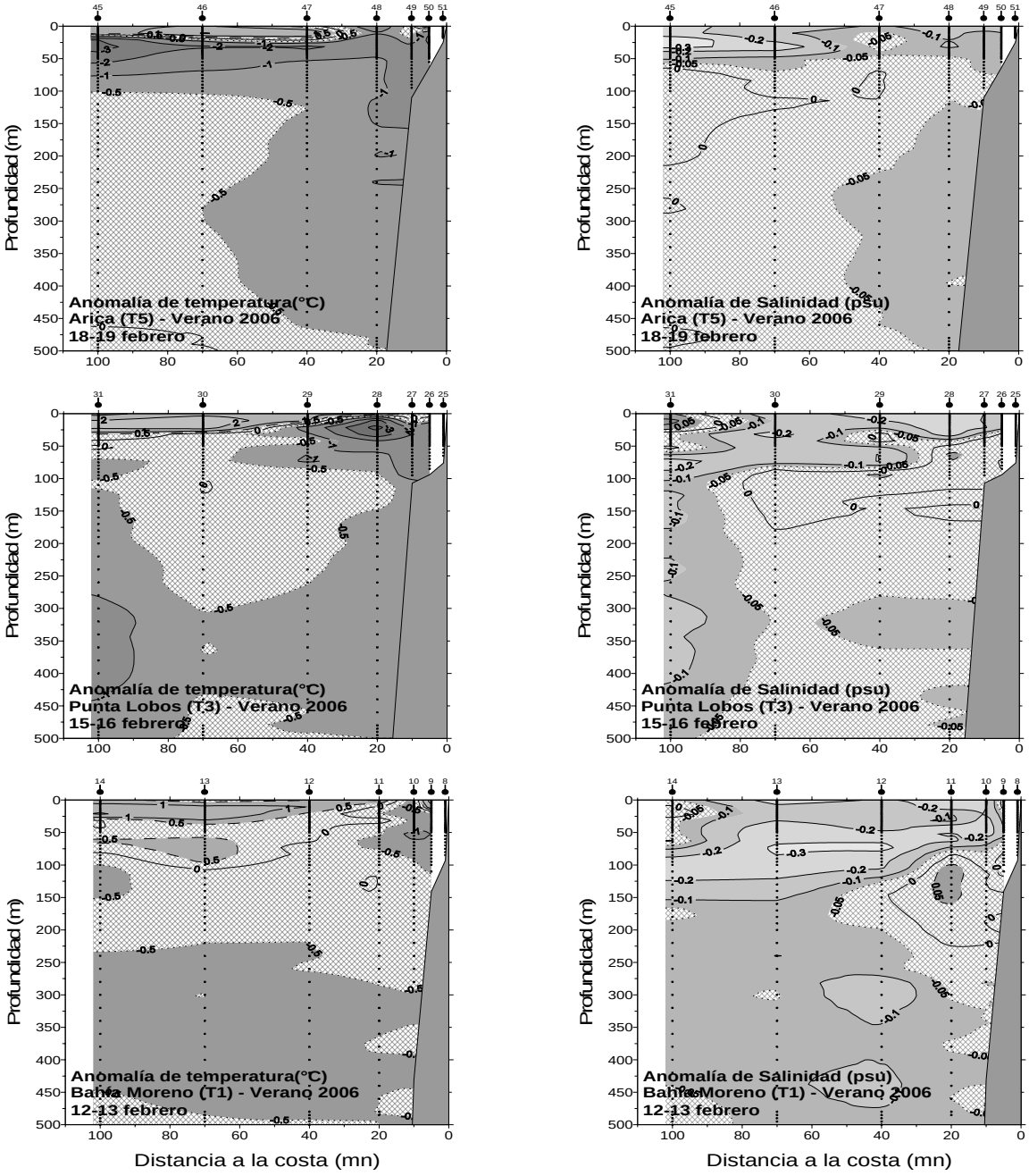



**Figura 40.** Anomalía vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S) en Verano de 2006.

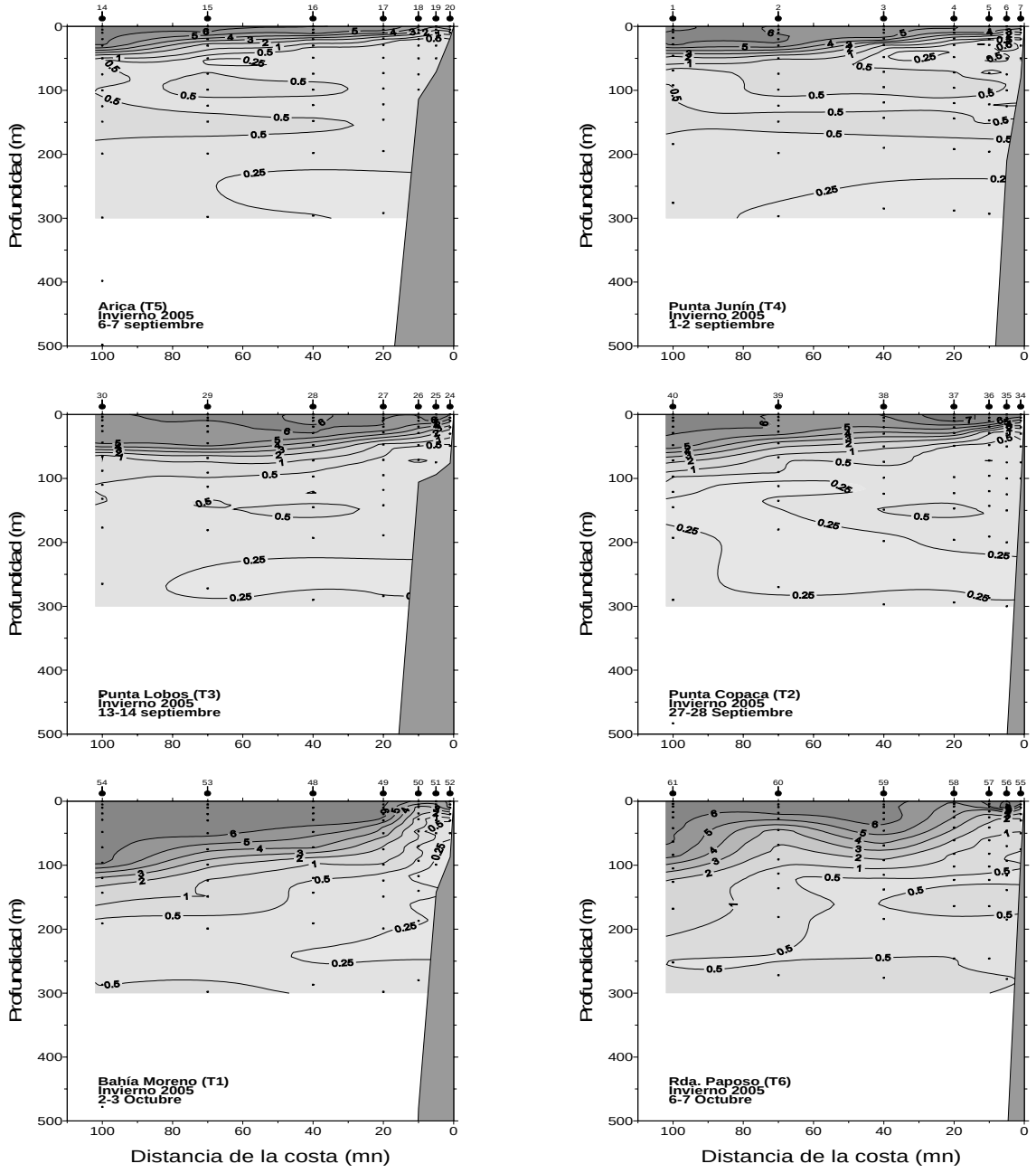



**Figura 41.** Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

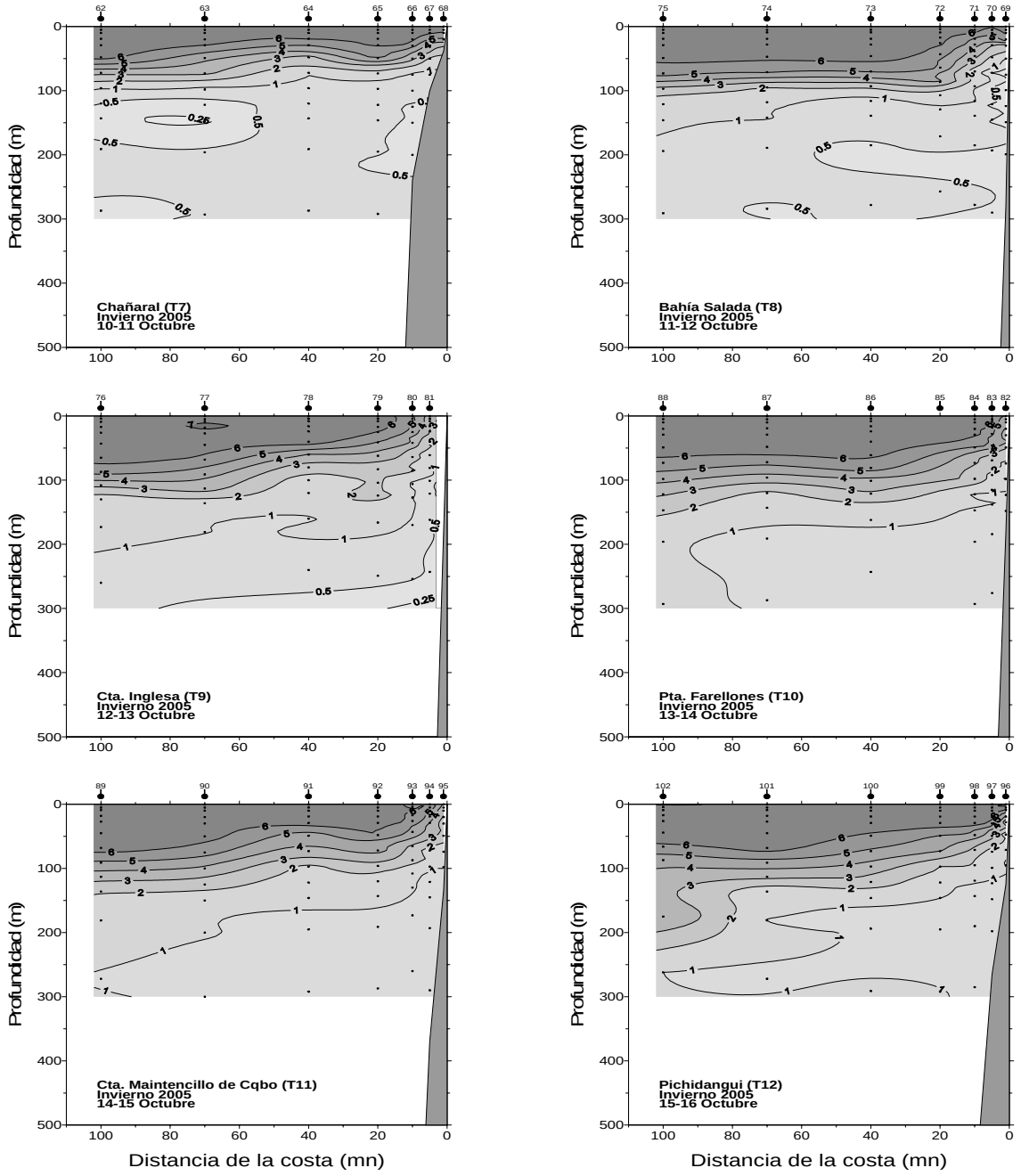



**Figura 42.** Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S), en Invierno de 2005.

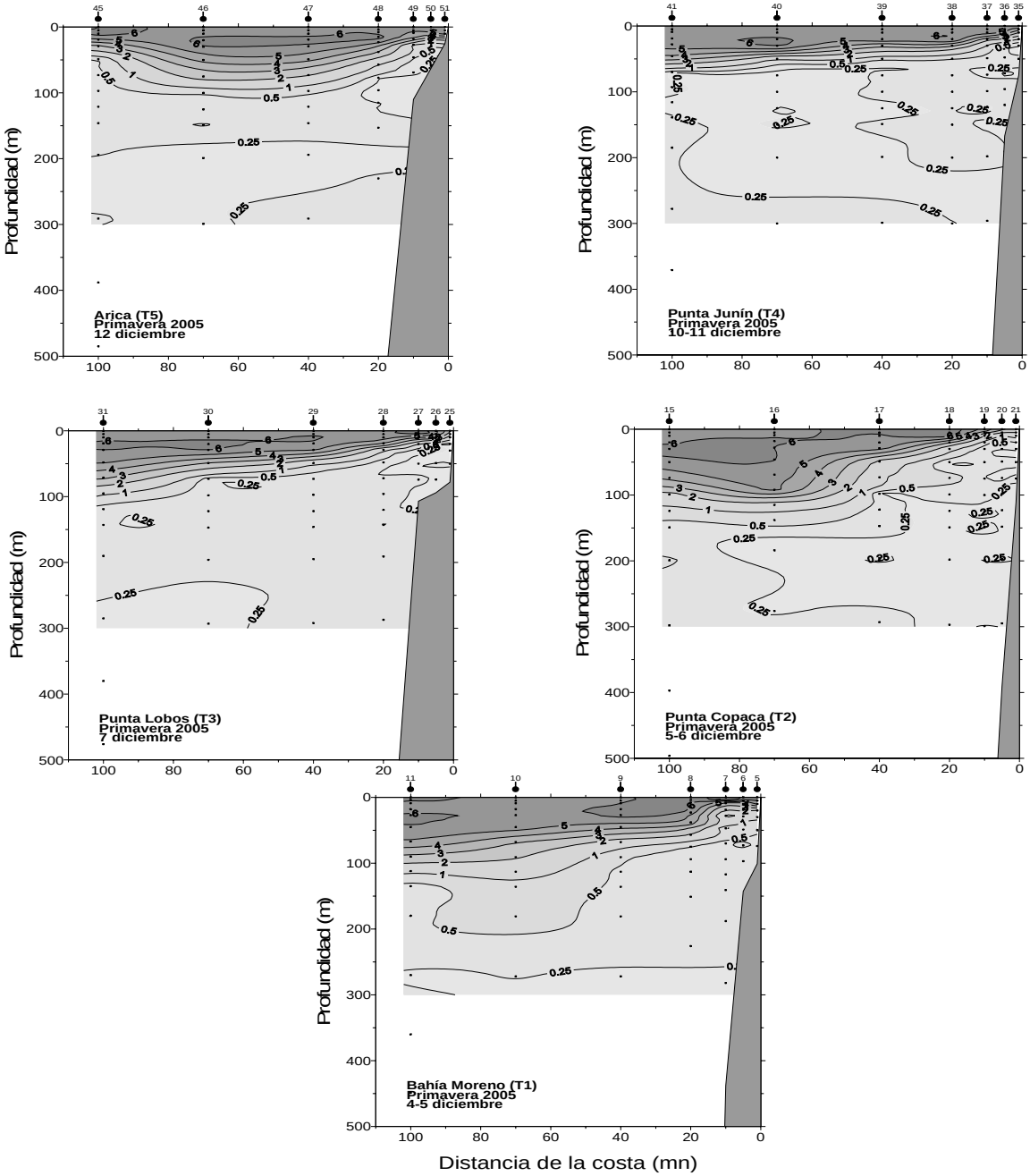



**Figura 43.** Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º40'S) en Primavera de 2005.

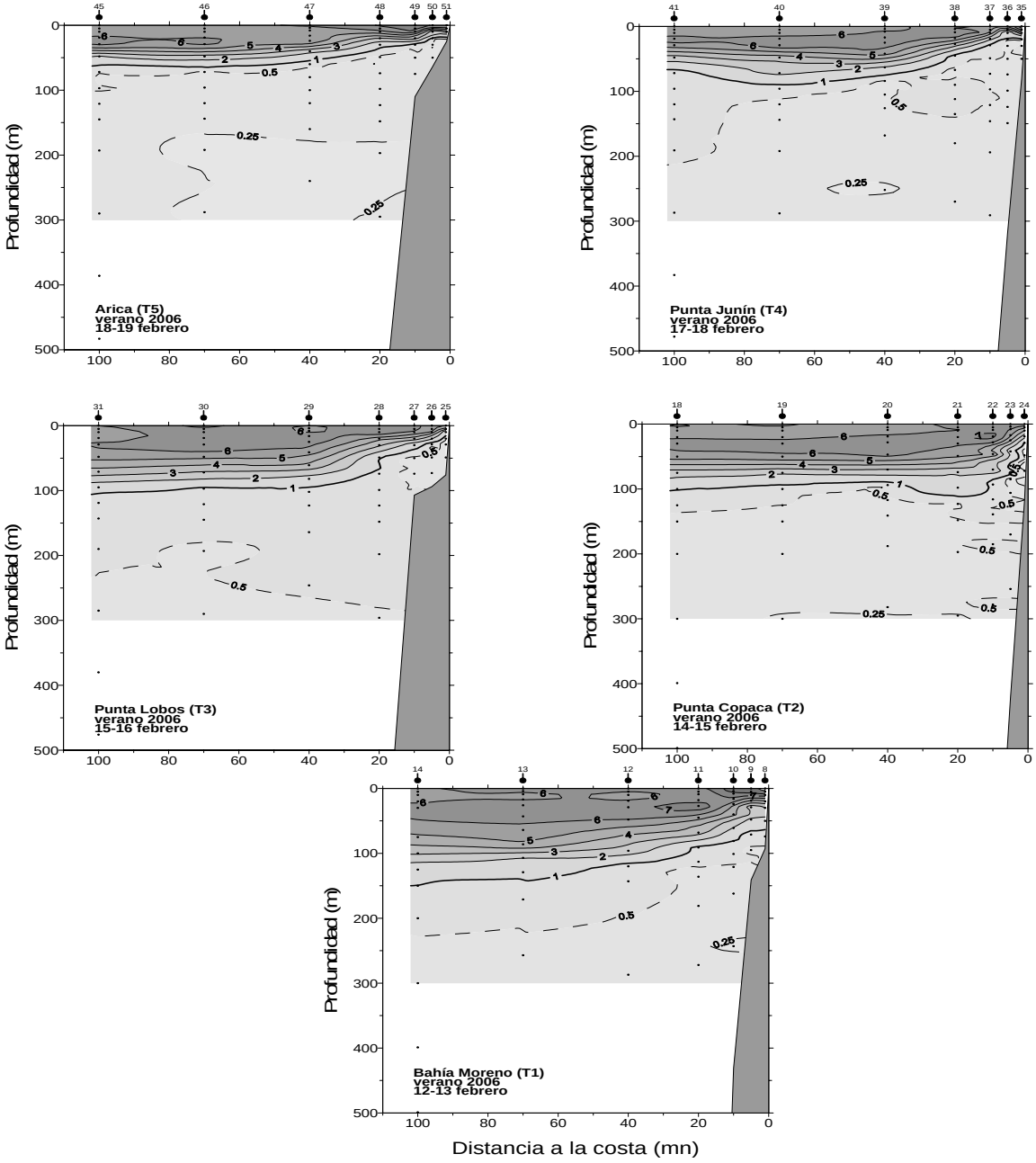



**Figura 44.** Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Verano de 2006.

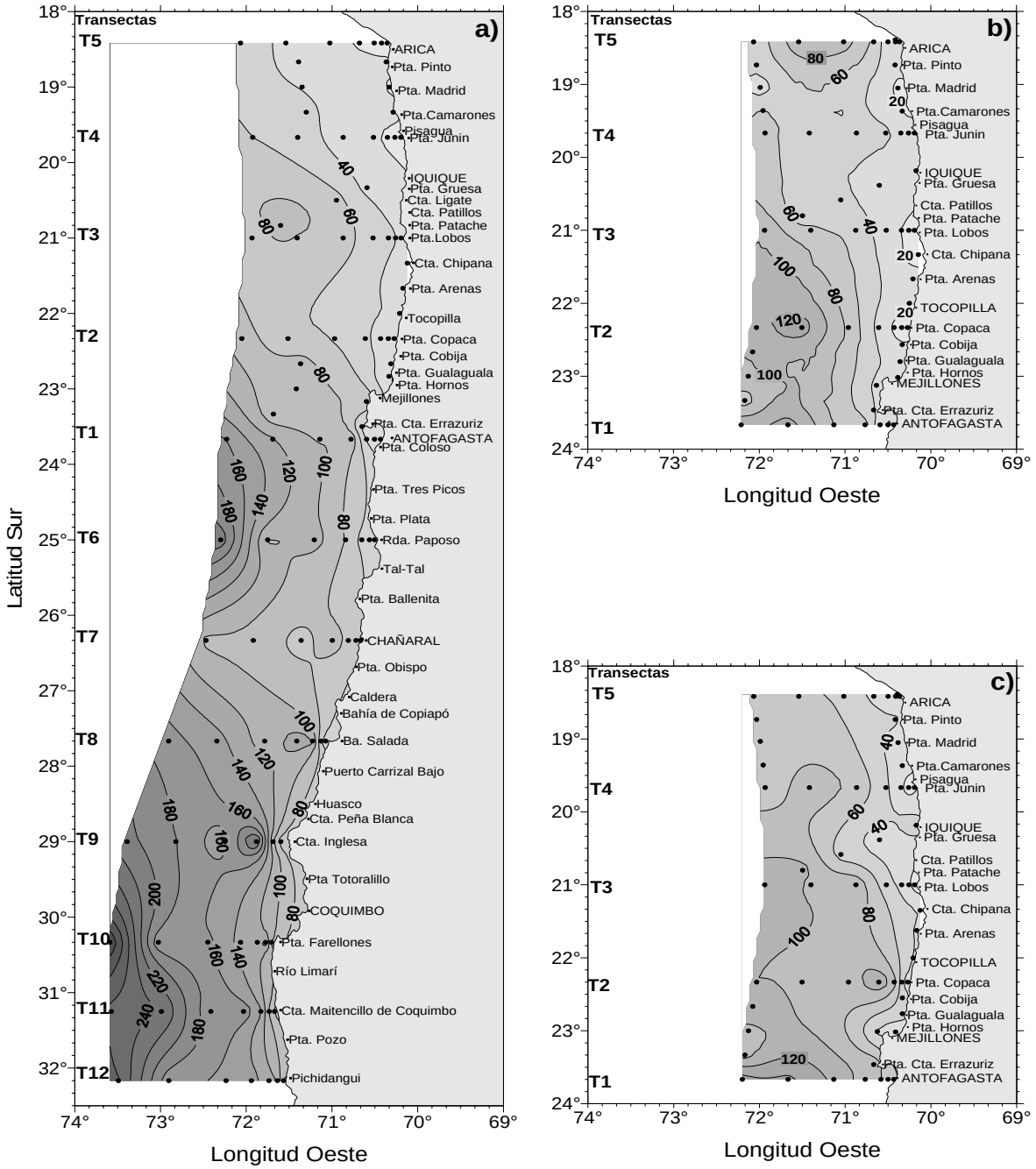



**Figura 45.** Profundidad de la isolínea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

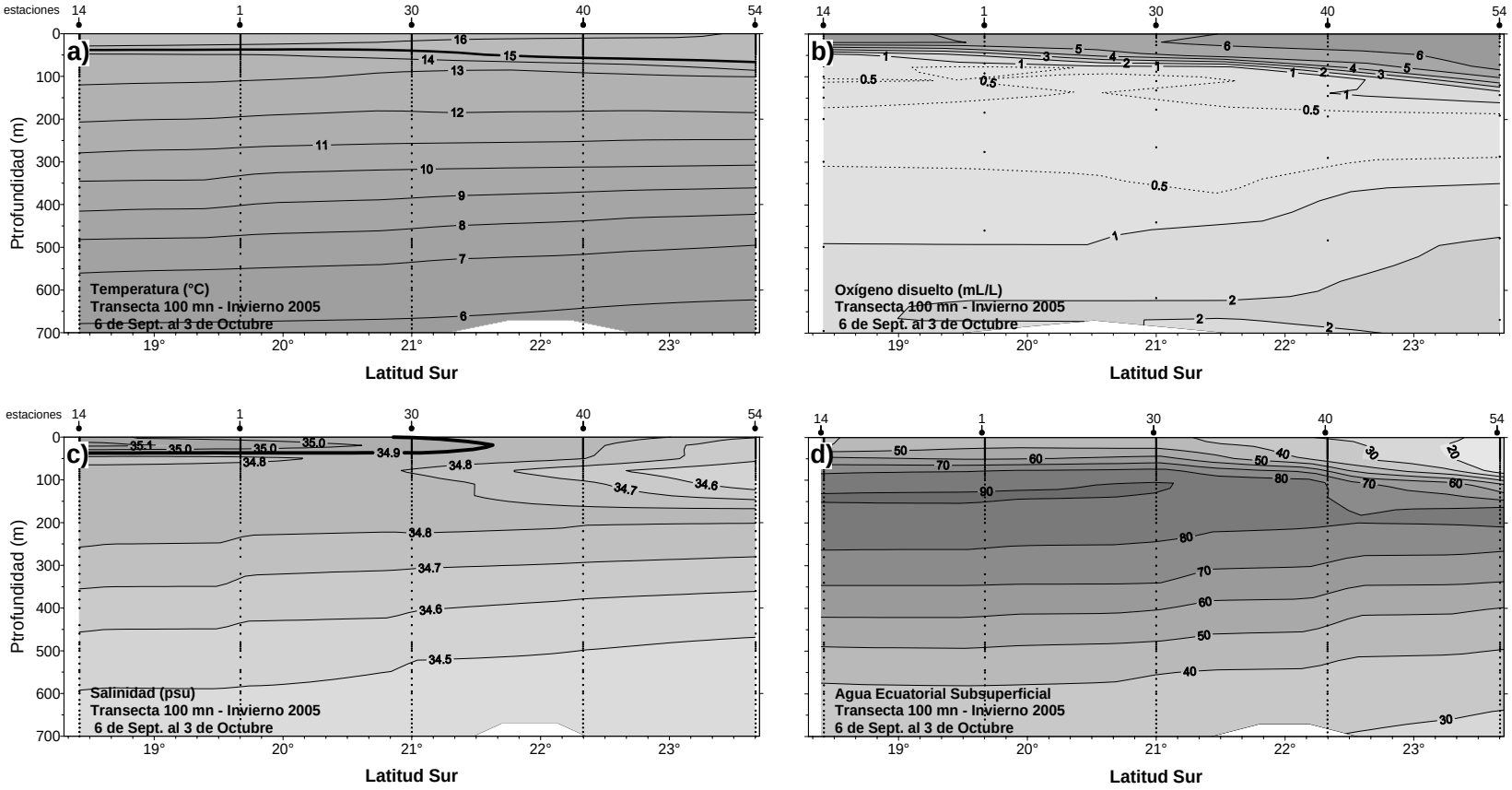



**Figura 46.** Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y d) porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (PPMA) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Invierno de 2005.

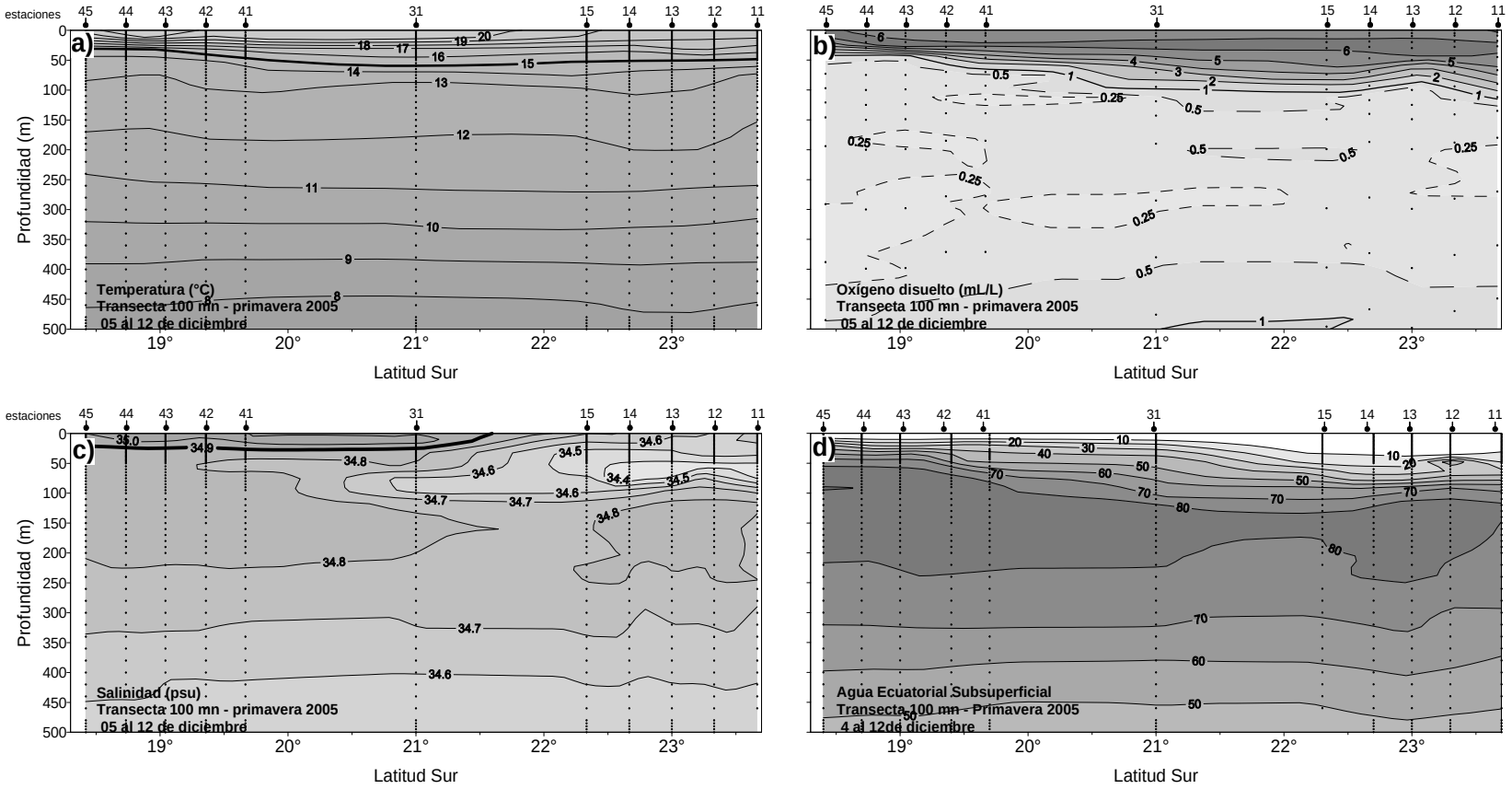



**Figura 47.** Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y d) porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (PPMA) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Primavera de 2005.

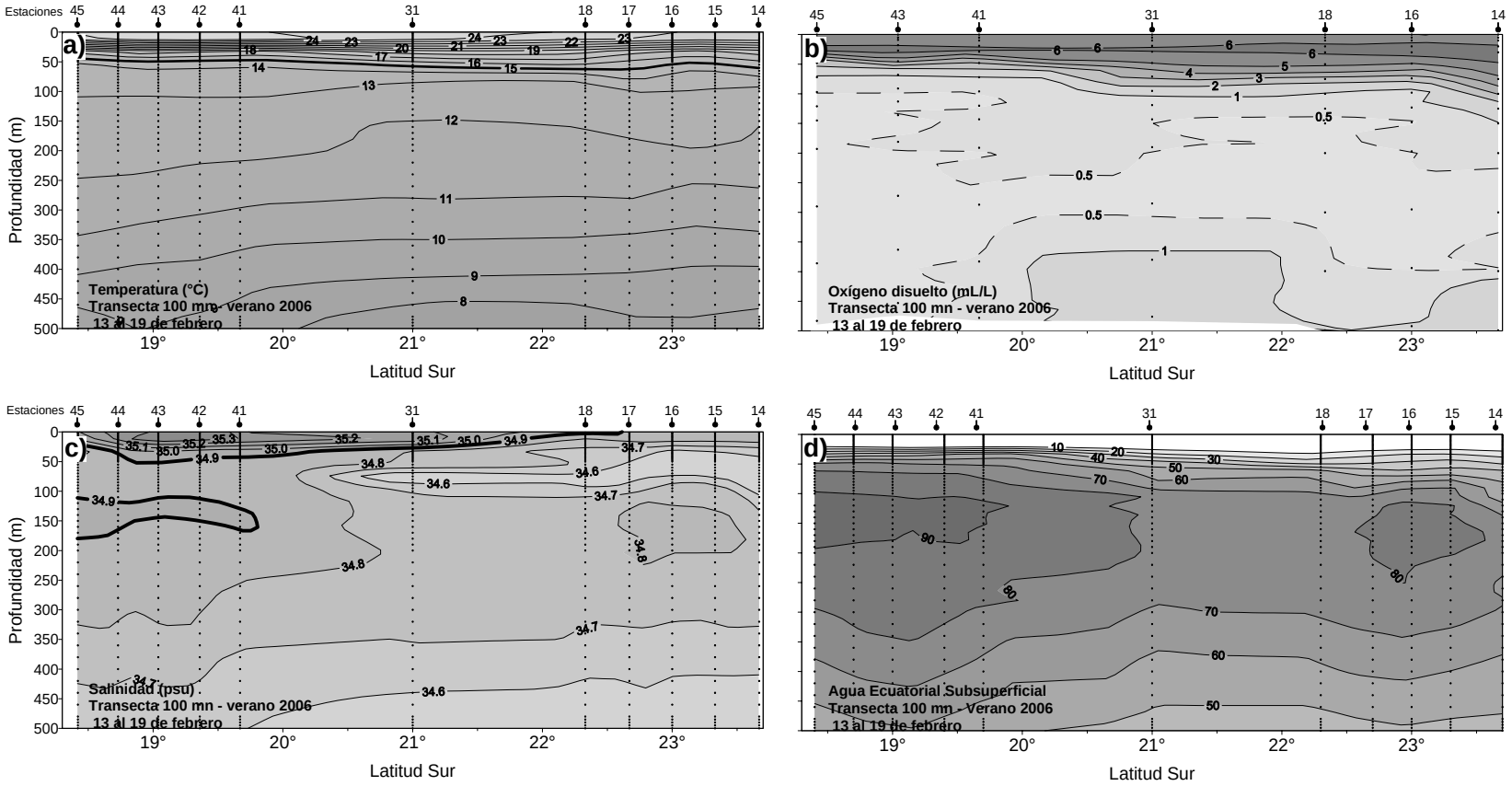



**Figura 48.** Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y d) porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (PPMA) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Verano de 2006.

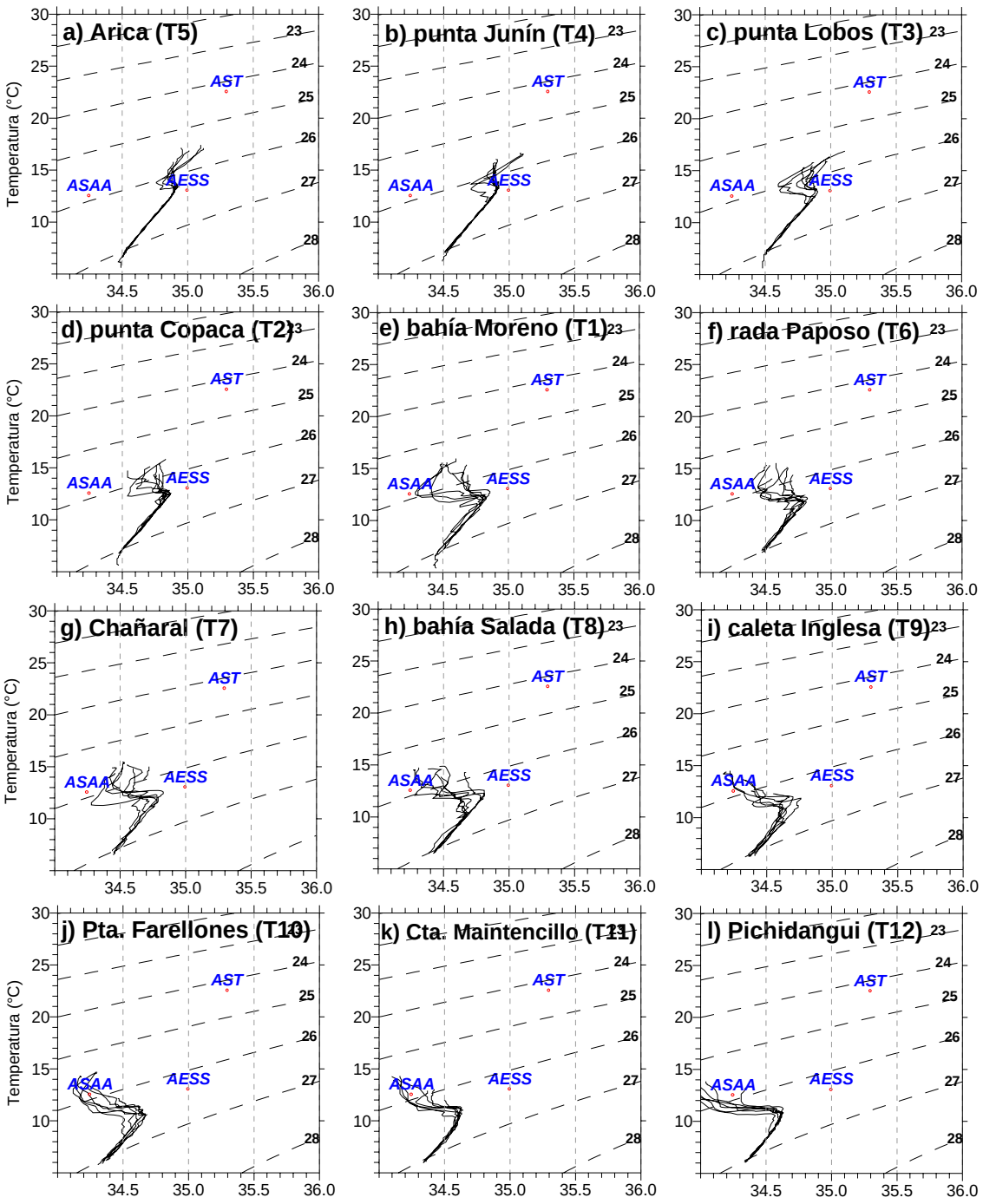



**Figura 49.** Diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta en Invierno de 2005.

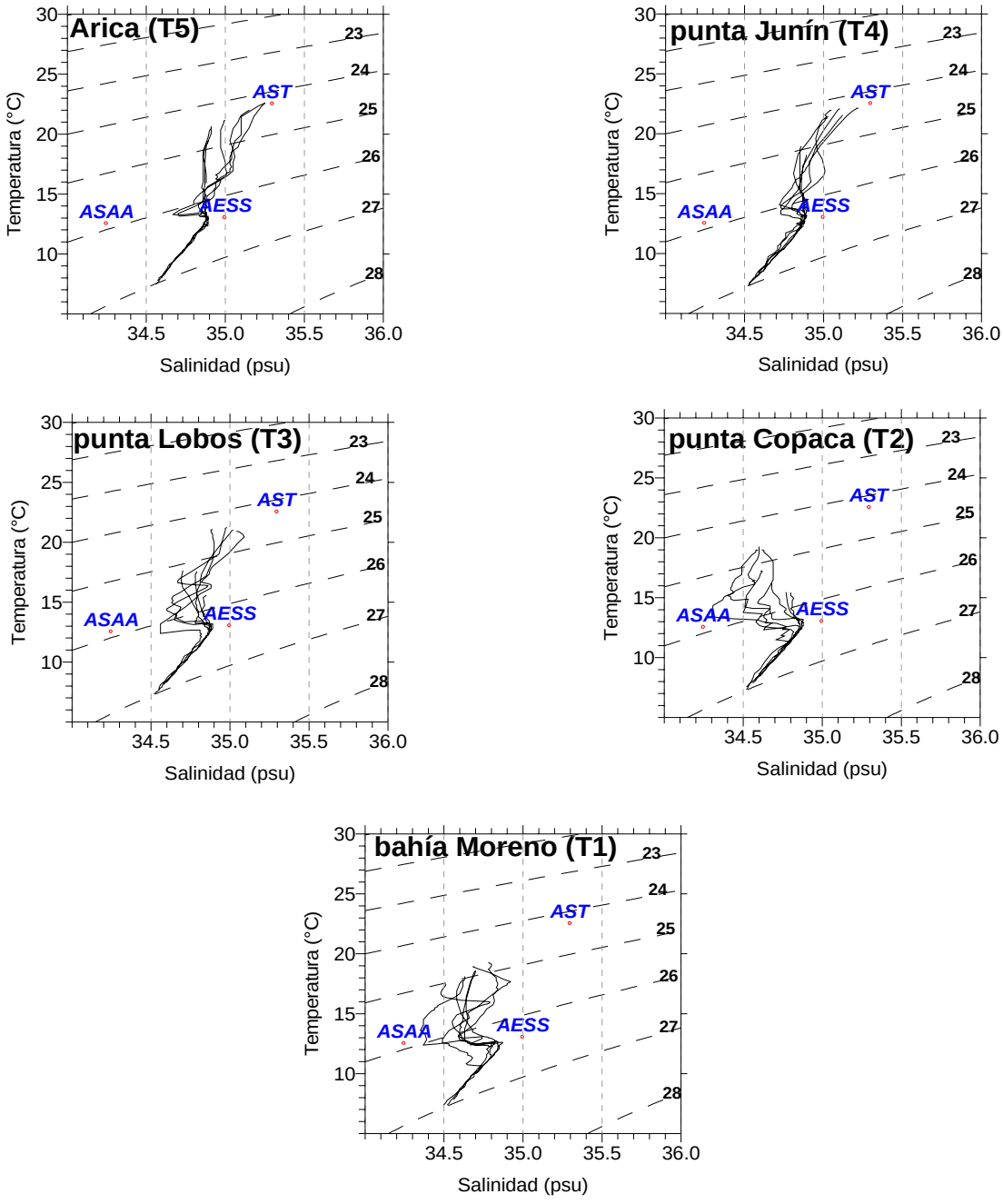



**Figura 50.** Diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta en Primavera de 2005.

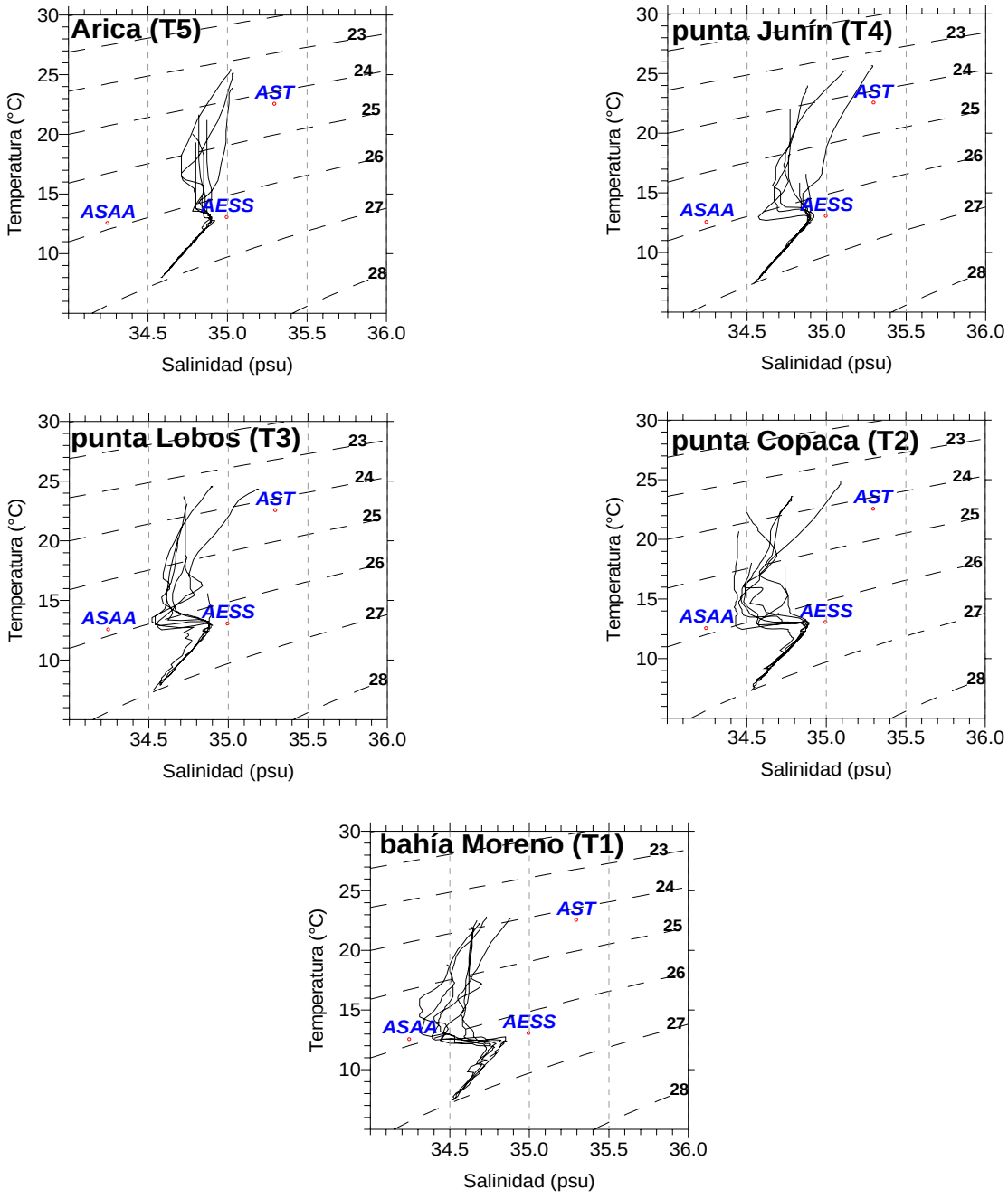



**Figura 51.** Diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta en Verano de 2006.

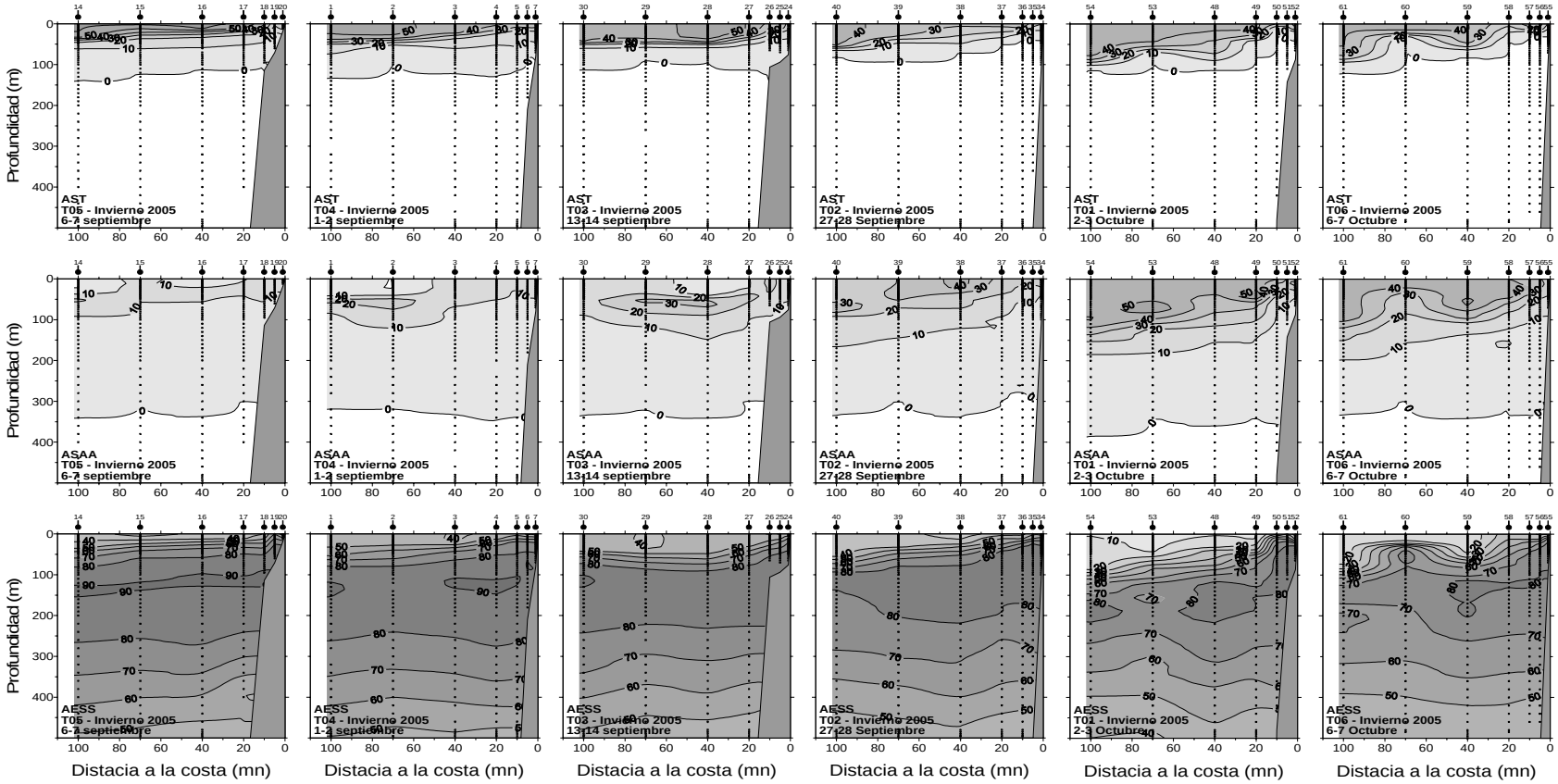



**Figura 52.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

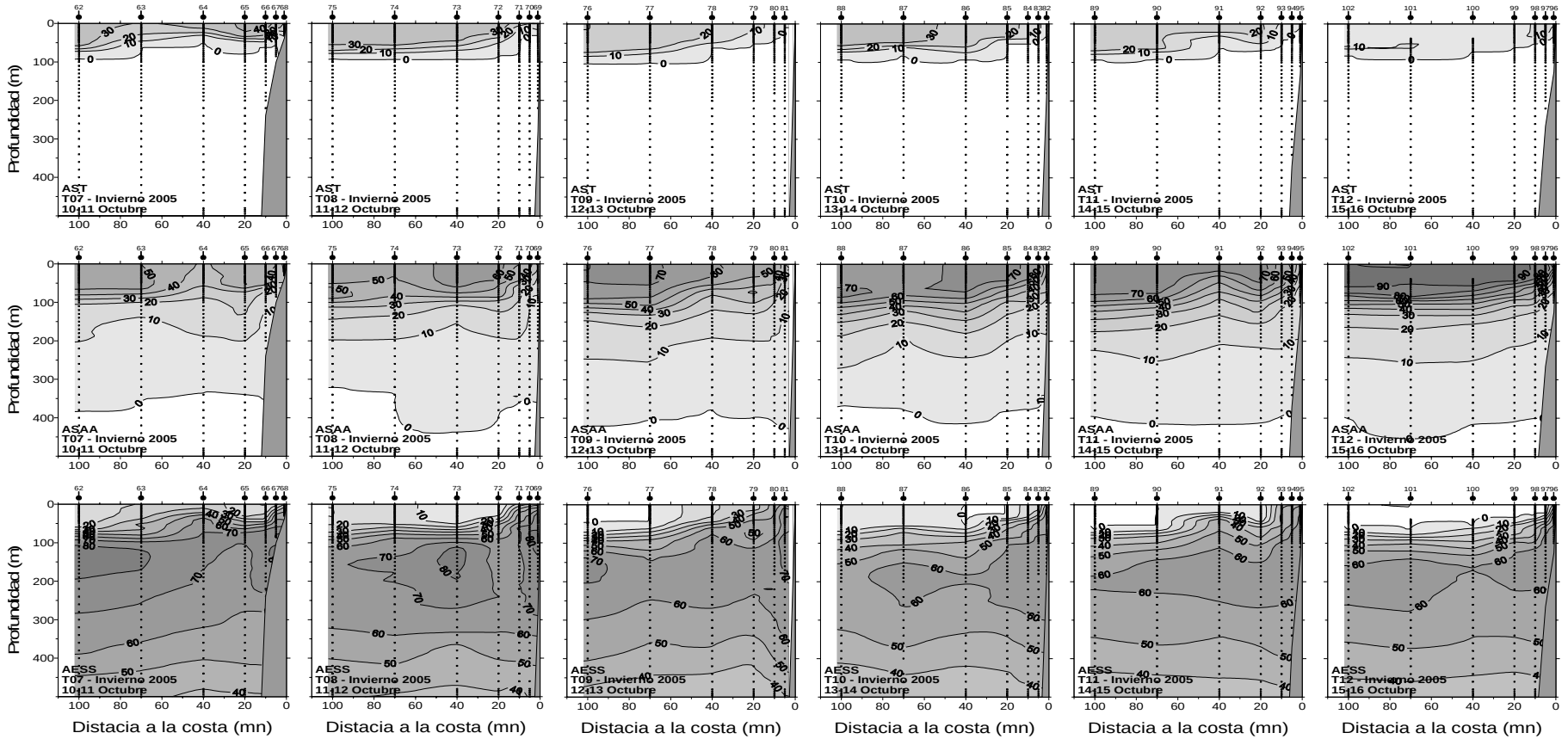



**Figura 53.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S), en Invierno de 2005.

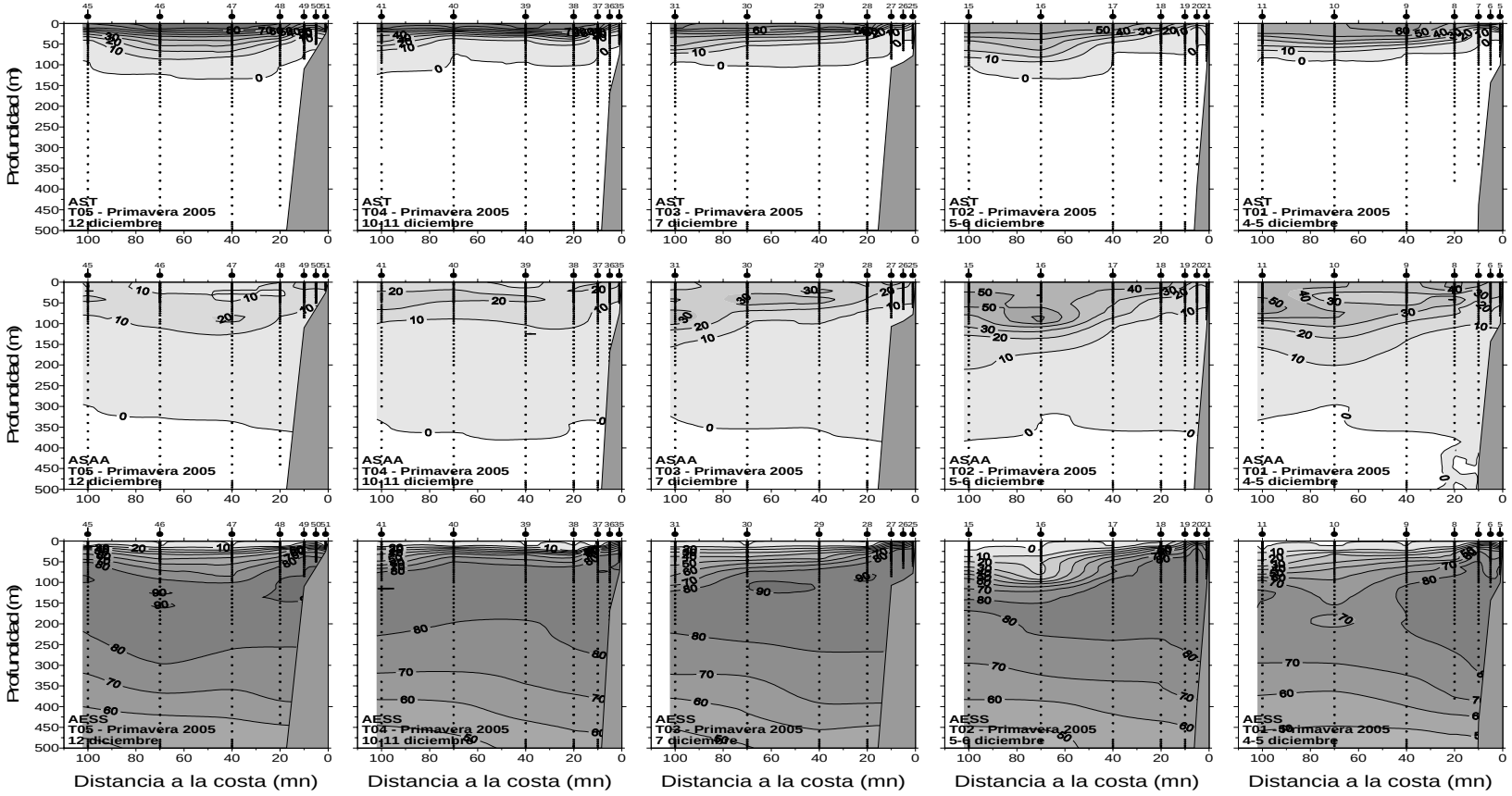



**Figura 54.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Primavera de 2005.

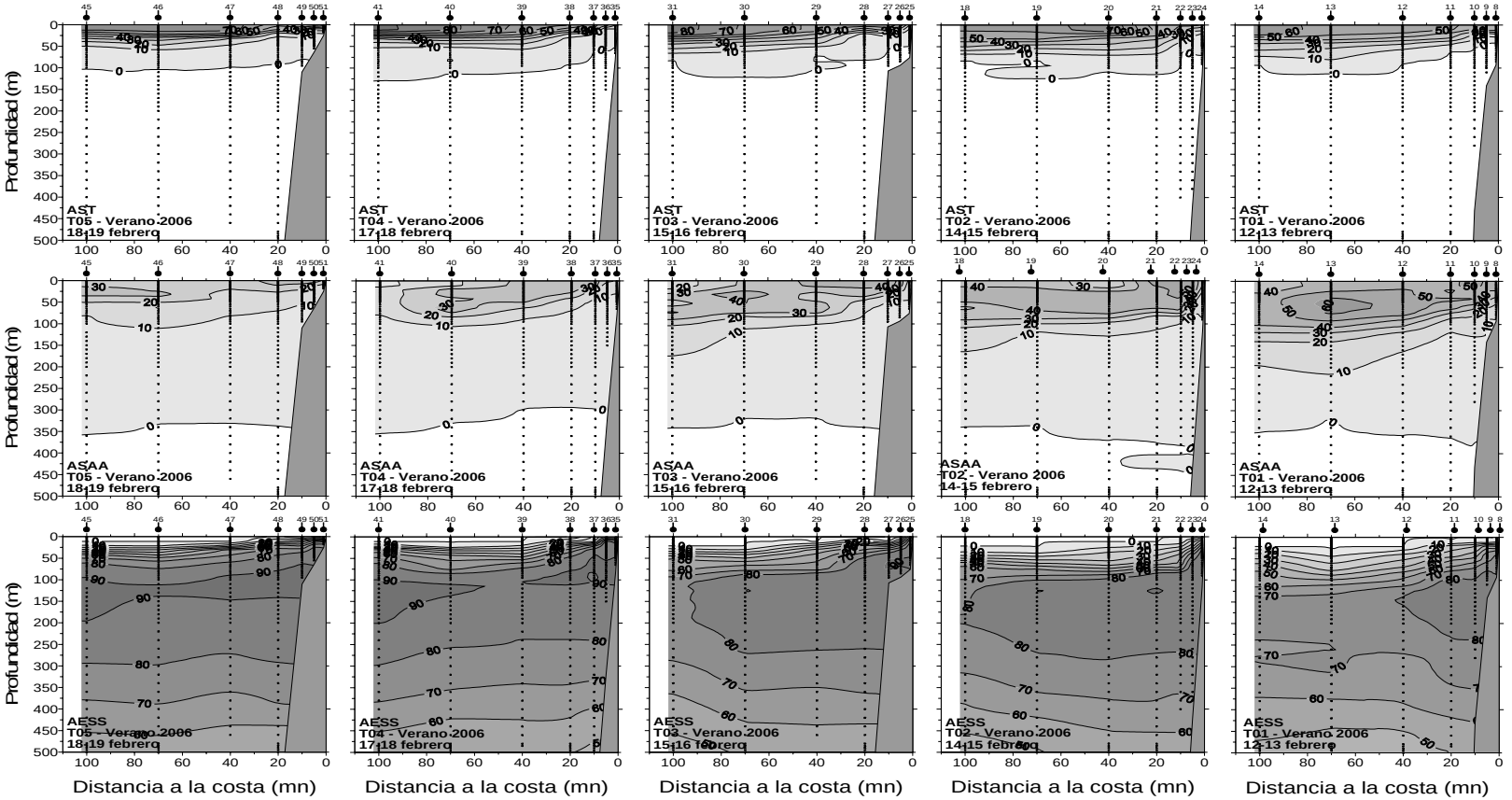



**Figura 55.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) en Verano de 2006

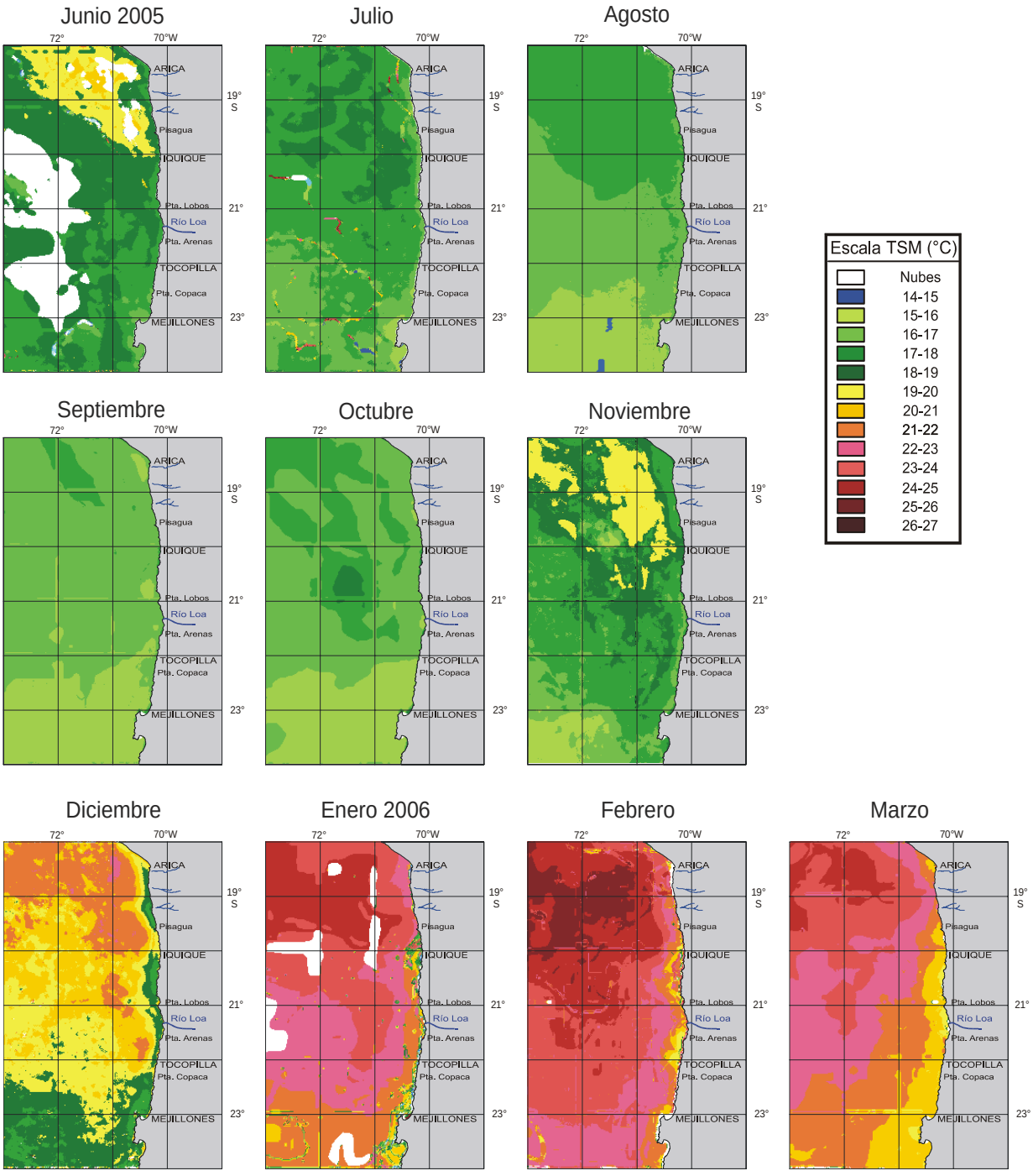



**Figura 56.** Distribución espacial mensual de la temperatura superficial del mar satelital en la zona norte de Chile. Junio de 2005 a Marzo de 2006.

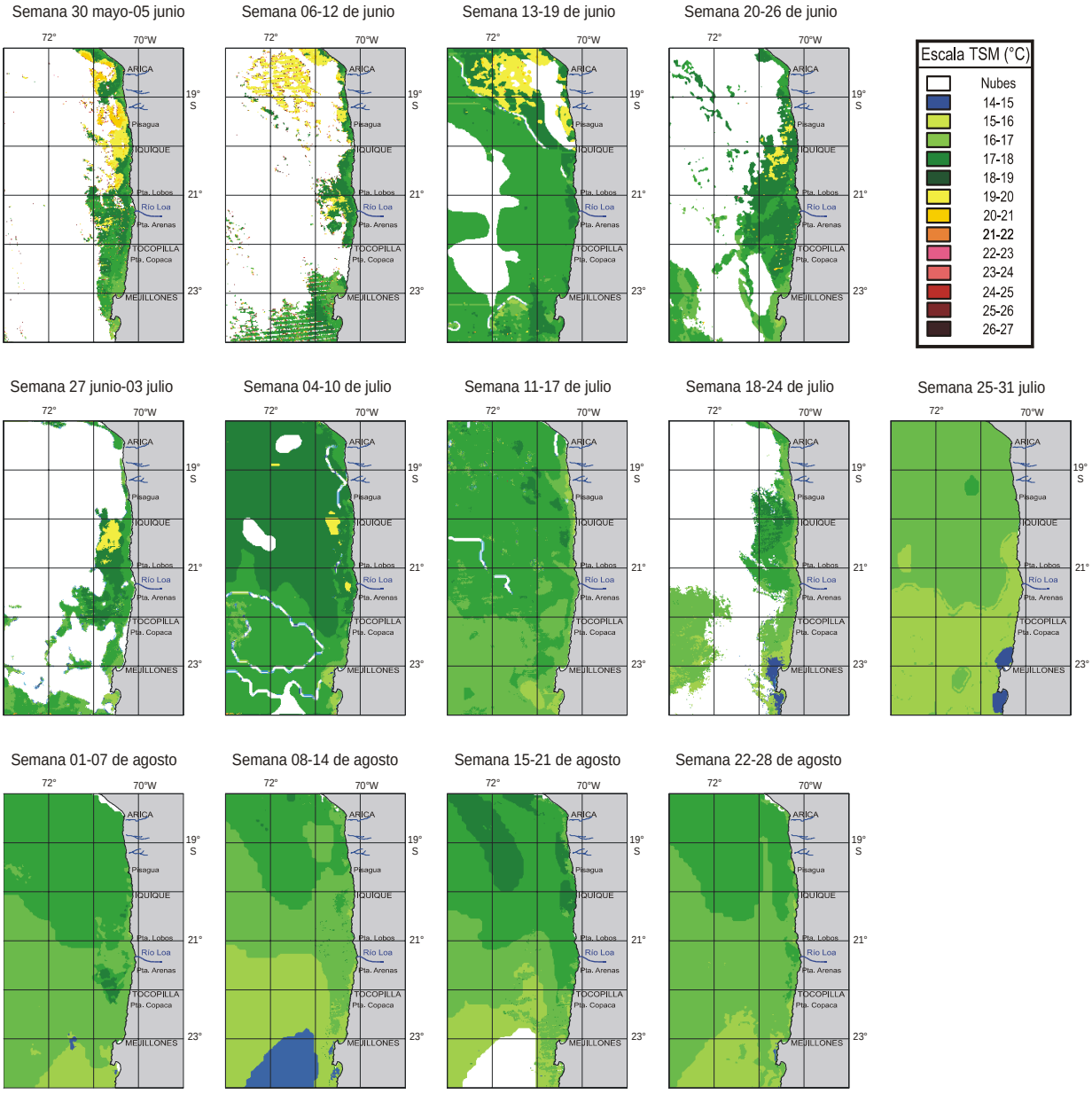



**Figura 57.** Distribución espacial semanal de la temperatura superficial del mar satelital en la zona norte de Chile. Junio - Agosto de 2005.

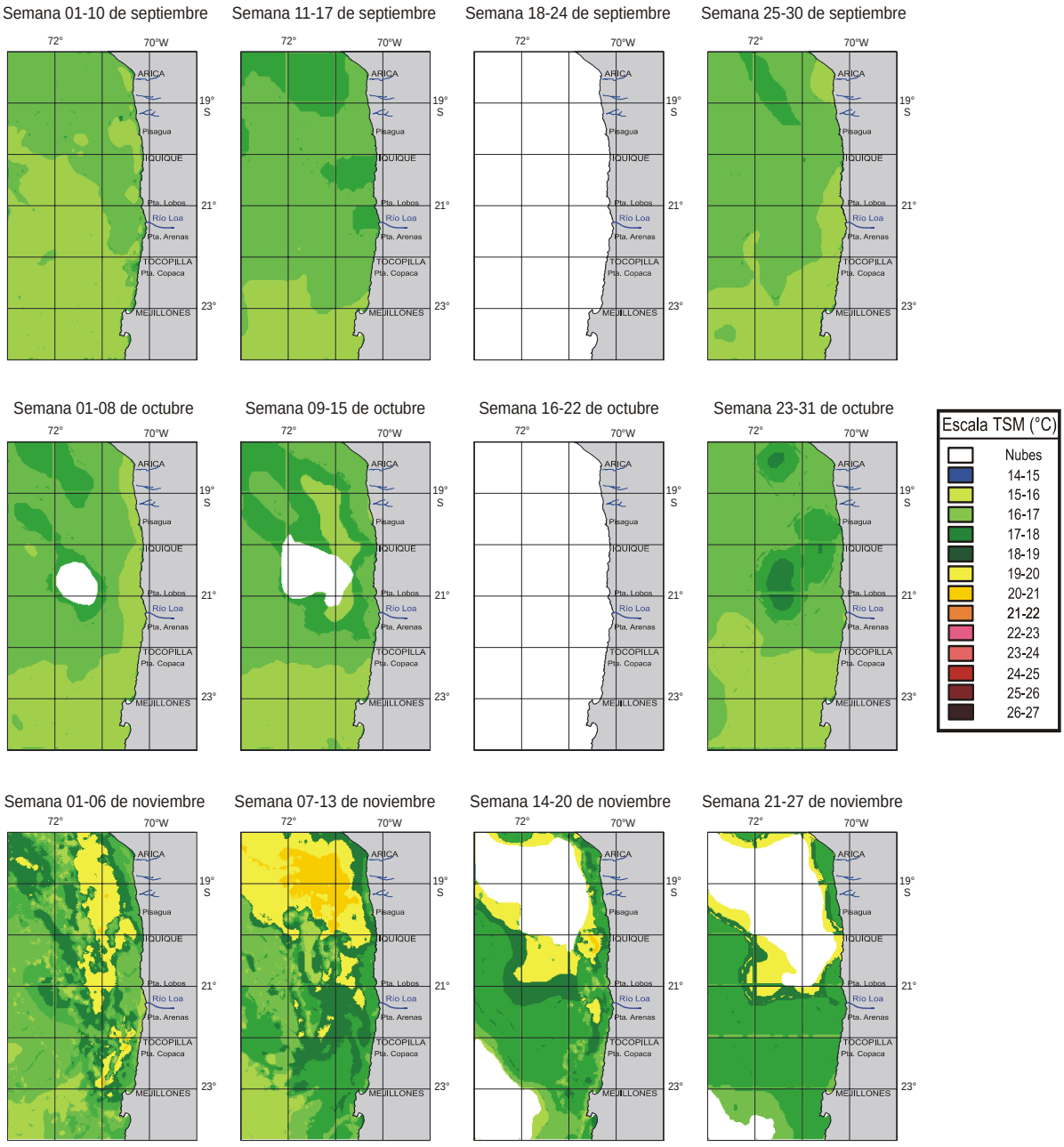



**Figura 58.** Distribución espacial semanal de la temperatura superficial del mar satelital en la zona norte de Chile. Septiembre a Noviembre de 2005.

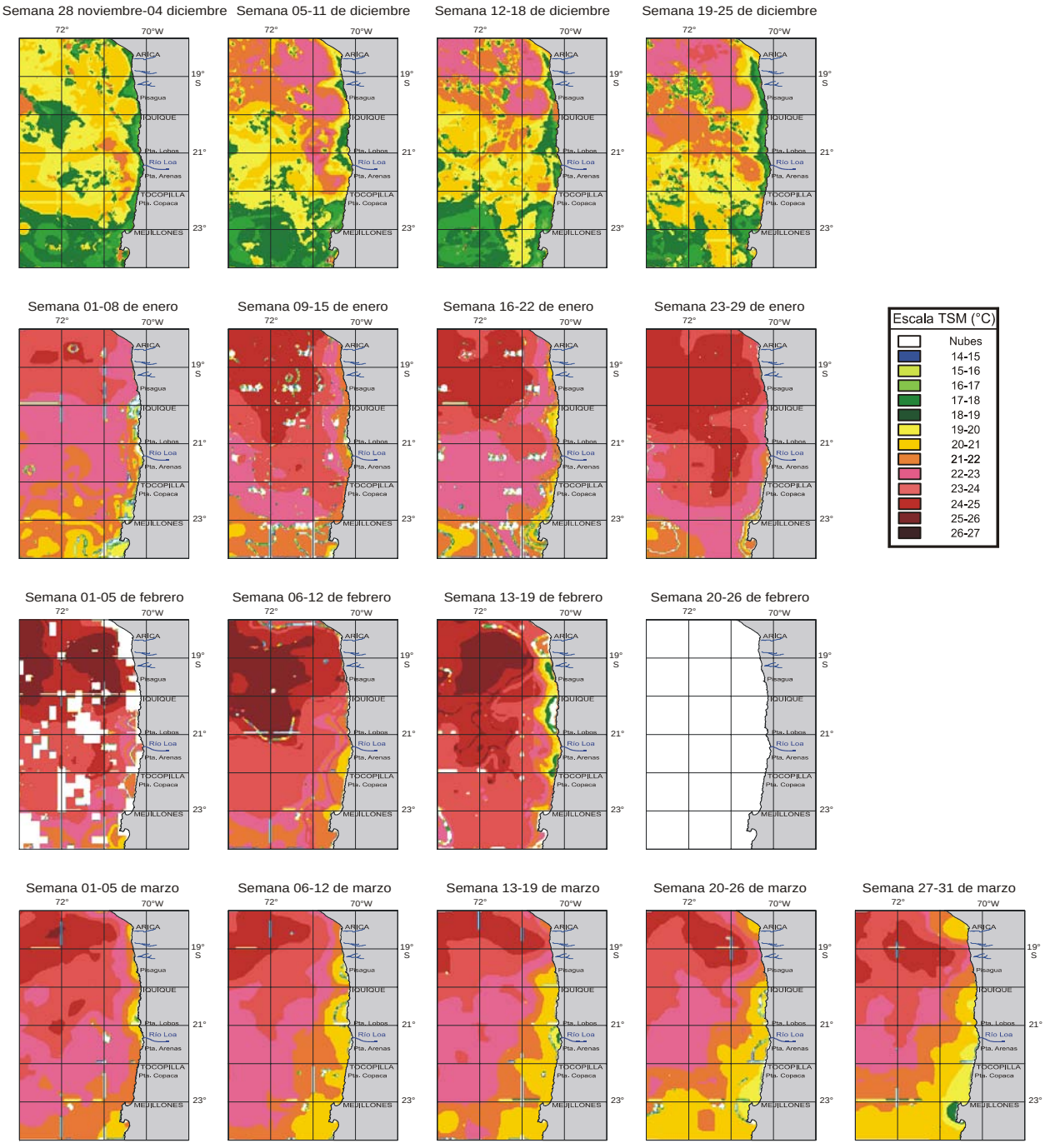



**Figura 59.** Distribución espacial semanal de la temperatura superficial del mar satelital en la zona norte de Chile. Diciembre 2005 a Marzo de 2006.

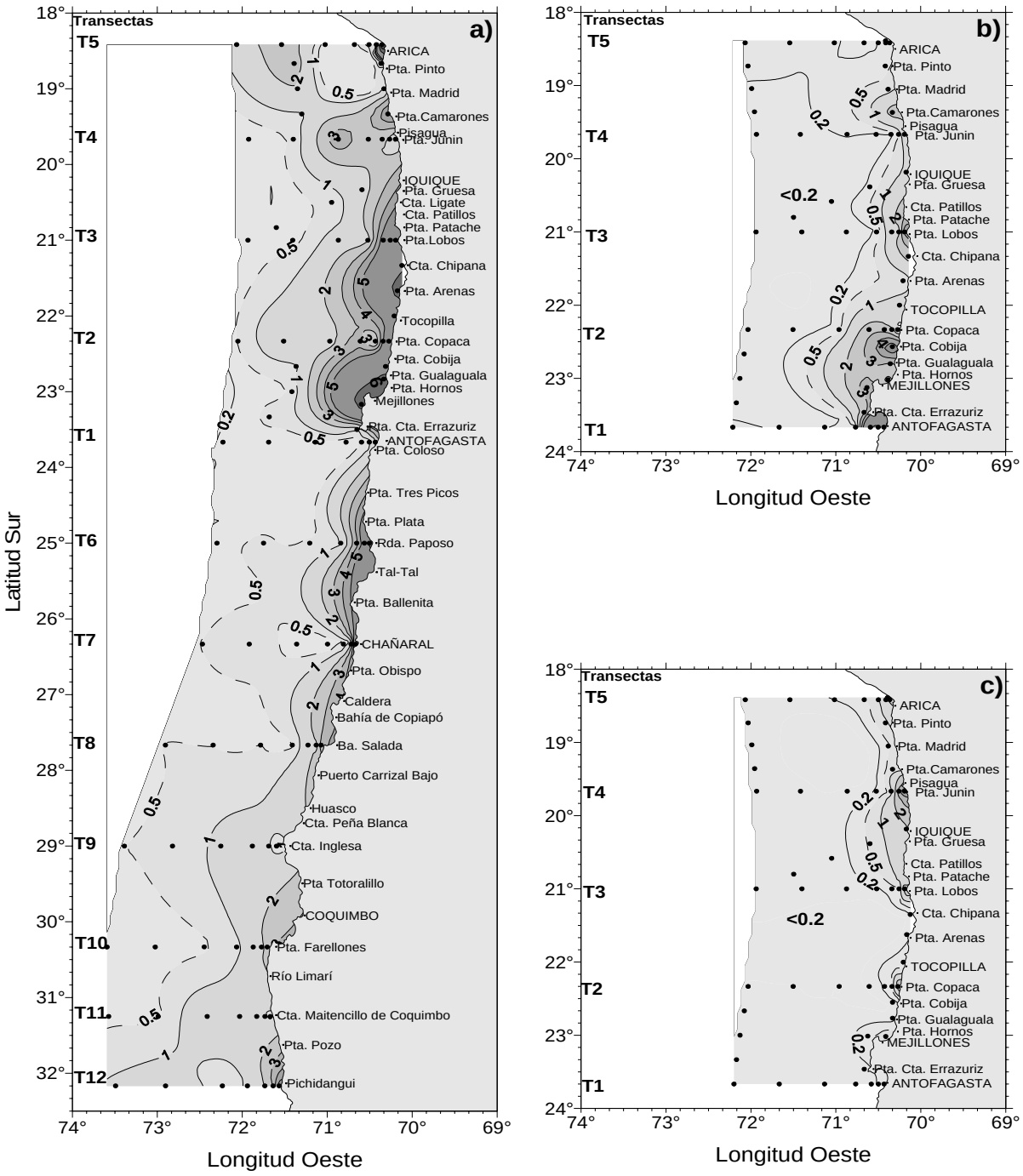



**Figura 60.** Distribución superficial de clorofila a (µg/L) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

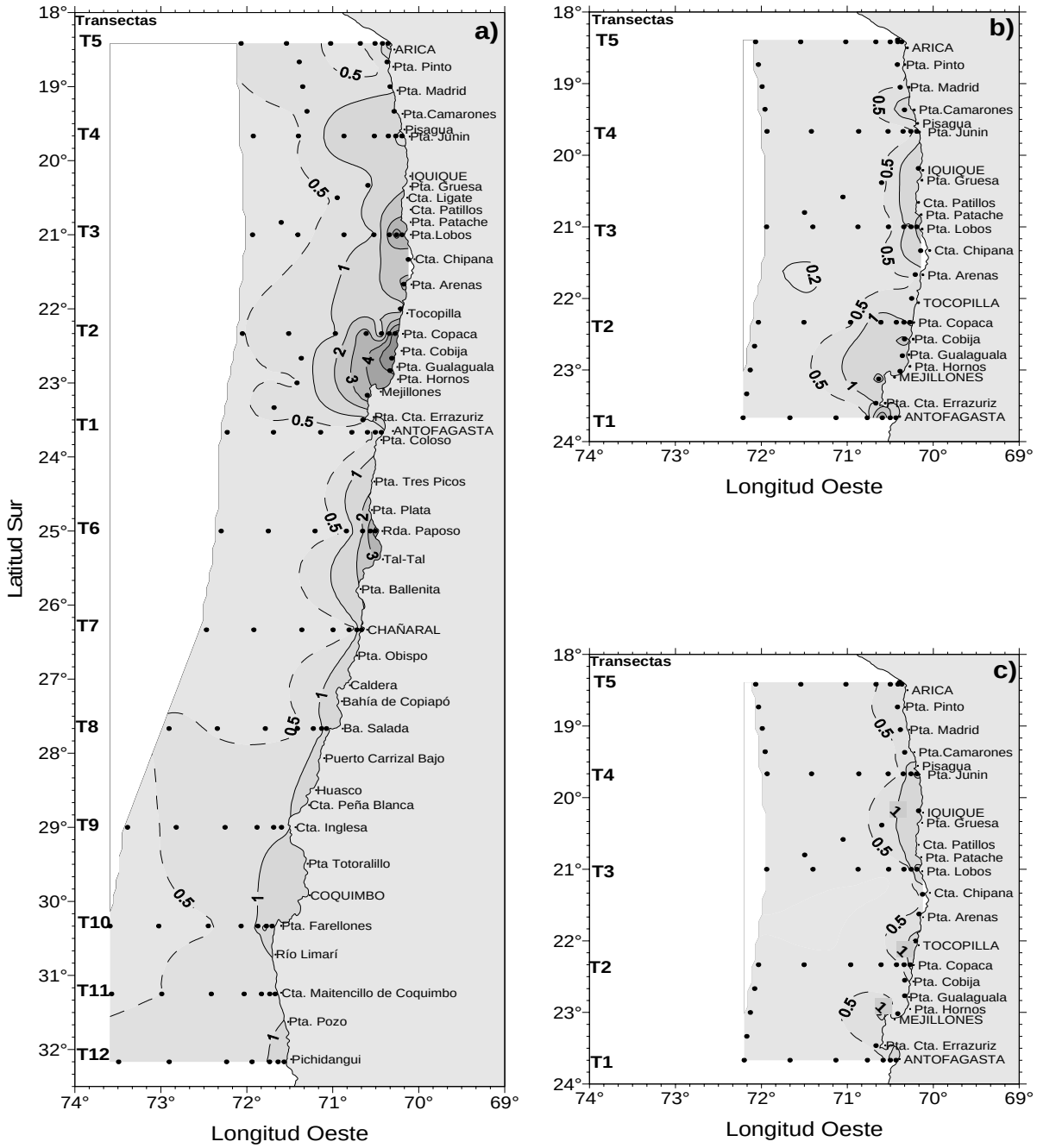



**Figura 61.** Distribución superficial de feopigmentos (µg/L) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

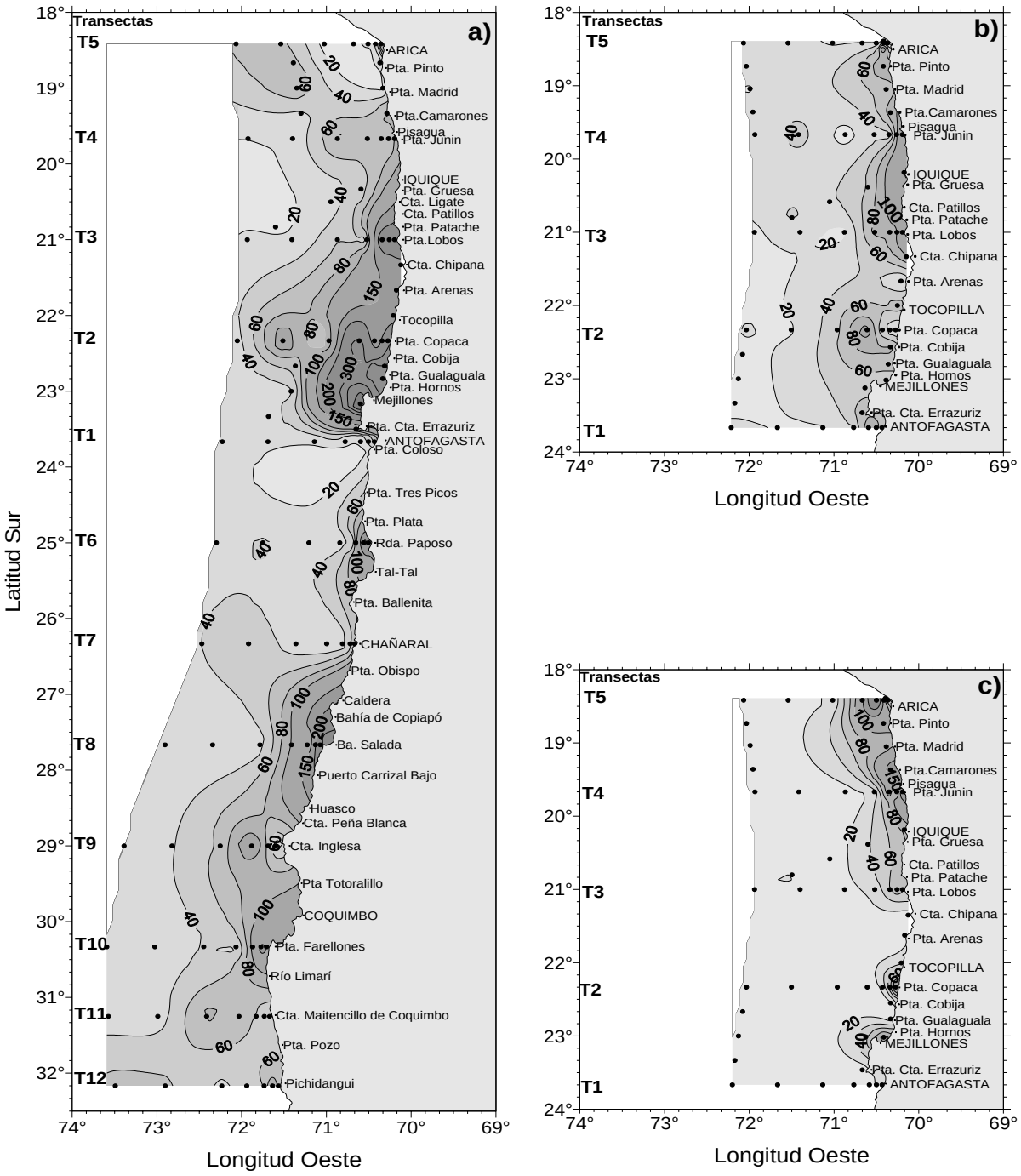



**Figura 62.** Distribución de clorofila a integrada (mg/m$^2$) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

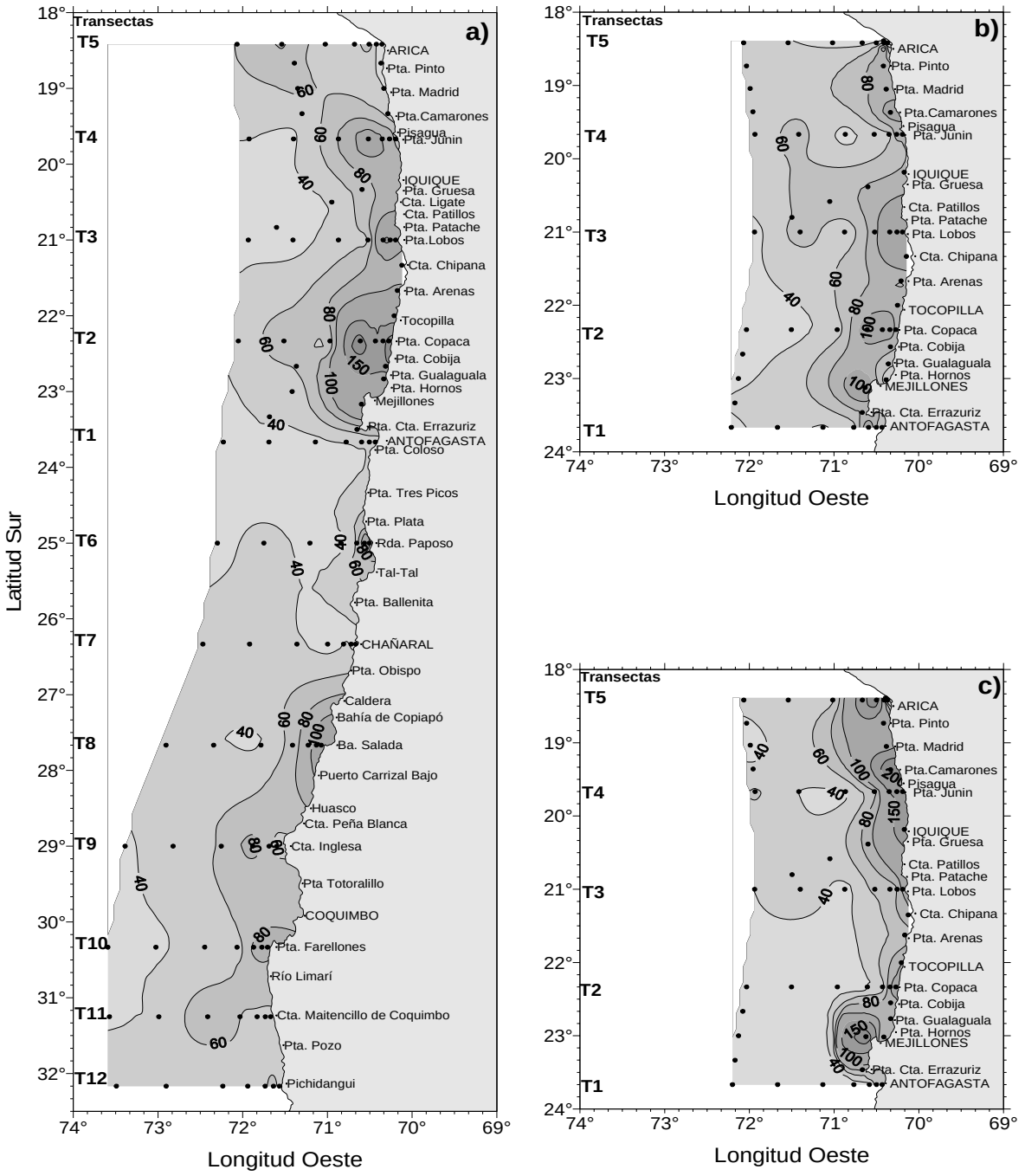



**Figura 63.** Distribución de feopigmentos integrados (mg/m$^2$) en a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

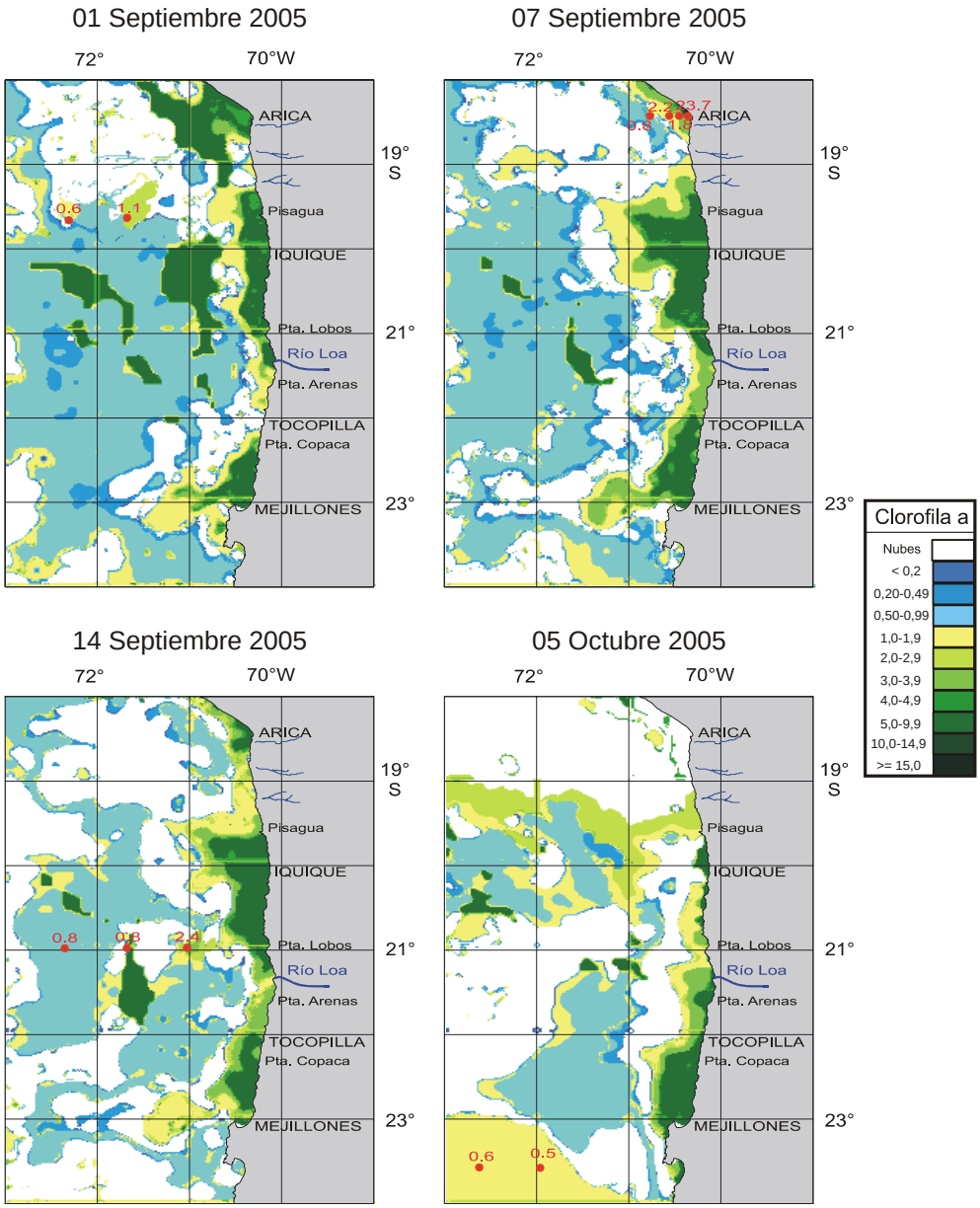



**Figura 64.** Distribución espacial de clorofila-***a*** satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 1, 7 y 14 de Septiembre y 5 de Octubre de 2005.

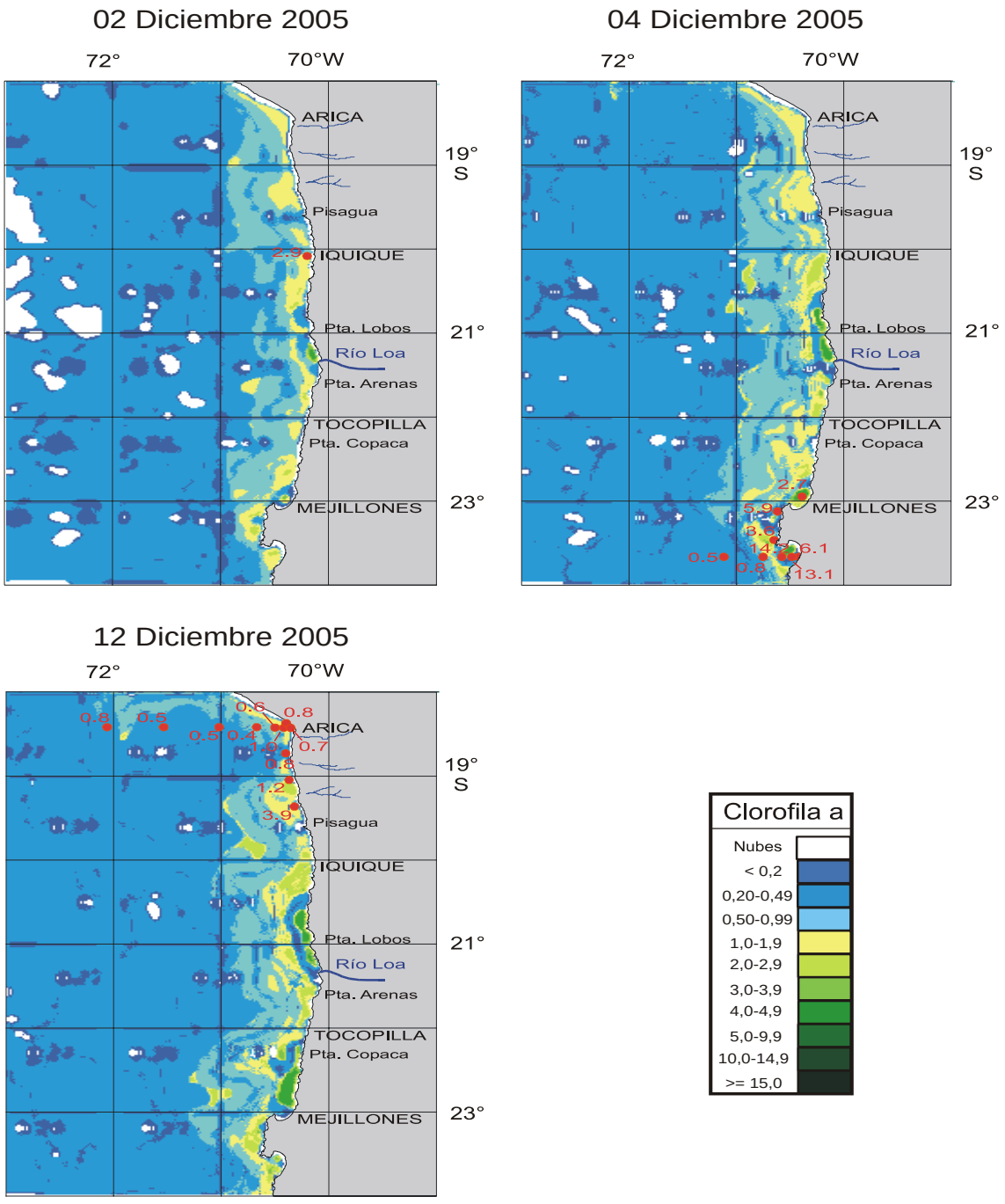



**Figura 65.** Distribución espacial de clorofila-***a*** satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 2, 4 y 12 de Diciembre de 2005.

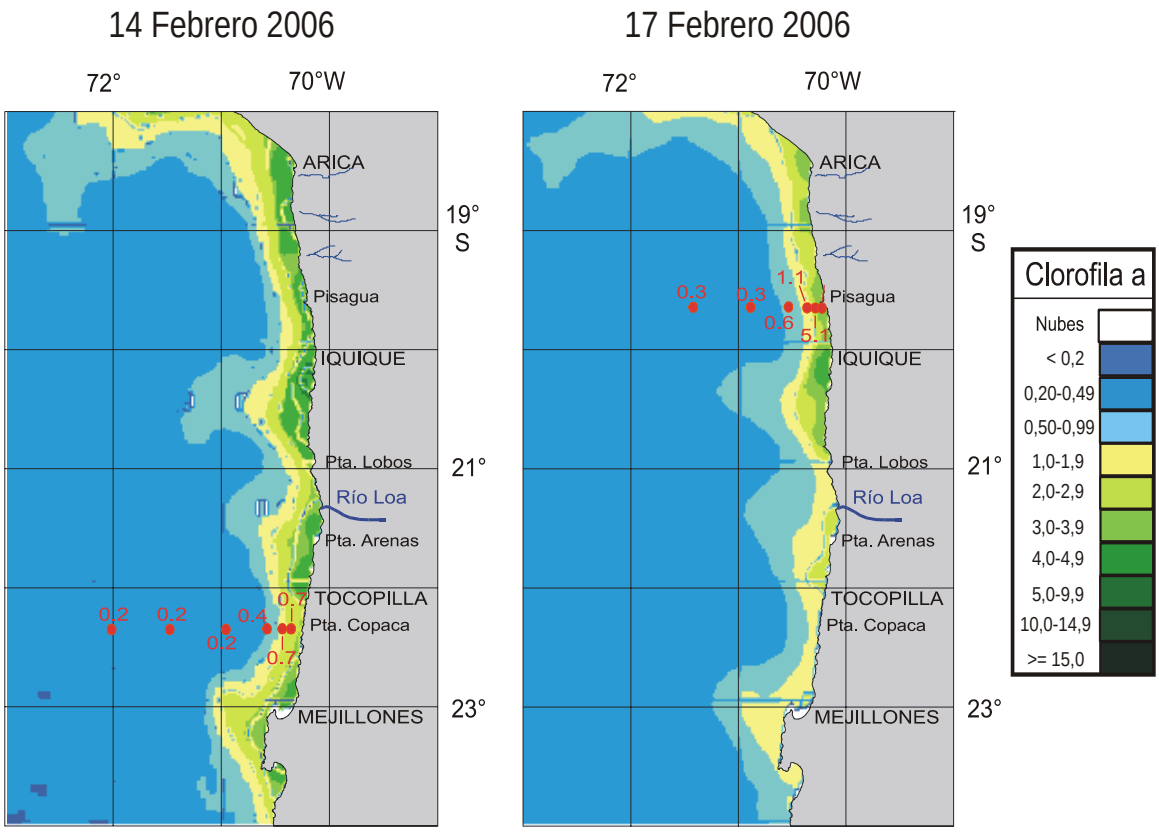



**Figura 66.** Distribución espacial de clorofila-***a*** satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 14 y 17 de Febrero de 2006.

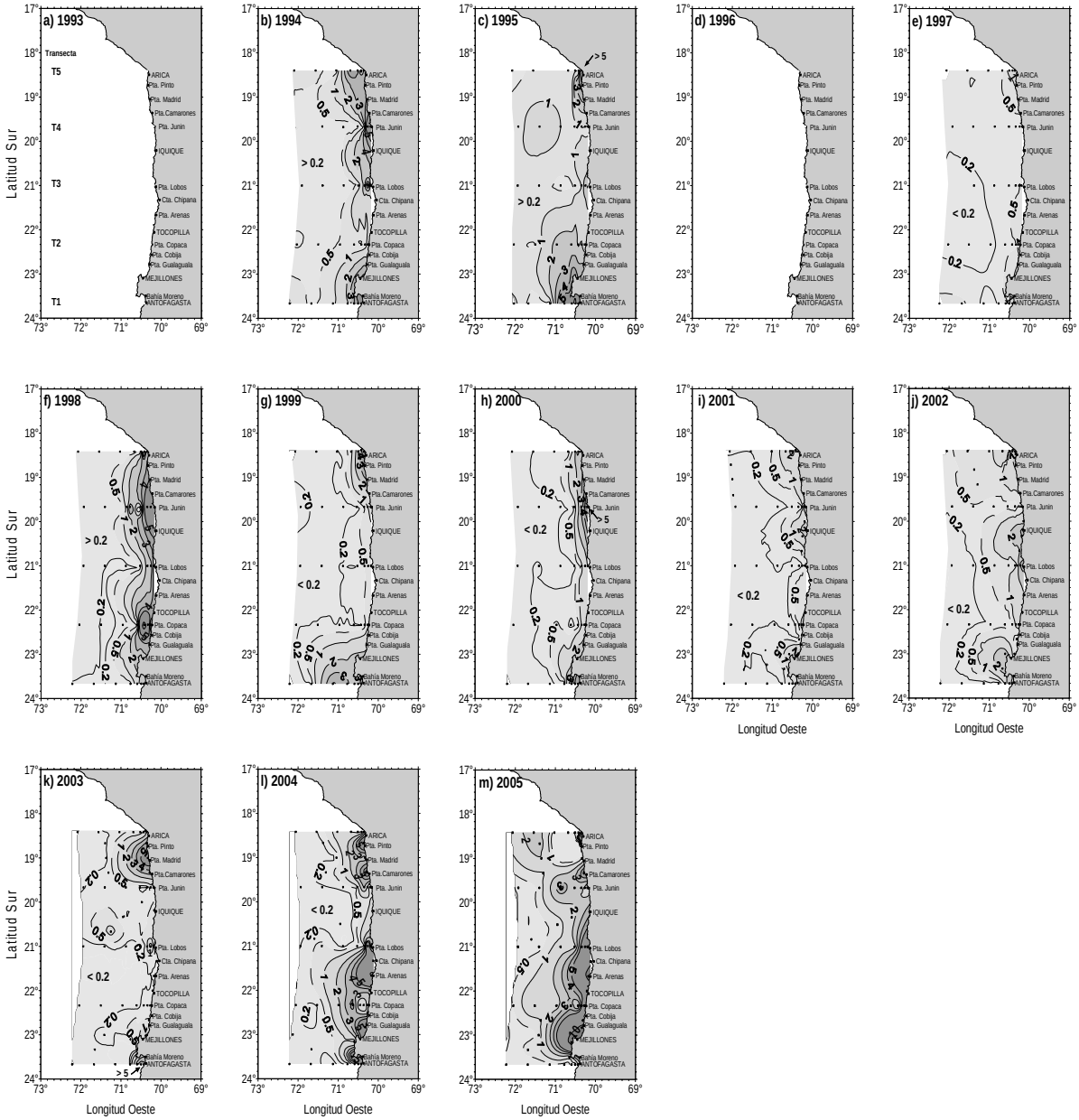



**Figura 67.** Distribución histórica de clorofila -***a*** superficial (µg/L) entre Arica y Antofagasta en Invierno de los años 1993 - 2005. (cruceros realizados entre 1993 y 1997 sin información).

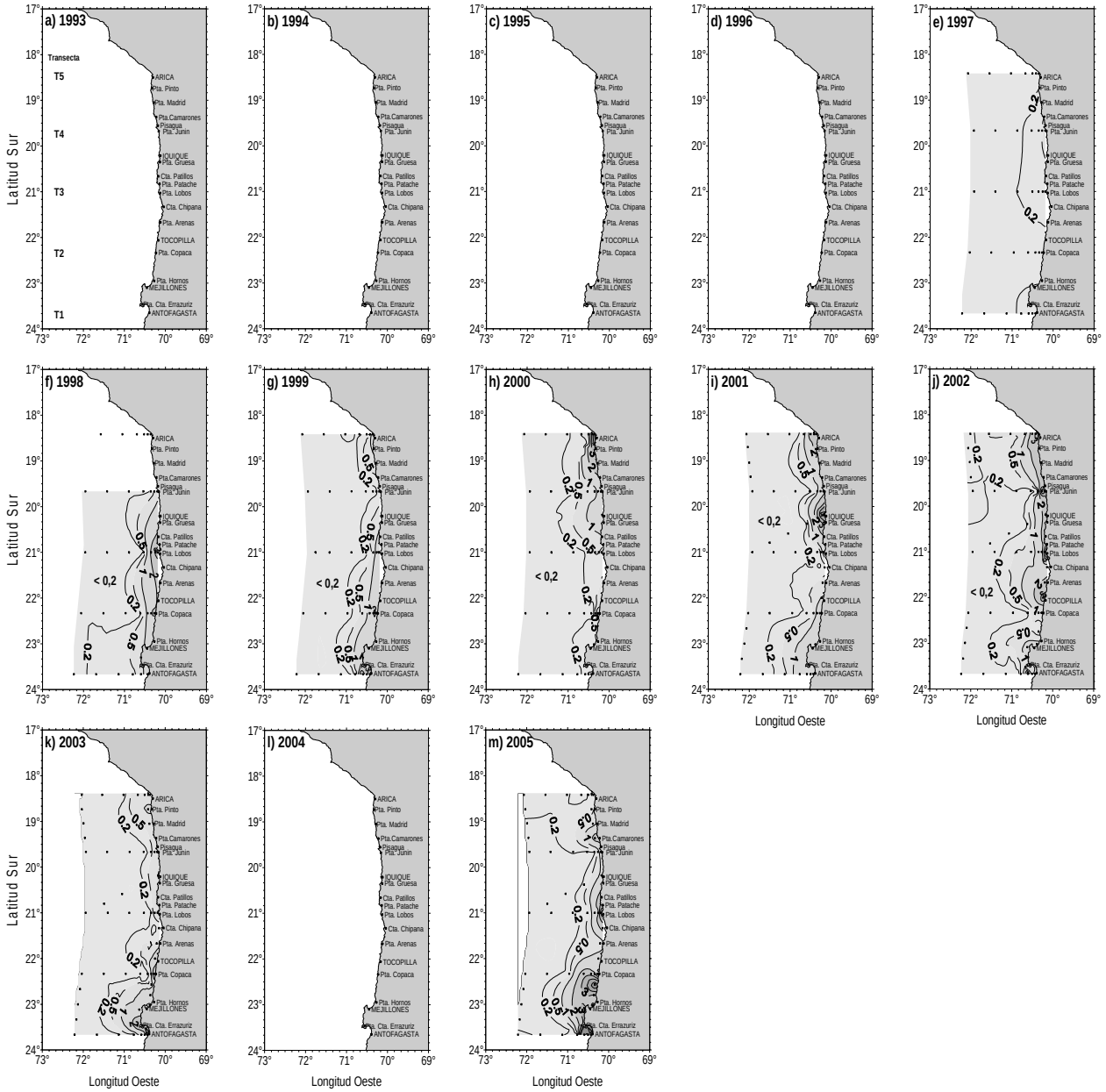



**Figura 68.** Distribución histórica de clorofila-***a*** superficial (µg/L) entre Arica y Antofagasta en Primavera de los años 1993 - 2005. (cruceros realizados entre 1993 y 1996 sin información).

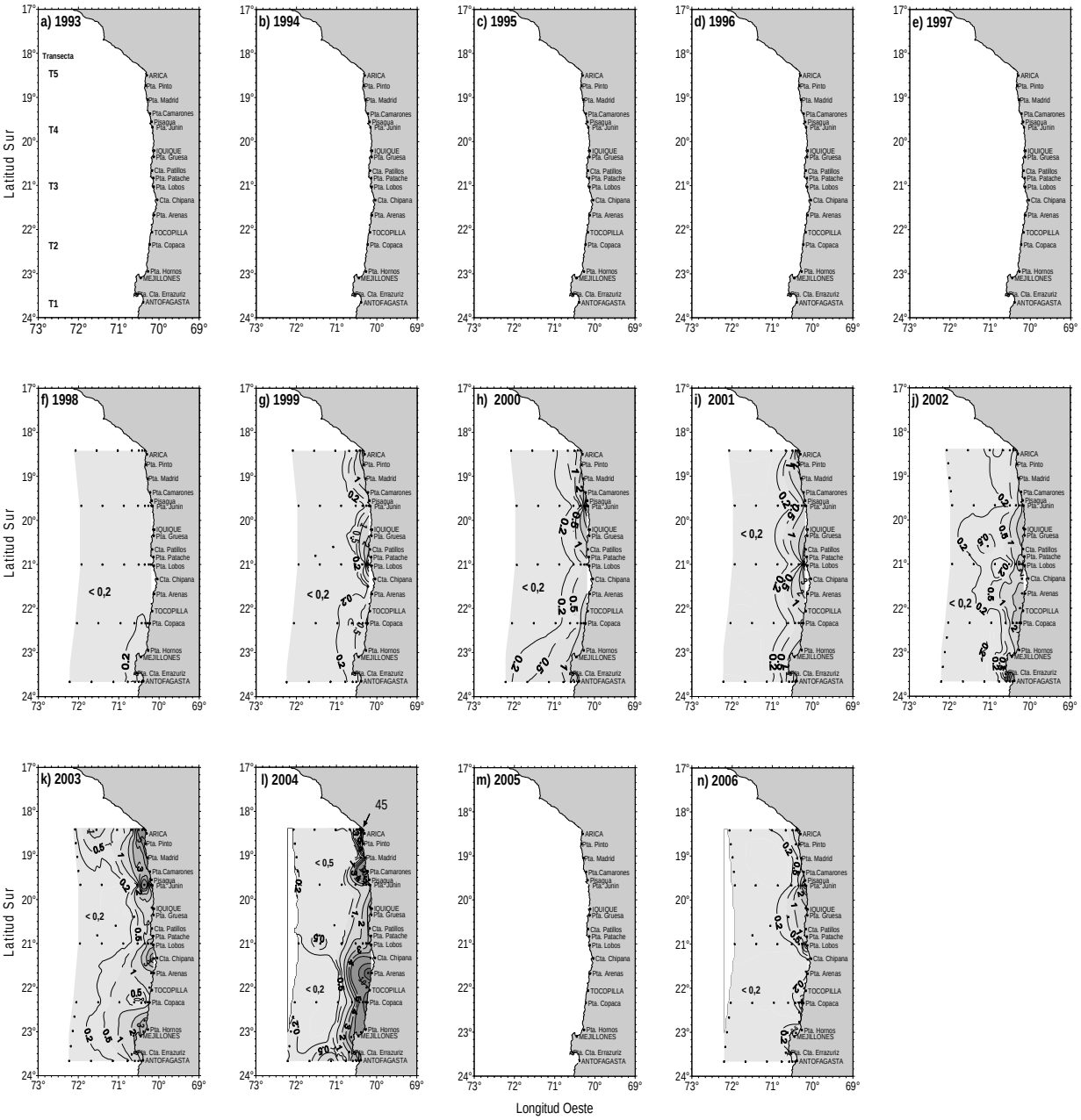



**Figura 69.** Distribución histórica de clorofila -***a*** superficial (µg/L) entre Arica y Antofagasta en verano de los años 1993 - 2005 (cruceros realizados entre 1993 y 1997 sin información).

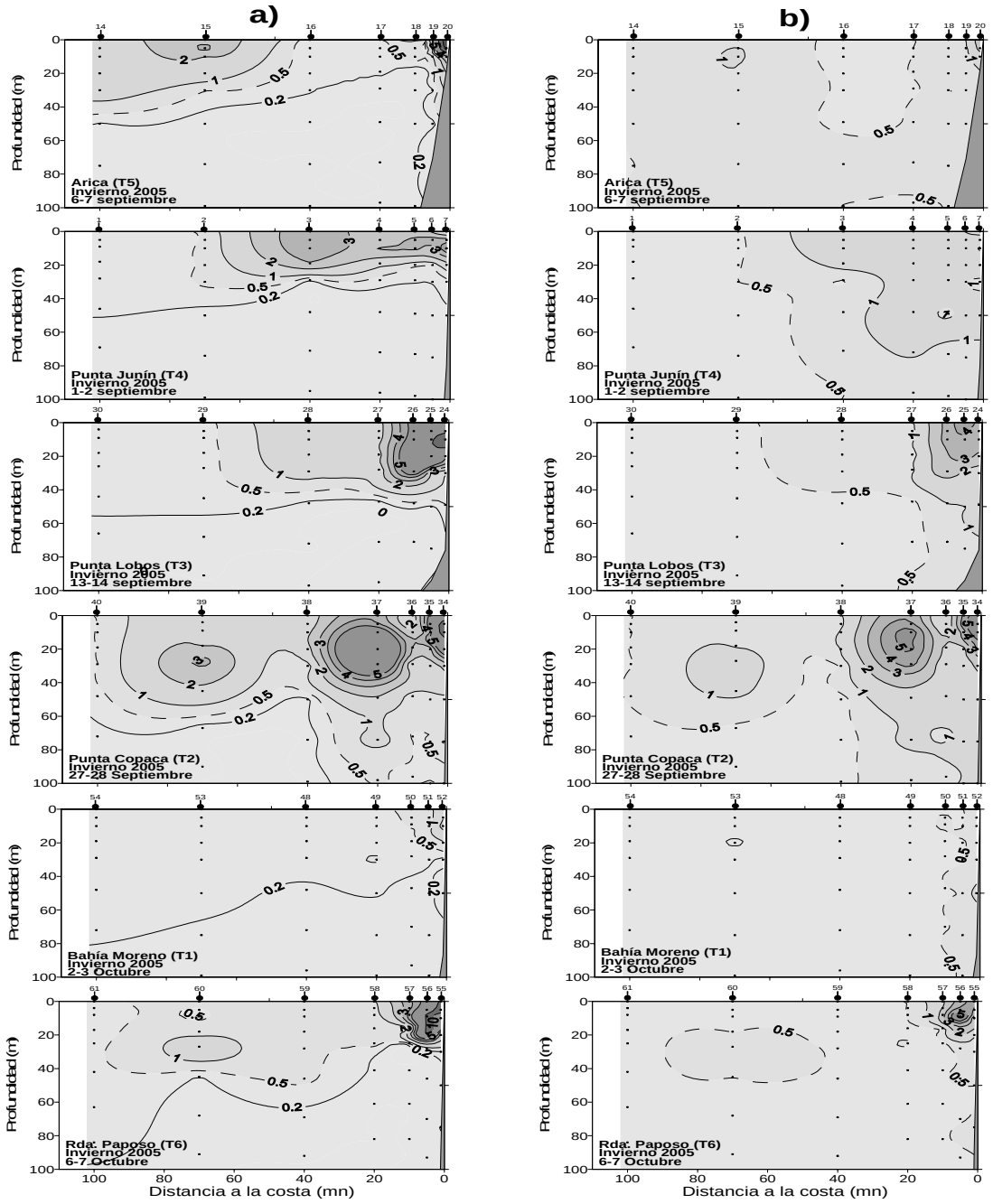



**Figura 70.** Distribución vertical de a) clorofila-***a*** (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L), en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Invierno de 2005.

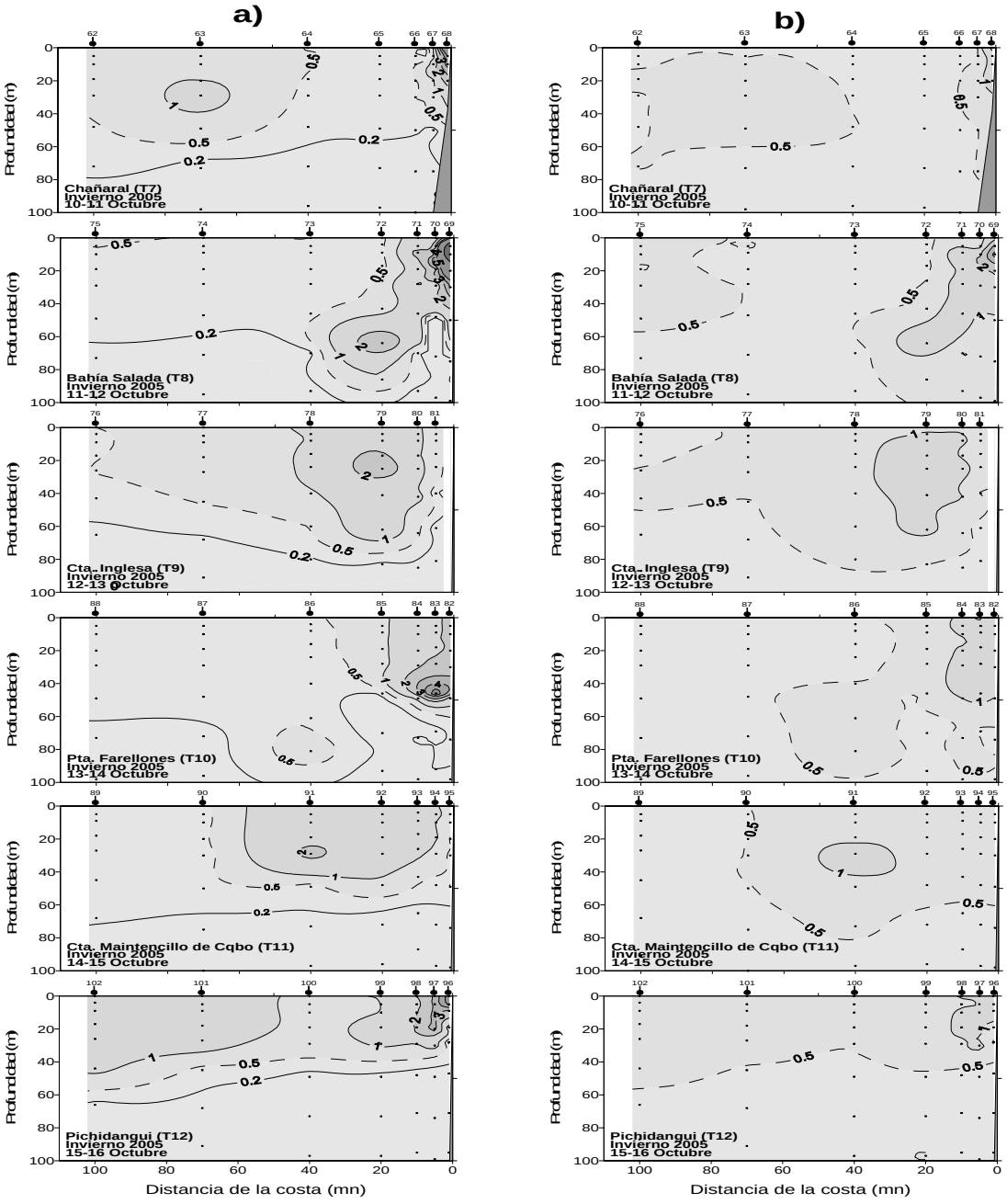



**Figura 71.** Distribución vertical de a) clorofila-***a*** (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L), en las transectas de Chañaral (T7; Lat. 26º 20'S), bahía Salada (T8; Lat. 27º 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat.29º 00'S), punta Farellones (T10; Lat.30º 20'S), caleta Maitencillo de Coquimbo (T11; Lat.31º 15'S) y Pichidangui (T12; Lat. 32º 10'S) en Invierno de 2005.

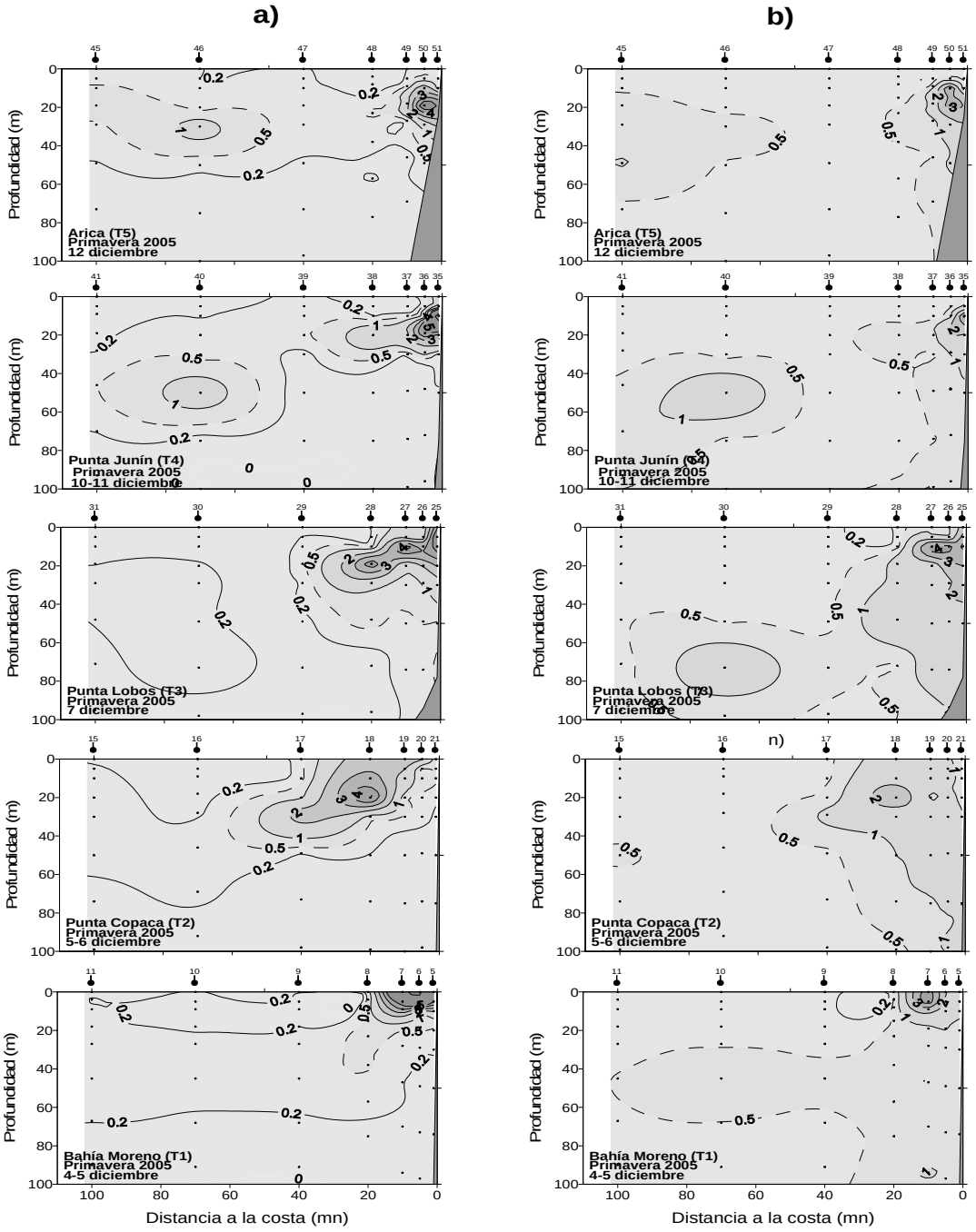



**Figura 72.** Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L), en las transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Primavera de 2005.

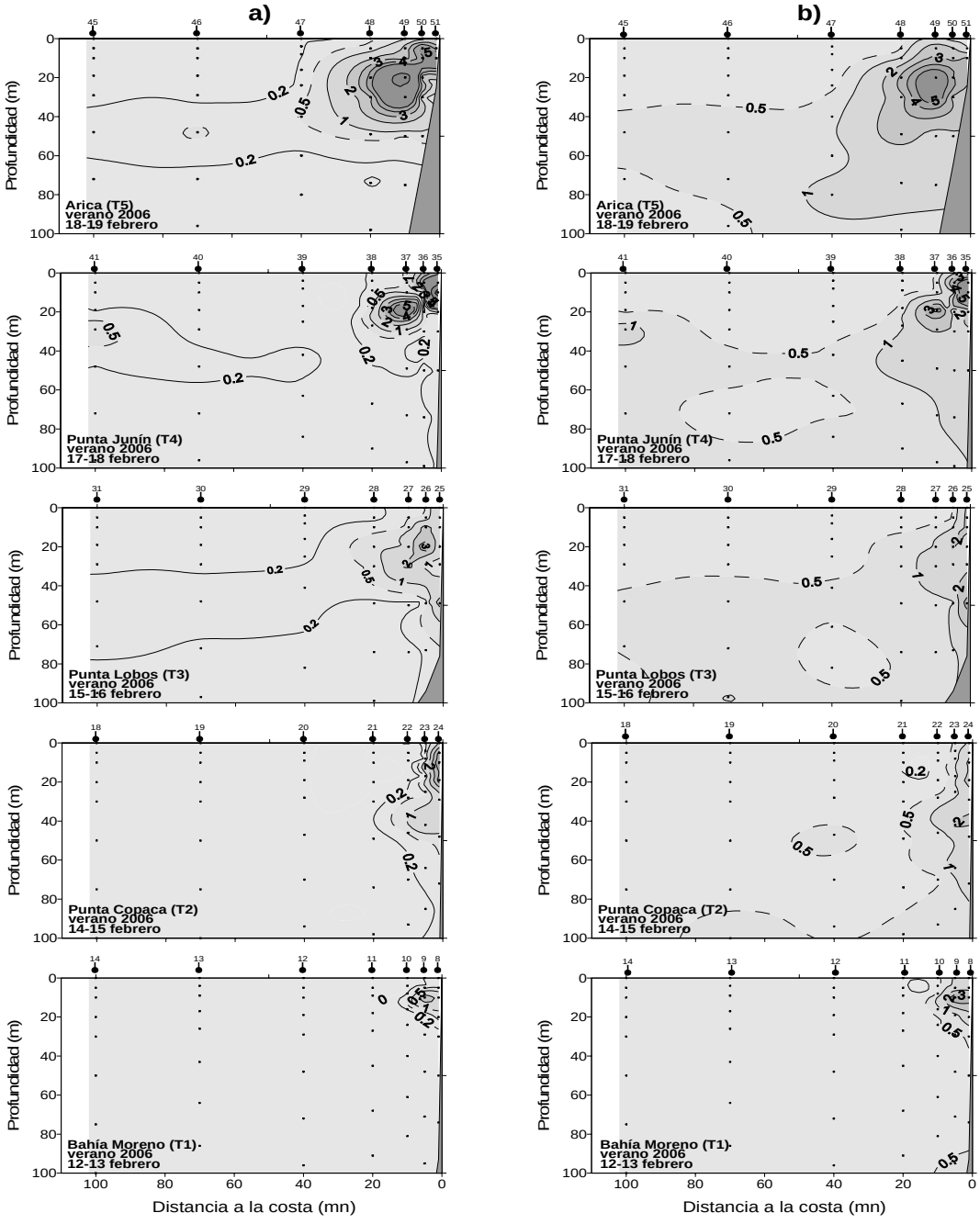



**Figura 73.** Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L), en as transectas de Arica (T5; Lat. 18º 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S) y rada Paposo (T6; Lat. 25º 00'S) en Verano de 2006.

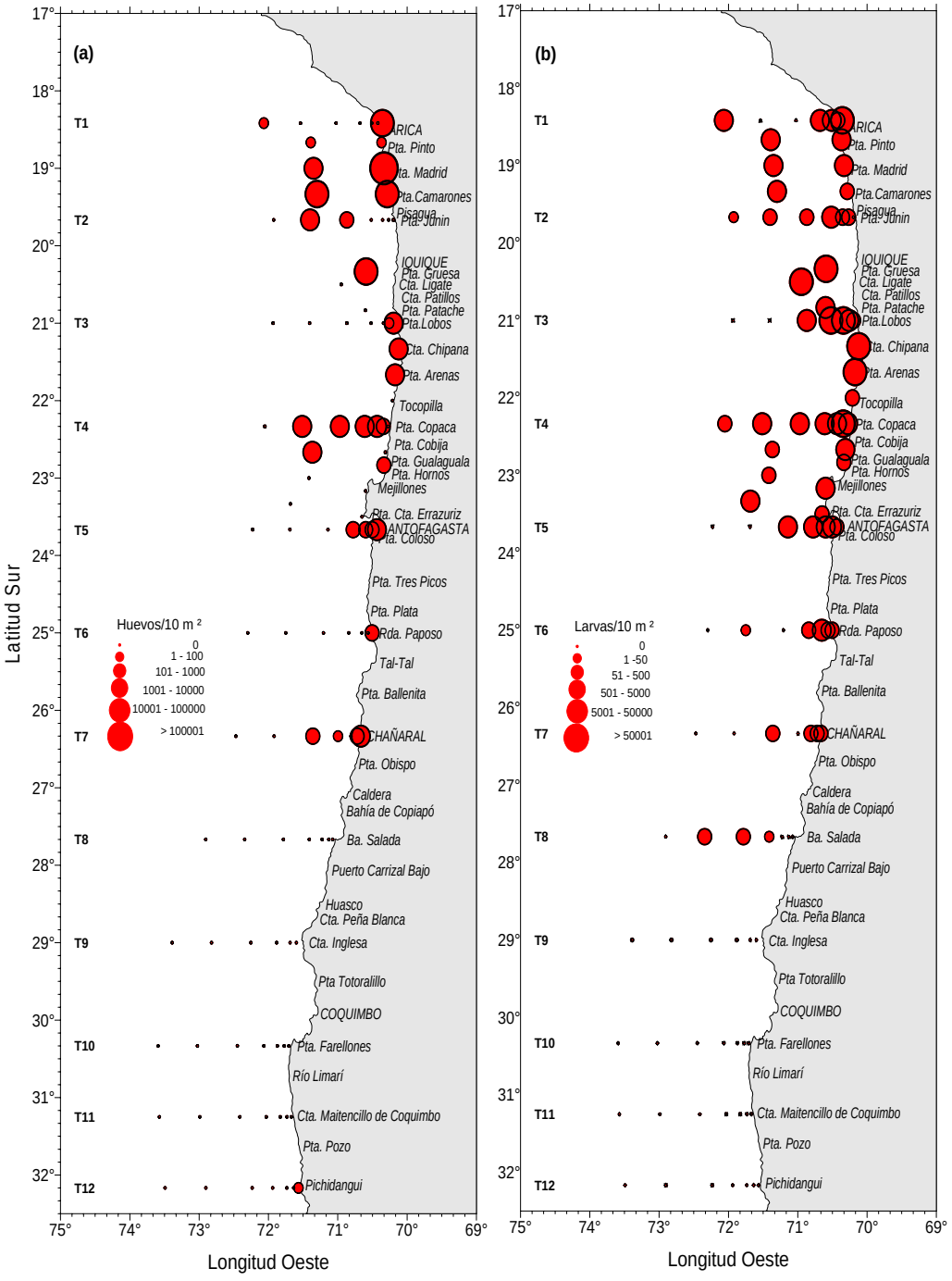



Figura 74. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Anchoveta . Crucero MOBIO 0508 - Invierno de 2005.

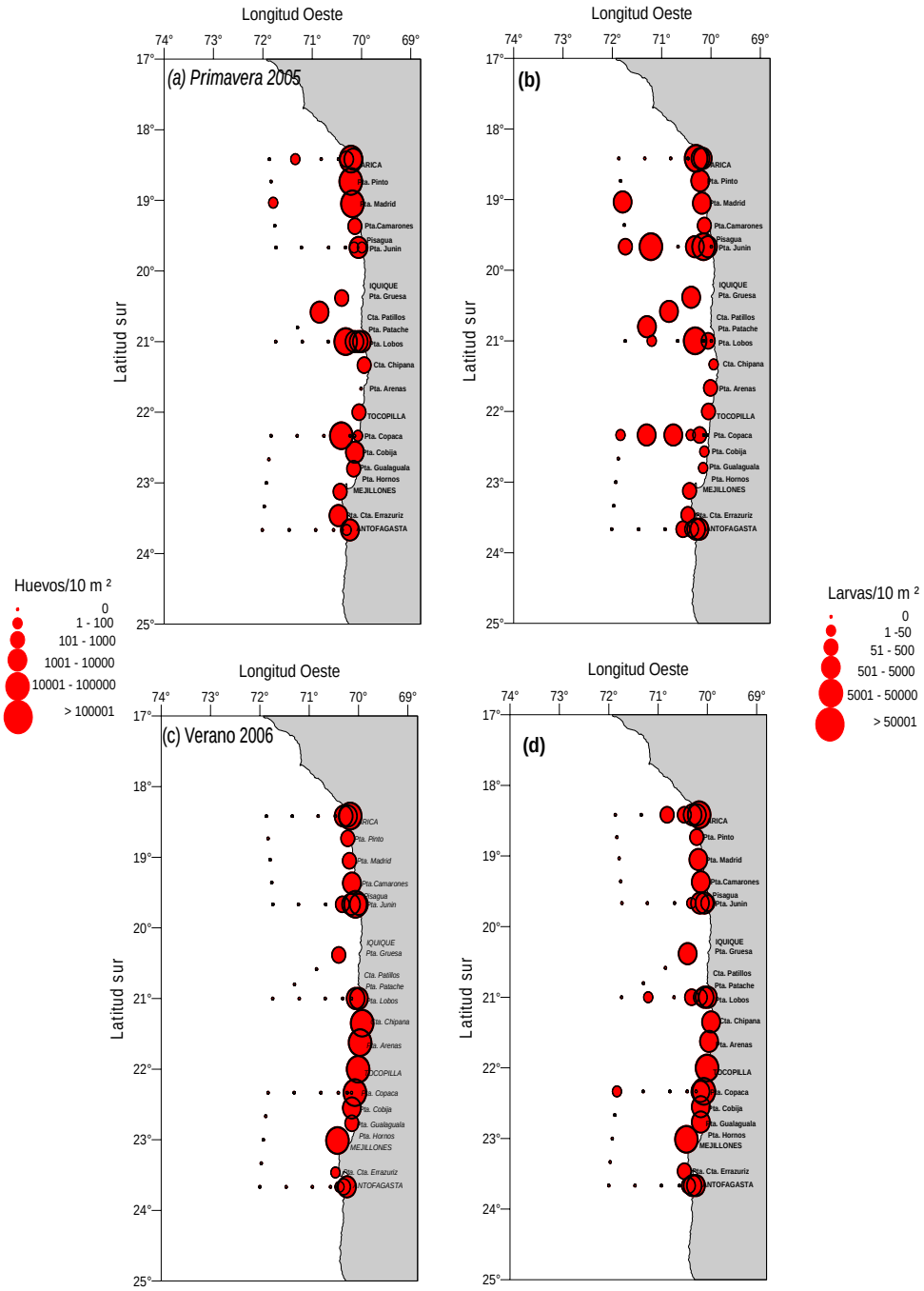



Figura 75.- Distribución y abundancia de huevos (a) y (c) y larvas (b) y (d) de Anchoveta en Primavera de 2005 y Verano de 2006.

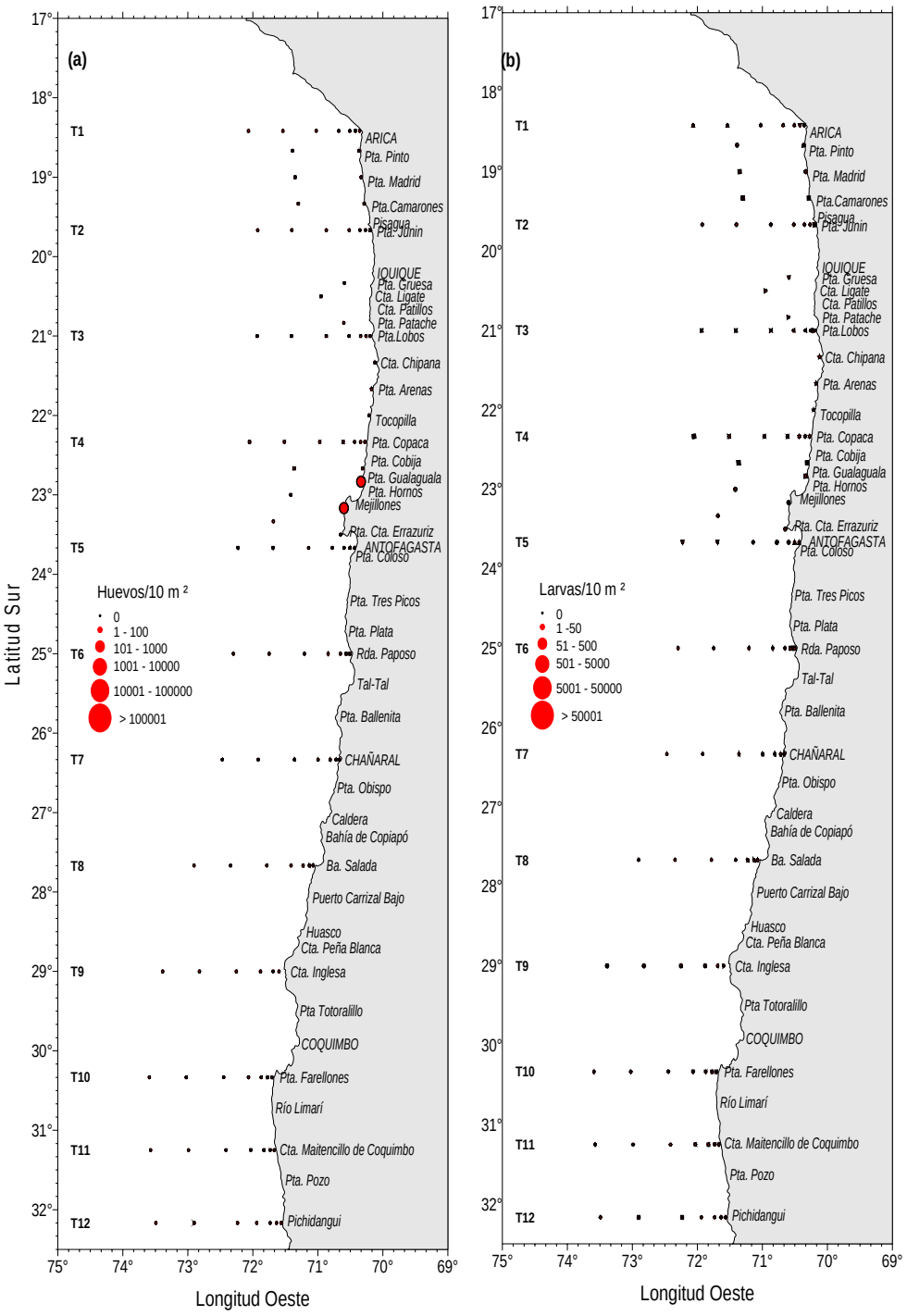



Figura 76. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Sardina . Crucero MOBIO 0508 - Invierno de 2005.

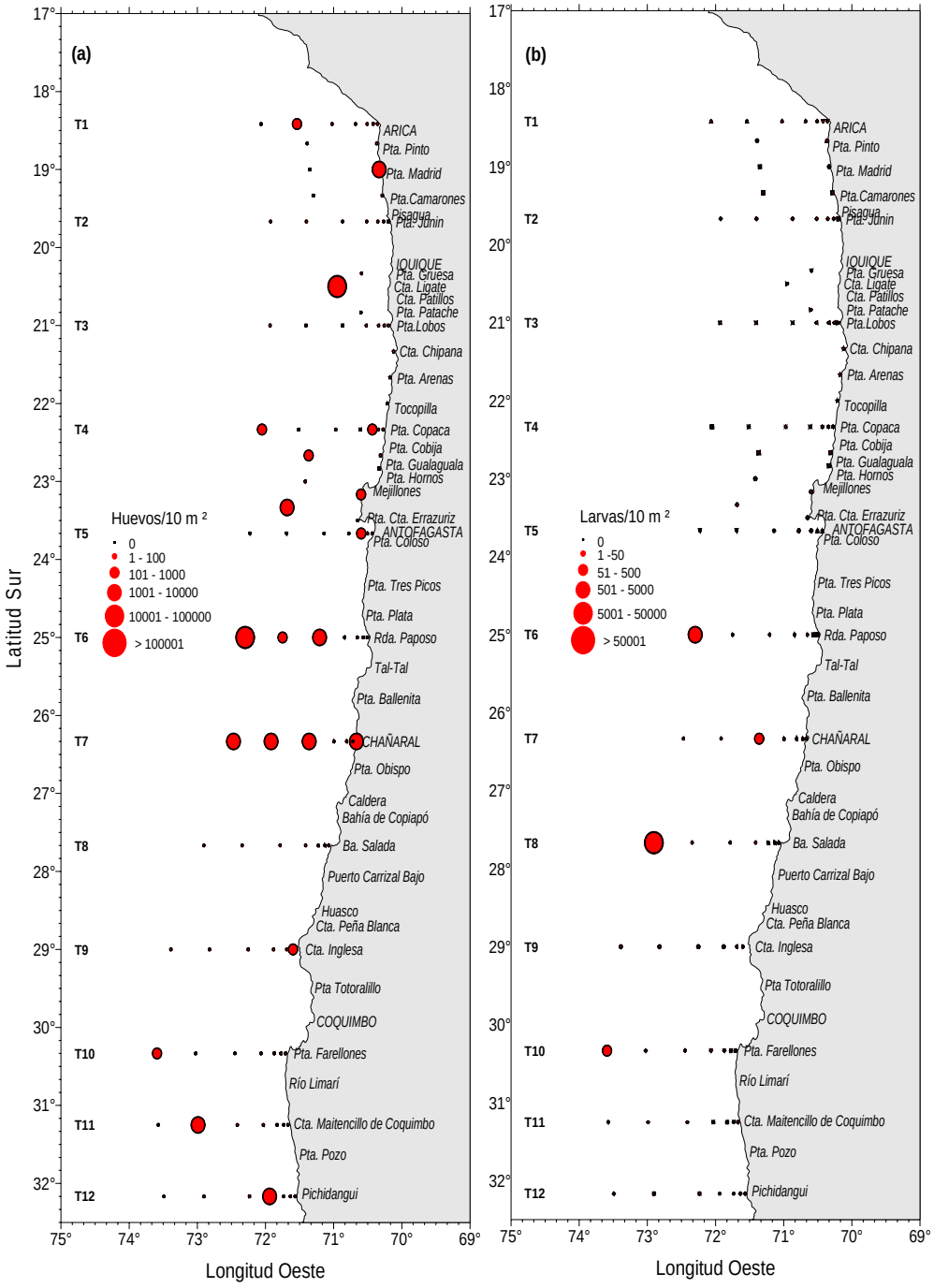



Figura 77. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Jurel. Crucero MOBIO 0508 - Invierno de 2005.

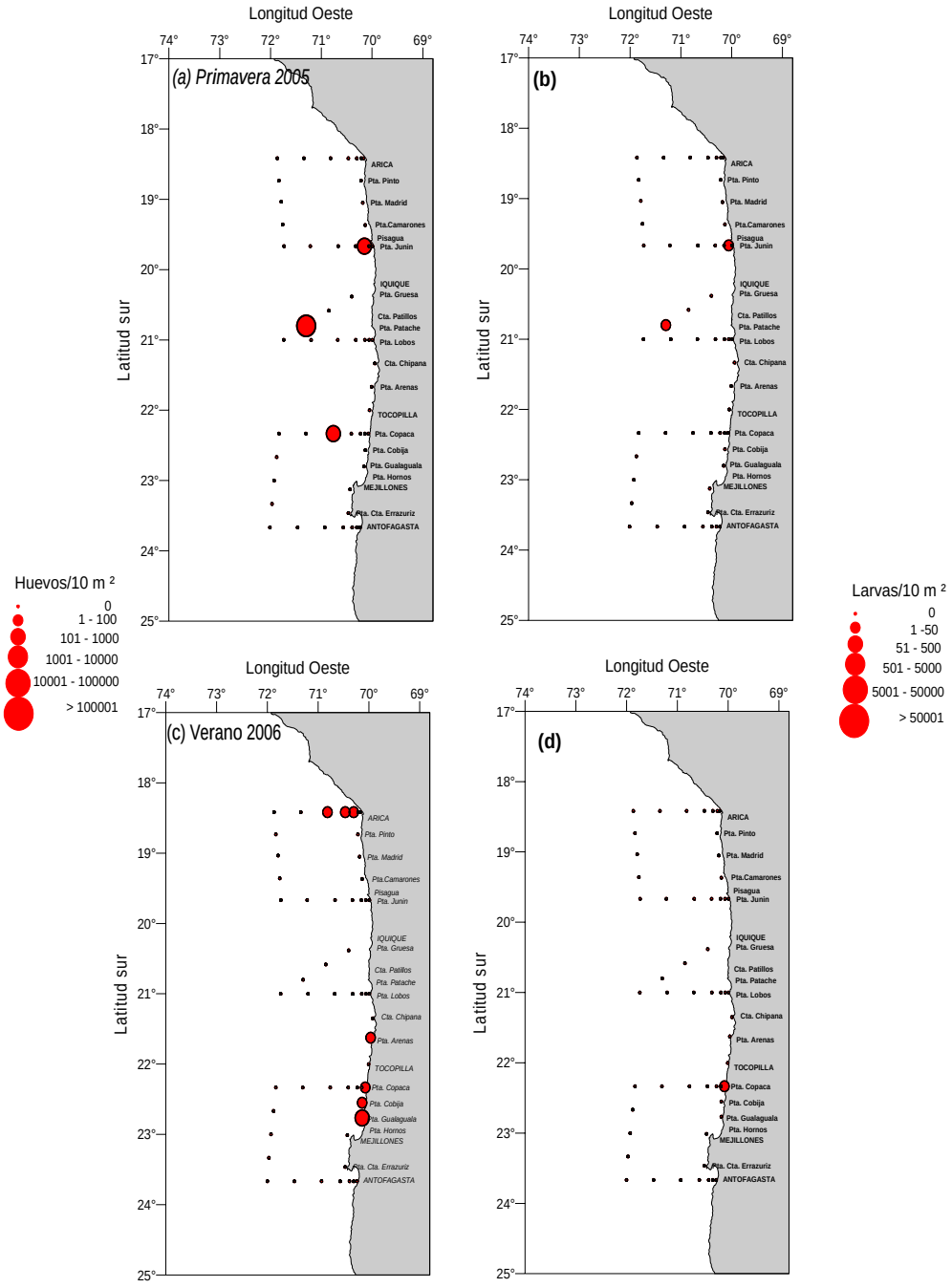



Figura 78.- Distribución y abundancia de huevos (a) y (c) y larvas (b) y (d) de Jurel en Primavera de 2005 y Verano de 2006.

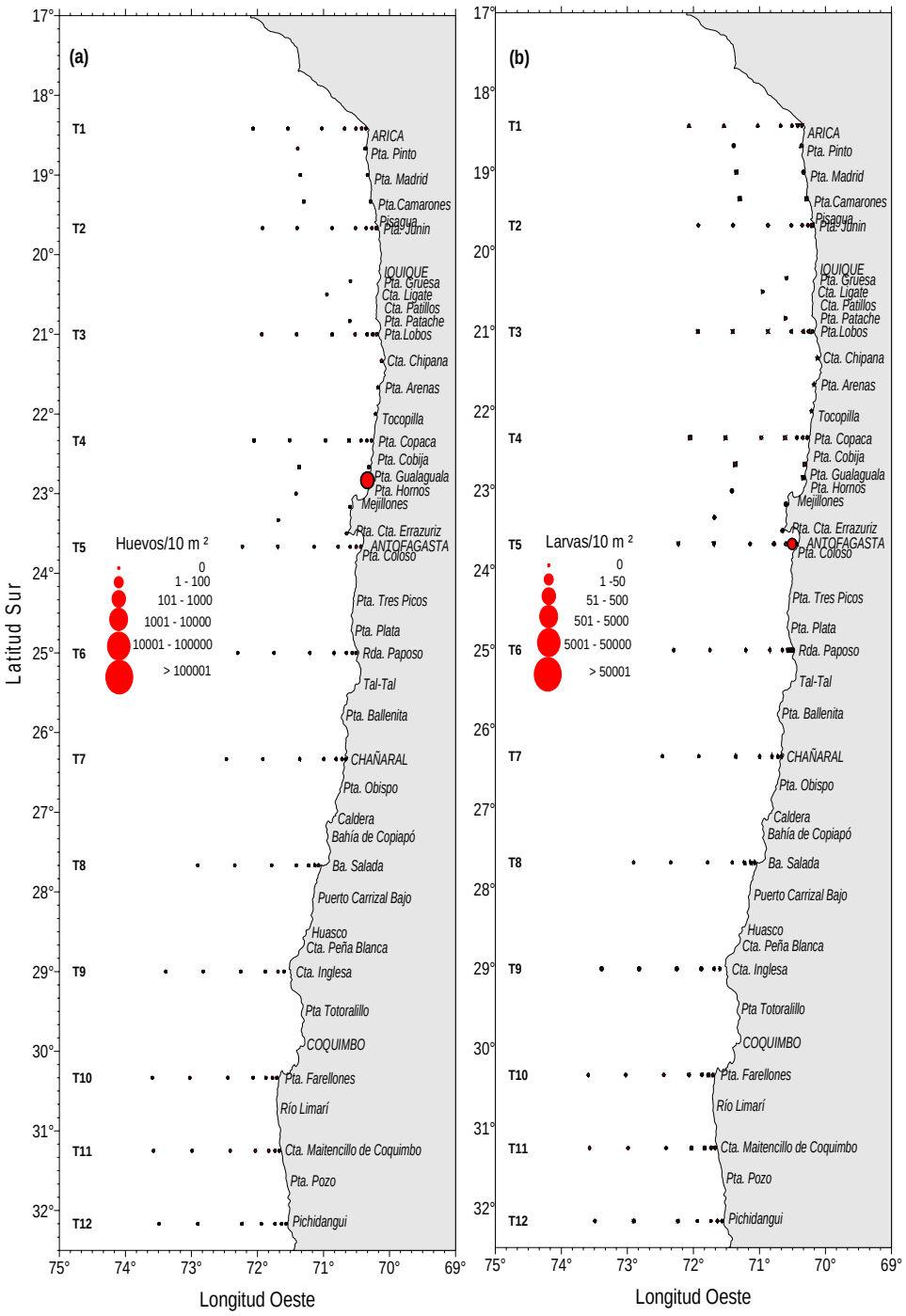



Figura 79. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Caballa. Crucero MOBIO 0508 - Invierno de 2005.

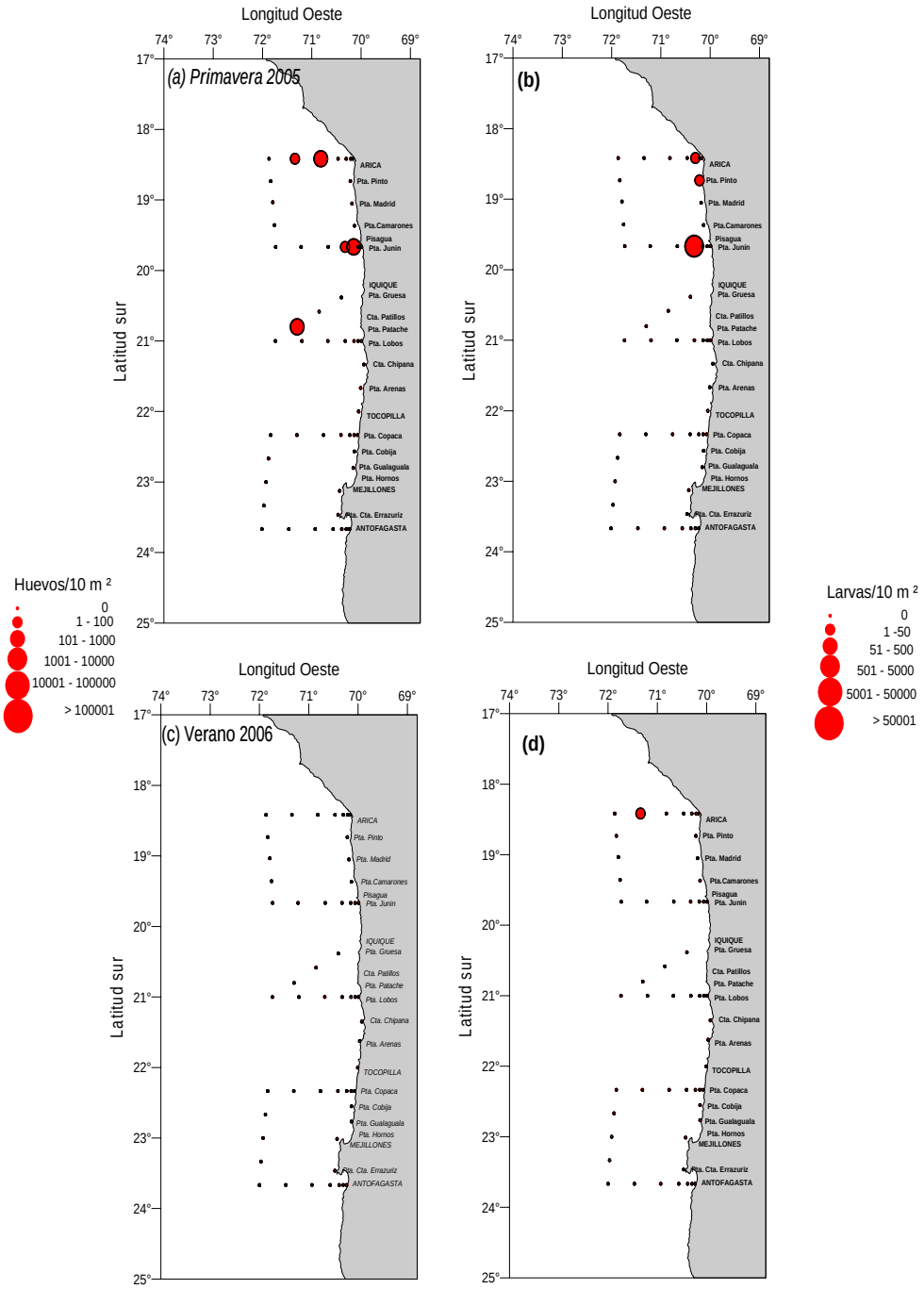



Figura 80.- Distribución y abundancia de huevos (a) y (c) y larvas (b) y (d) de Caballa en Primavera de 2005 y Verano de 2006.

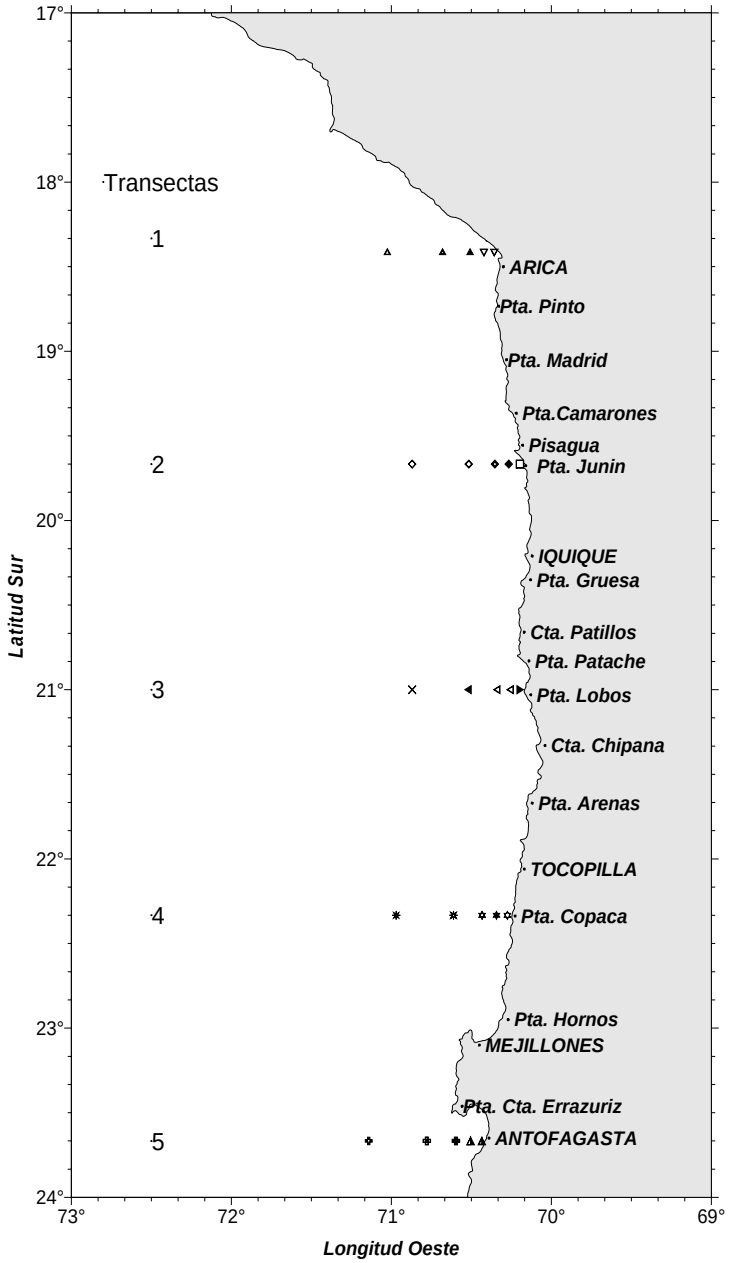



**Figura 81.** Posición geográfica de las estaciones zooplanctónicas estratificadas. Cruceros MOBIO 2005/2006

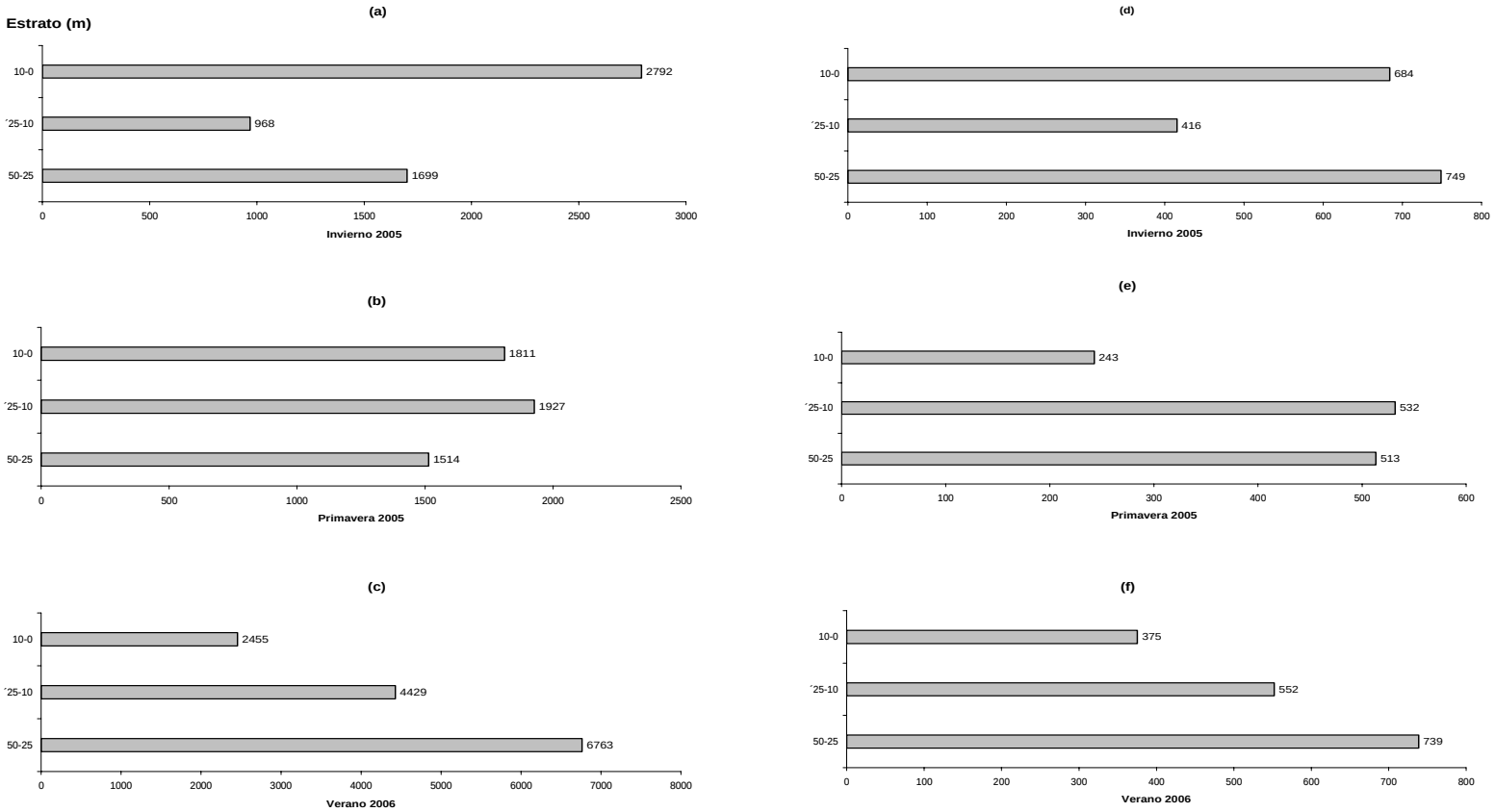



**Figura 82.** Abundancia promedio de huevos (a), (b) y (c) y larvas (d), (e) y (f) de anchoveta por estrato de profundidad. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

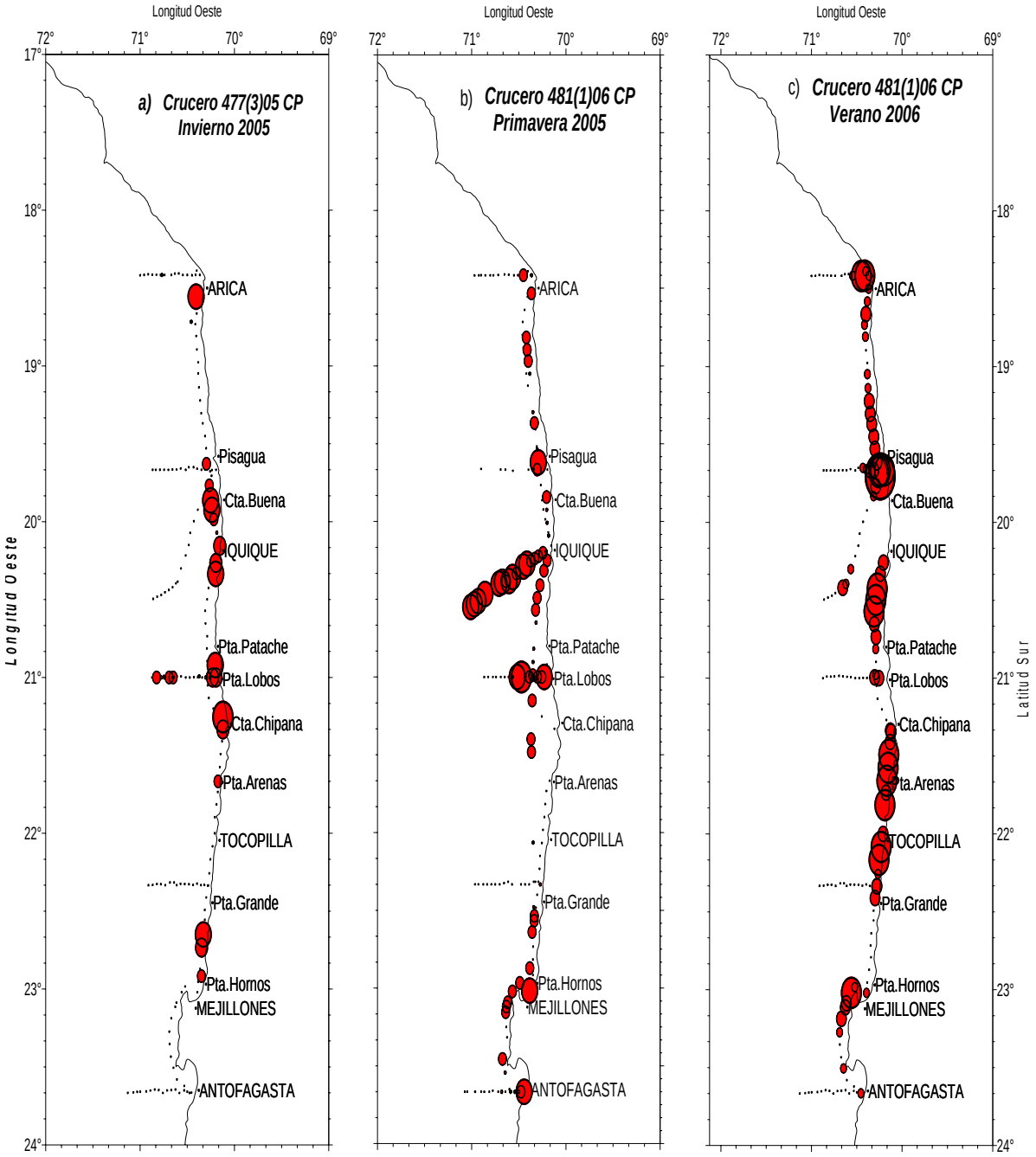



Figura 83. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta recolectados con el sistema CUFES. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

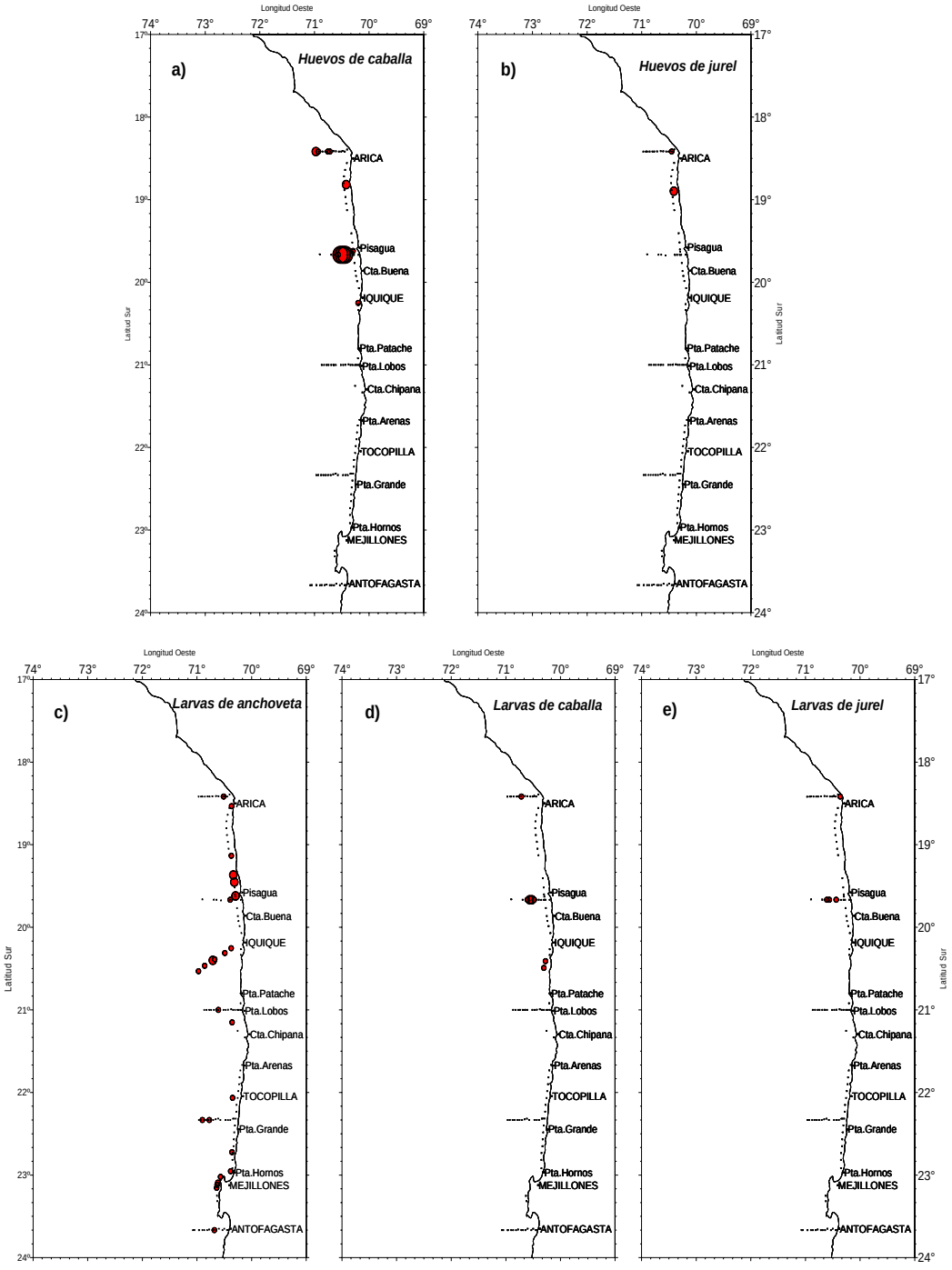



Figura 84 . Distribución espacial y abundancia de huevos y larvas de peces recolectados con sistema CUFES Crucero MOBIO Primavera de 2005.

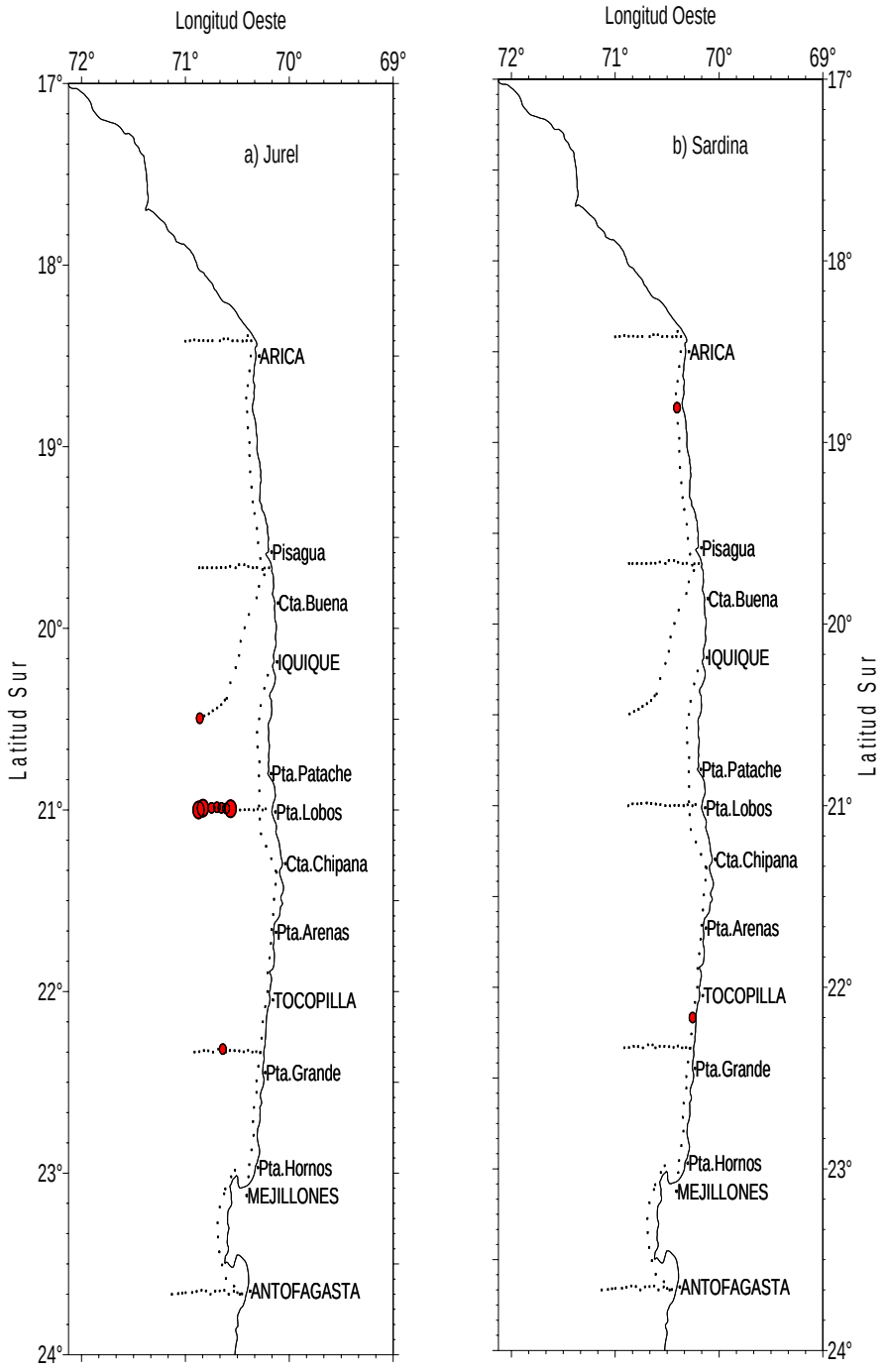



Figura 85. Distribución espacial y abundancia de los huevos recolectados con el sistema CUFES. Crucero MOBIO 0602 - Verano de 2006.

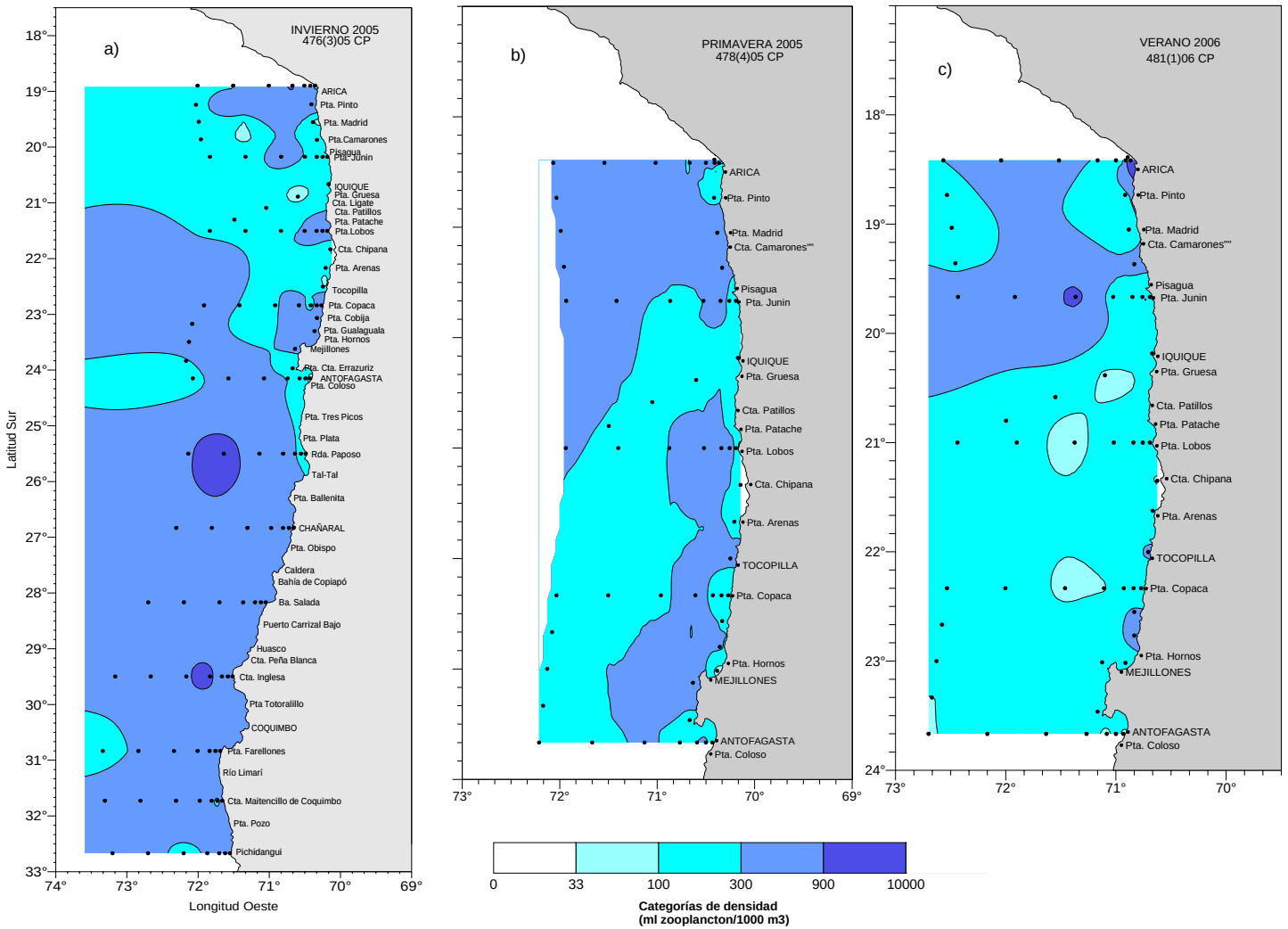



Figura 86. Distribución de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1000 m3 de agua filtrada). Cruceros MOBIO a) invierno y b) primavera de 2005 y c) verano de 2006.

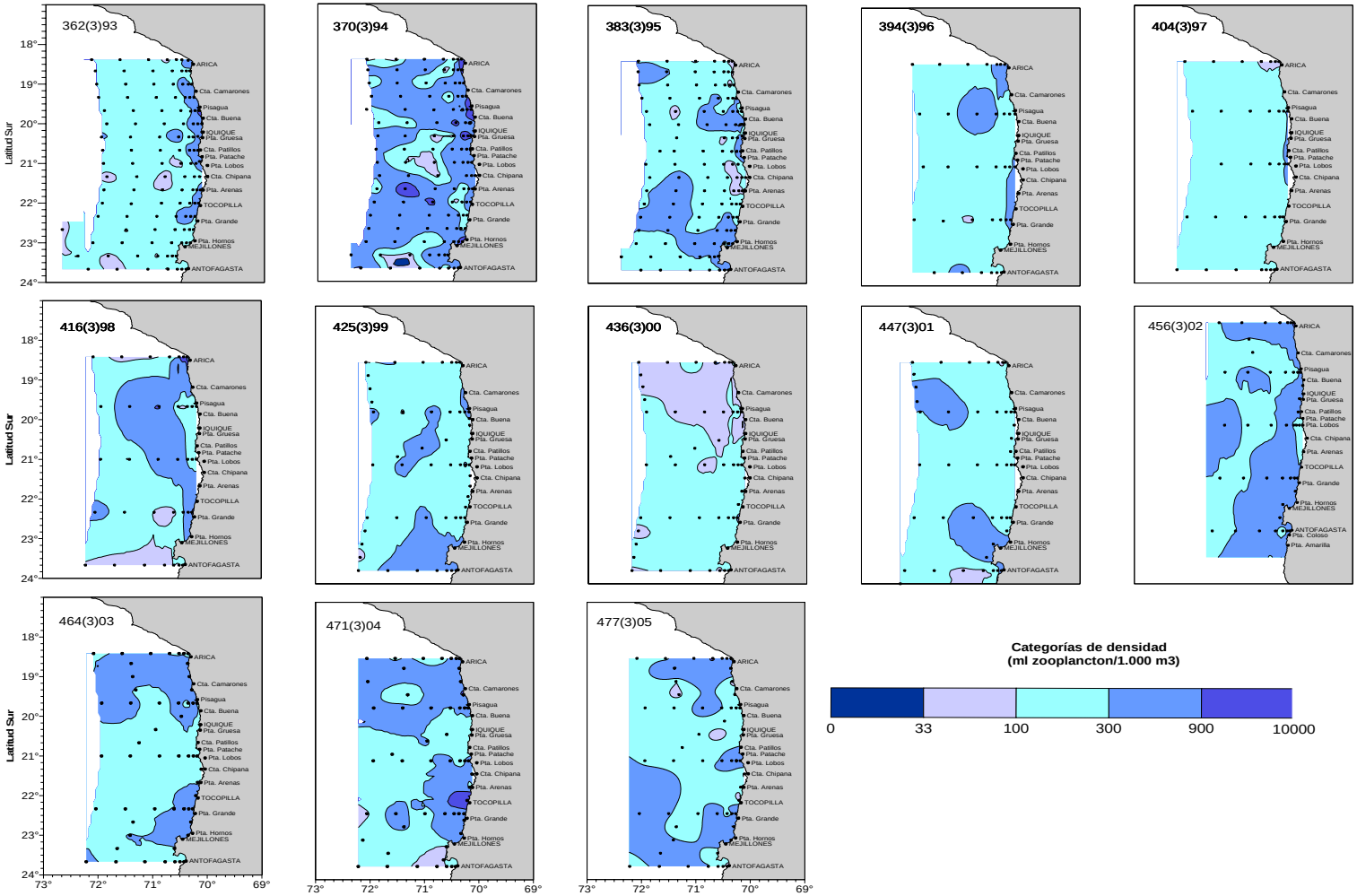



Figura 87. Distribución de la biomasa zooplanctónica para la zona Arica-Antofagasta en invierno de los años 1993 - 2005.

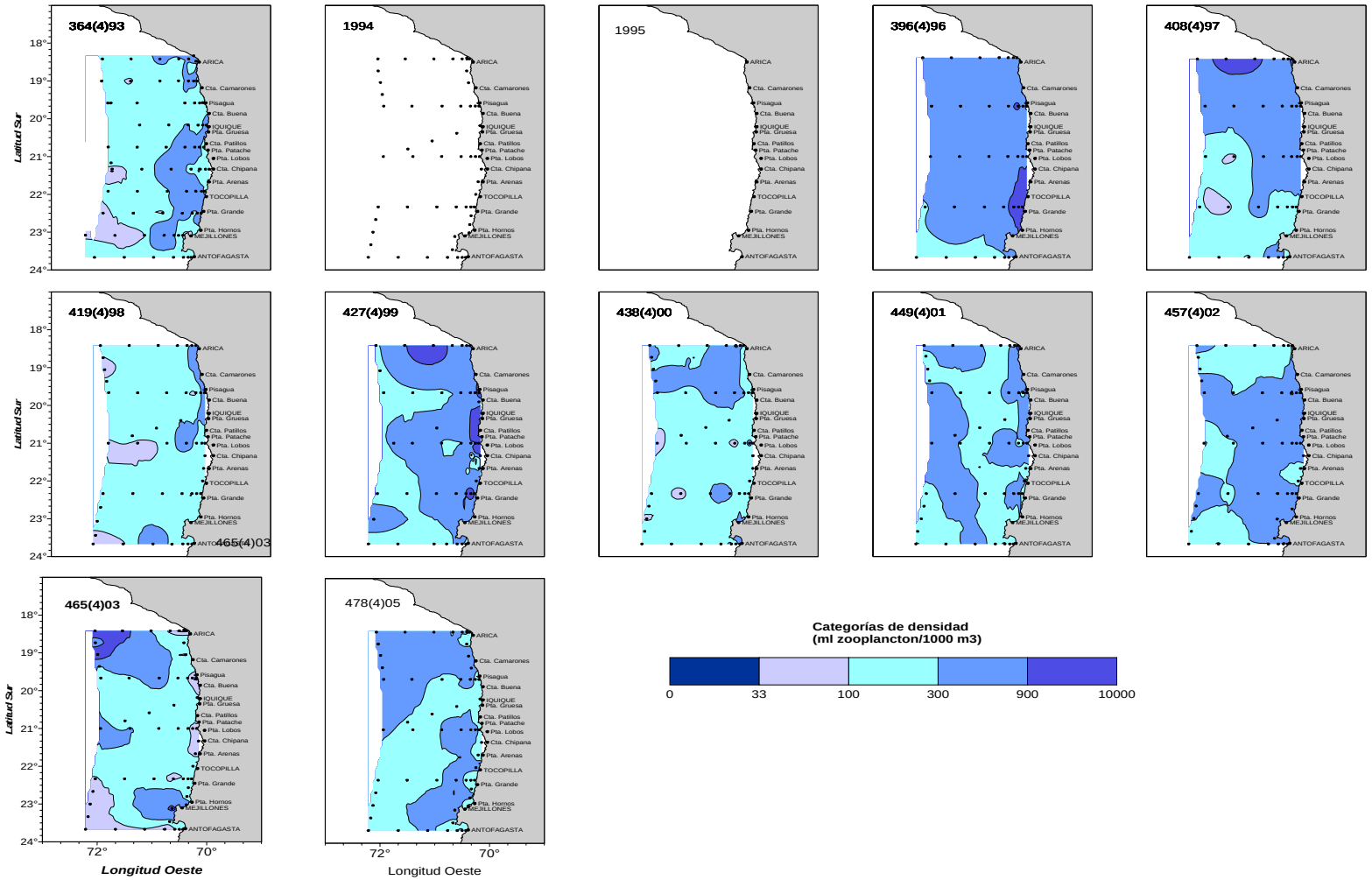



Figura 88. Distribución de la biomasa zooplanctónica para la zona Arica - Antofagasta en Primavera de los años 1993 - 2005.

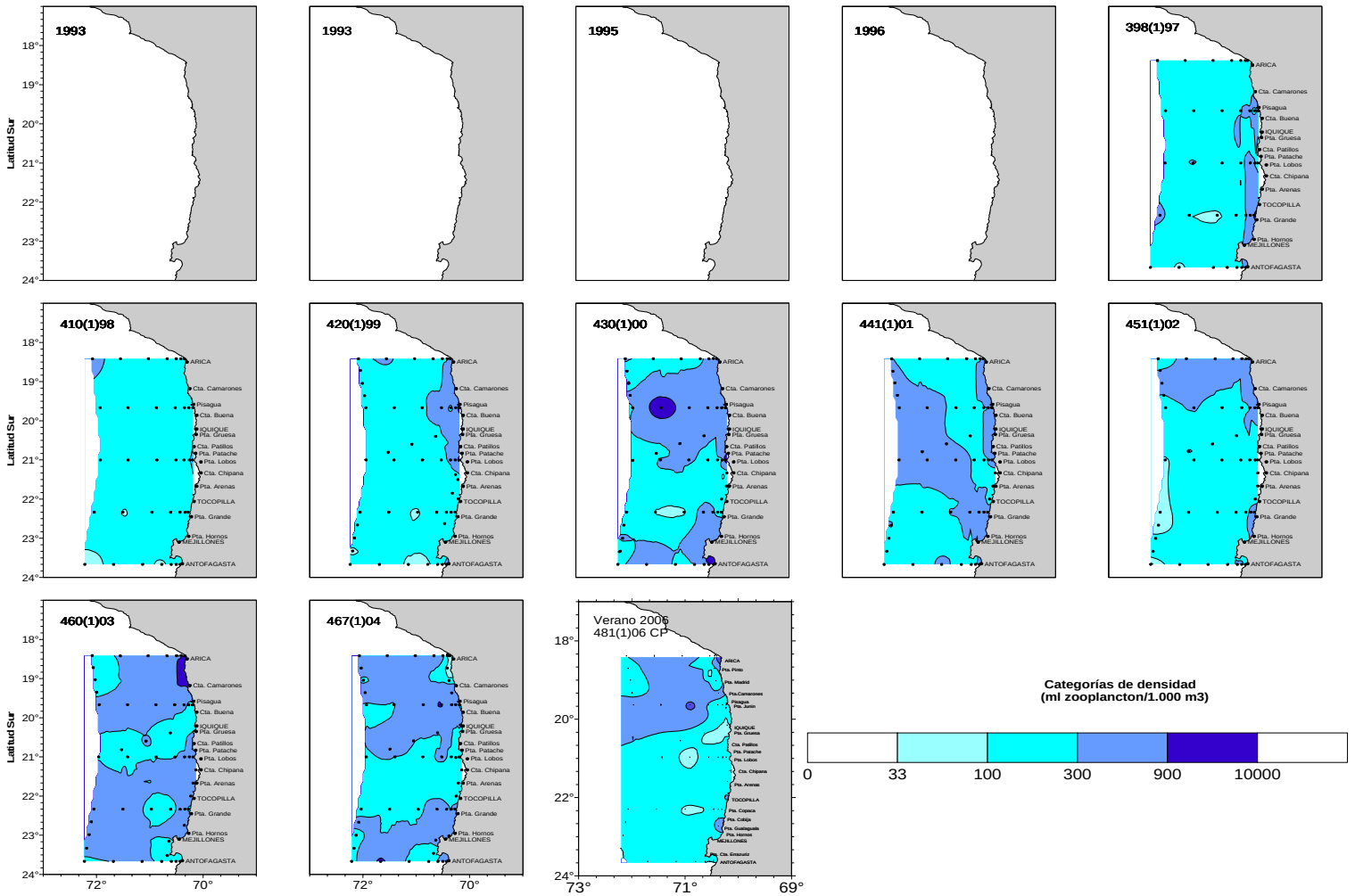



Figura 89. Distribución de la biomasa zooplanctónica para la zona Arica-Antofagasta en verano de los años 1993 - 2006.

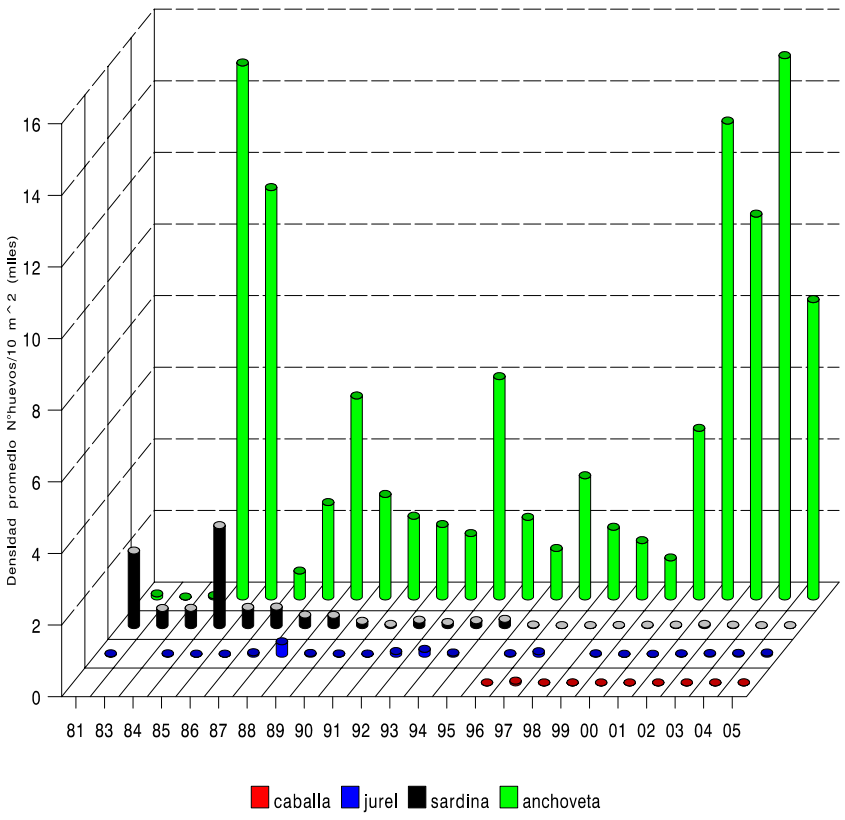



**Figura 90.** Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/2005

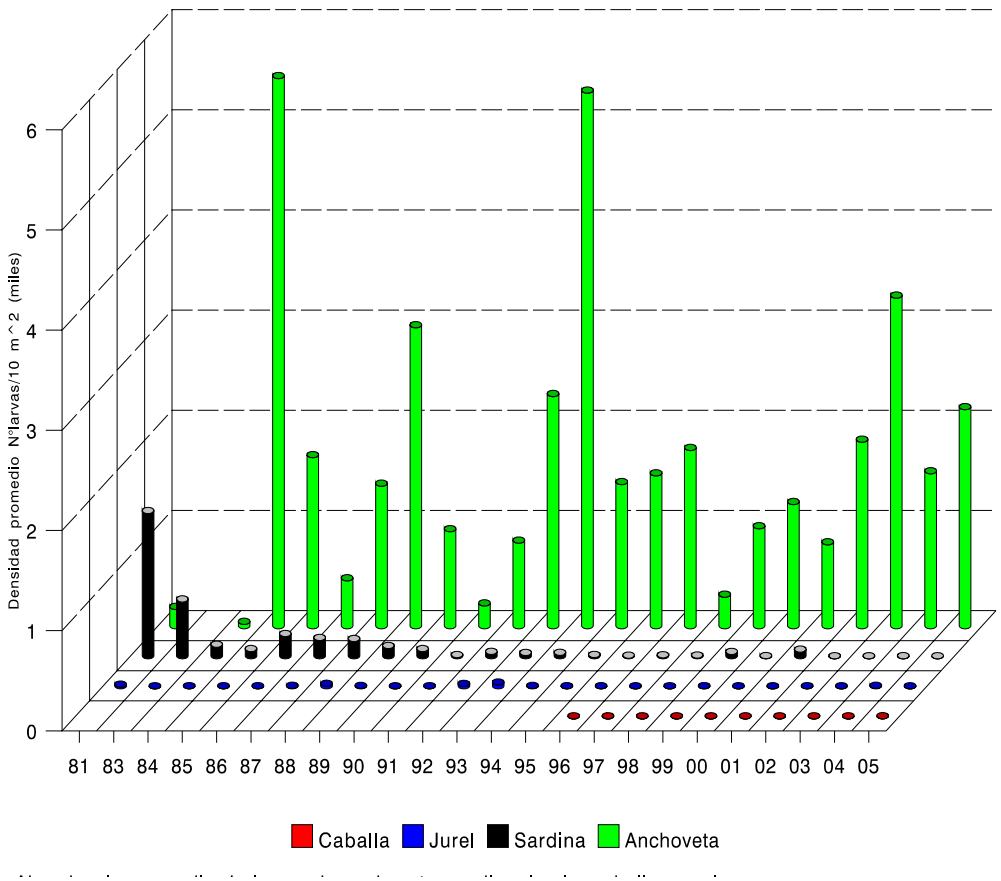



**Figura 91.** Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/2005.

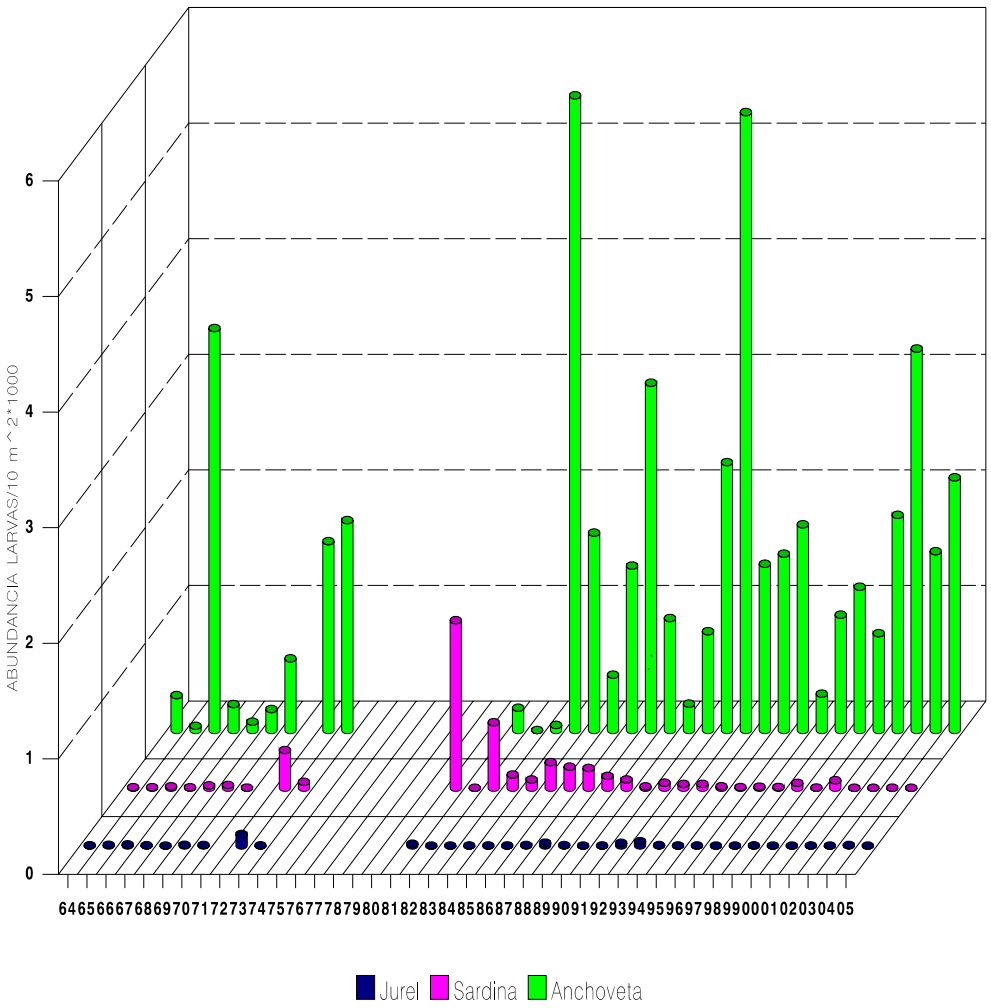



**Figura 92.** Estimación de la abundancia promedio de larvas (dpet). Período Invierno 1964 – 2005.

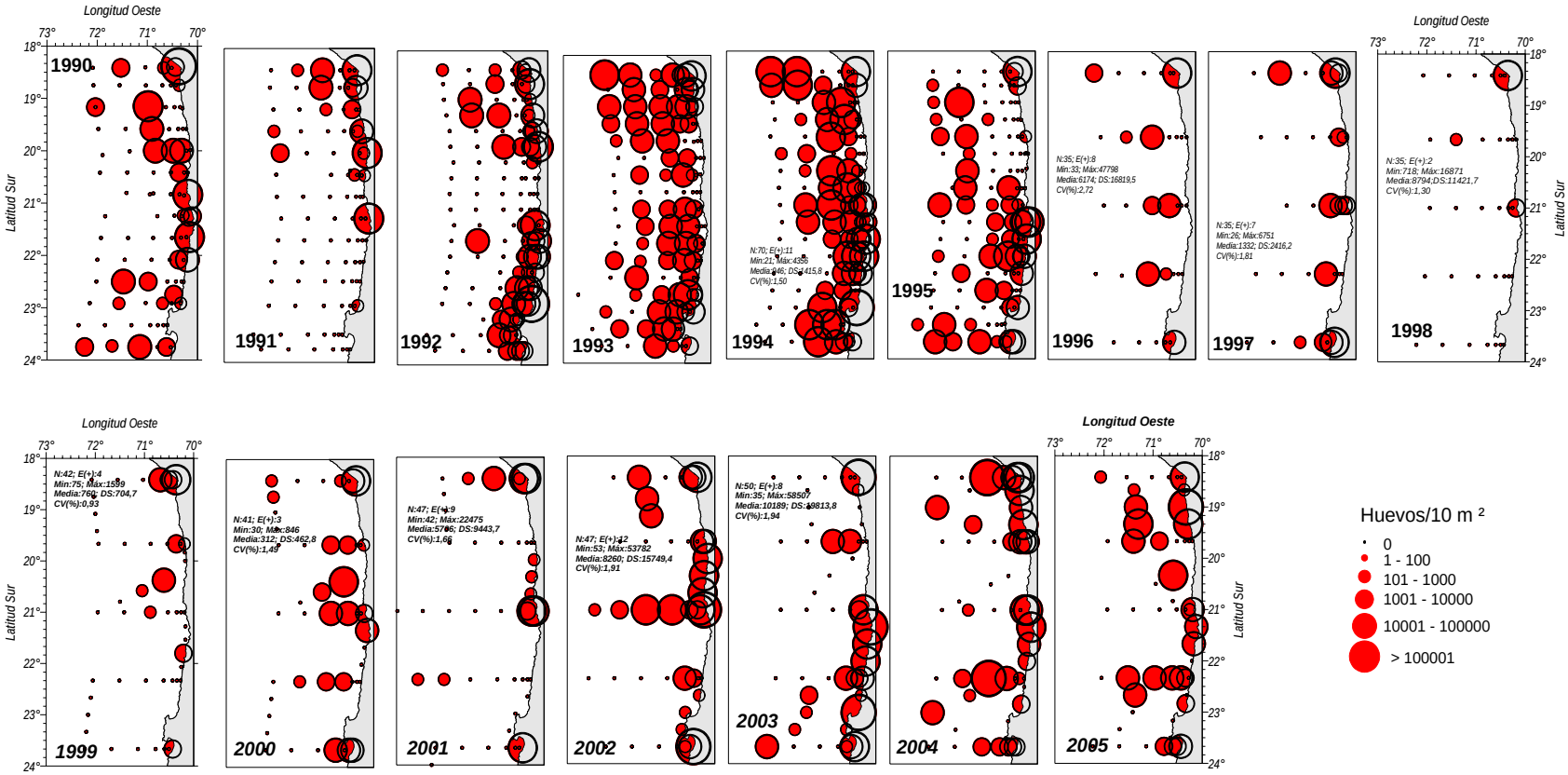



**Figura 93.** Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno 1990 - 2005

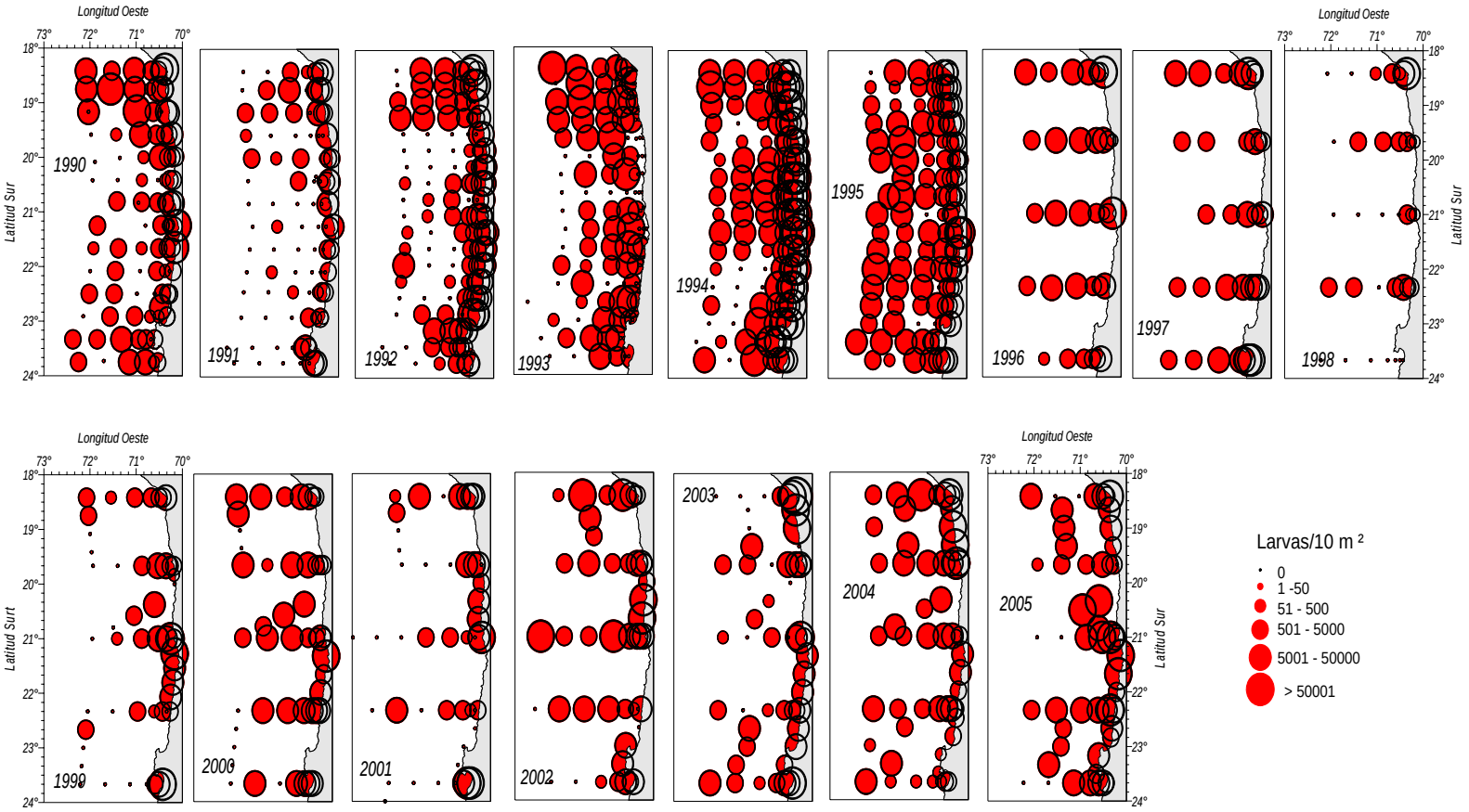



**Figura 94.** Distribución y abundancia de larvas de anchoveta. *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno 1990 - 2005

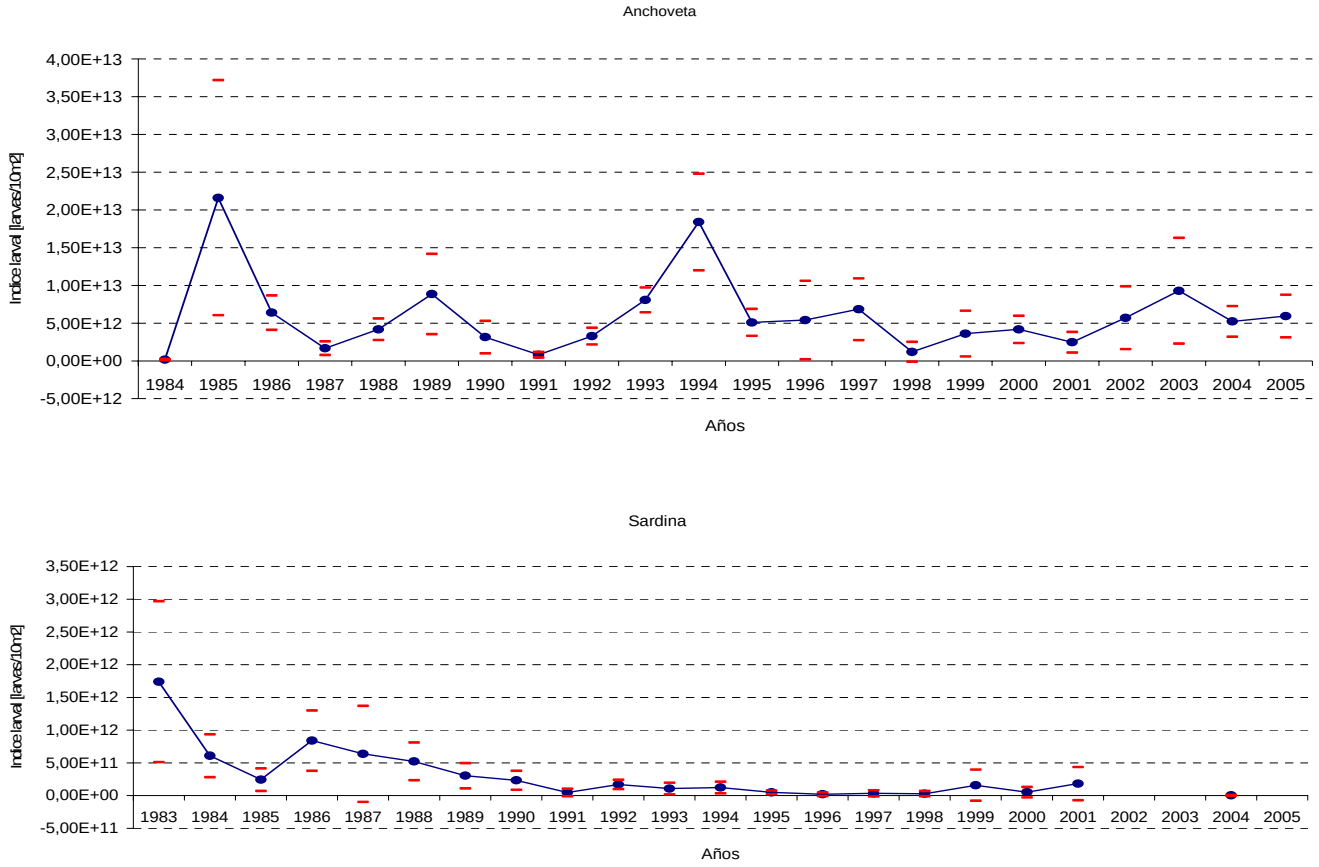



**Figura 95.** Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1984/2005.

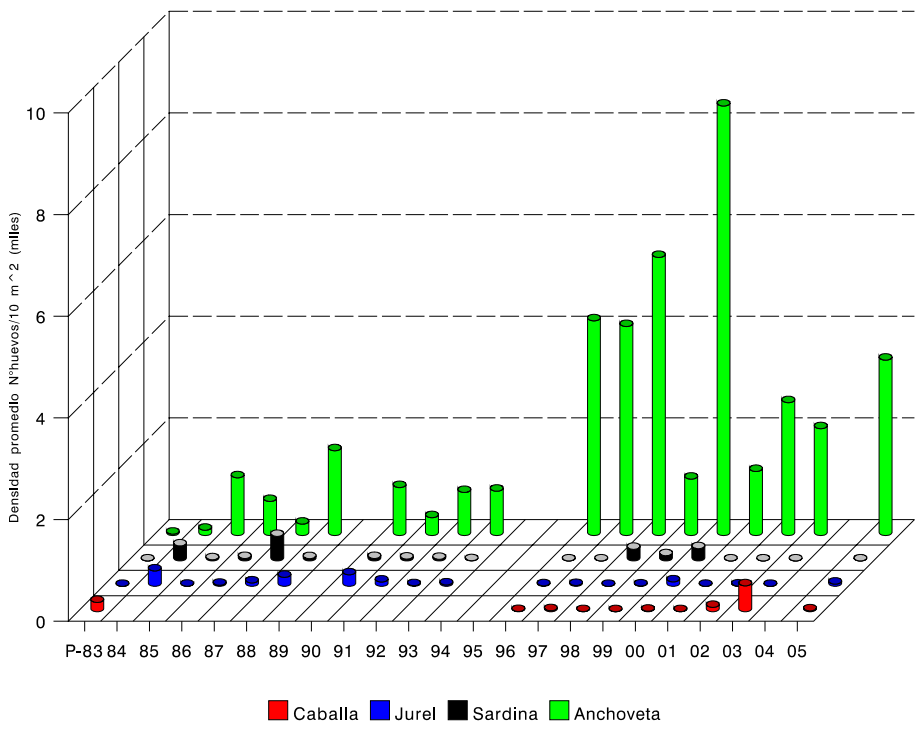



**Figura 96.** Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en primavera de los años 1983/2005.

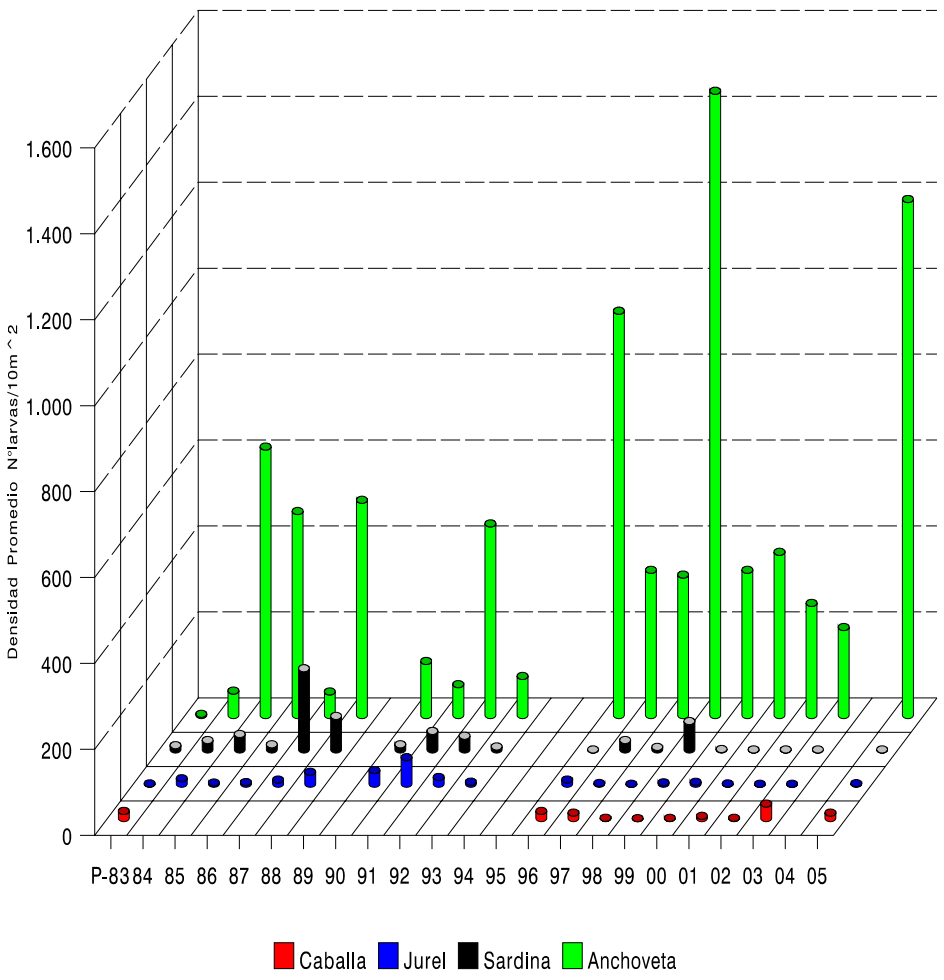



**Figura 97.** Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en primavera de los años 1983/2005.

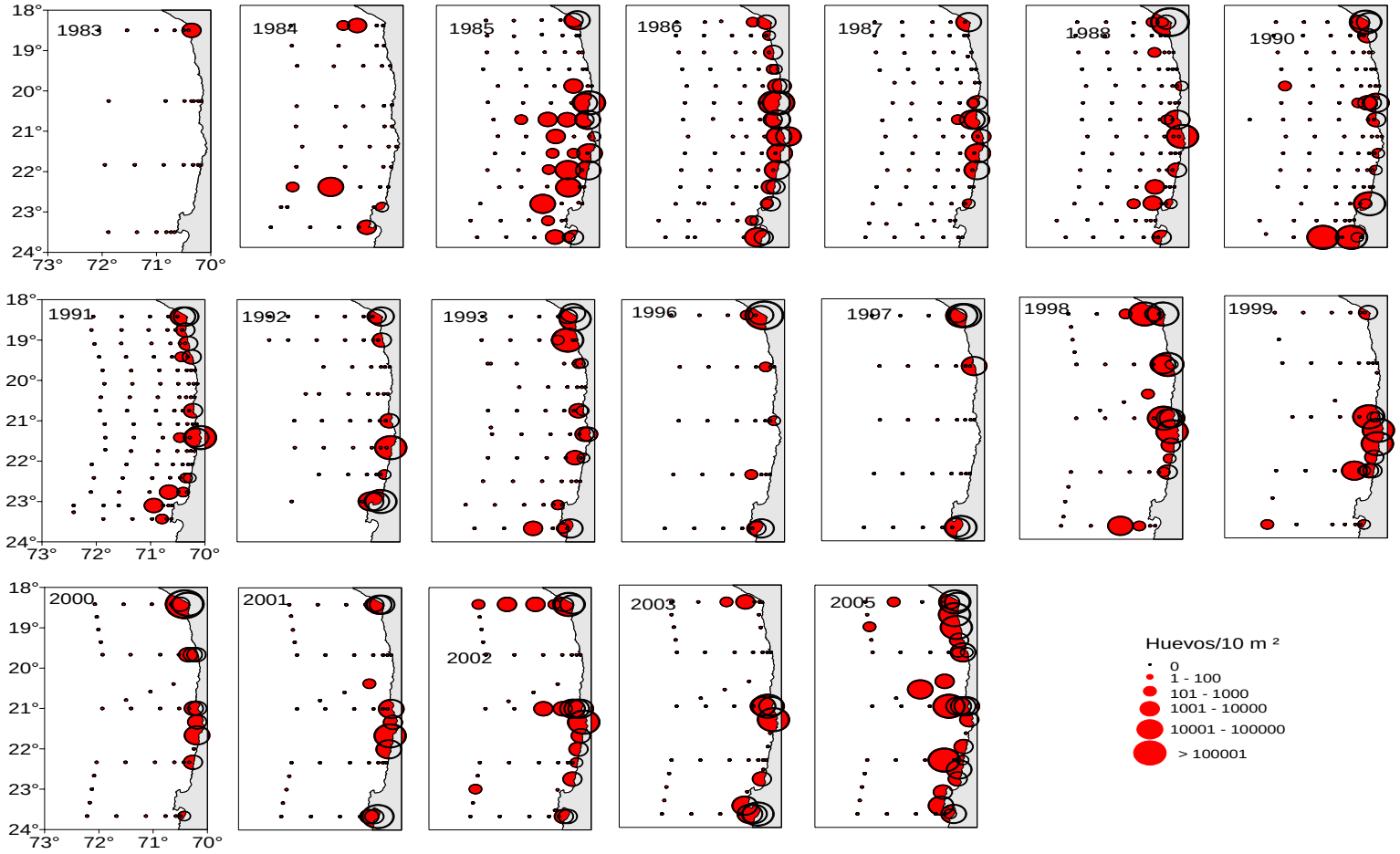



Figura 98. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros Primavera. Período 1983 - 2005.

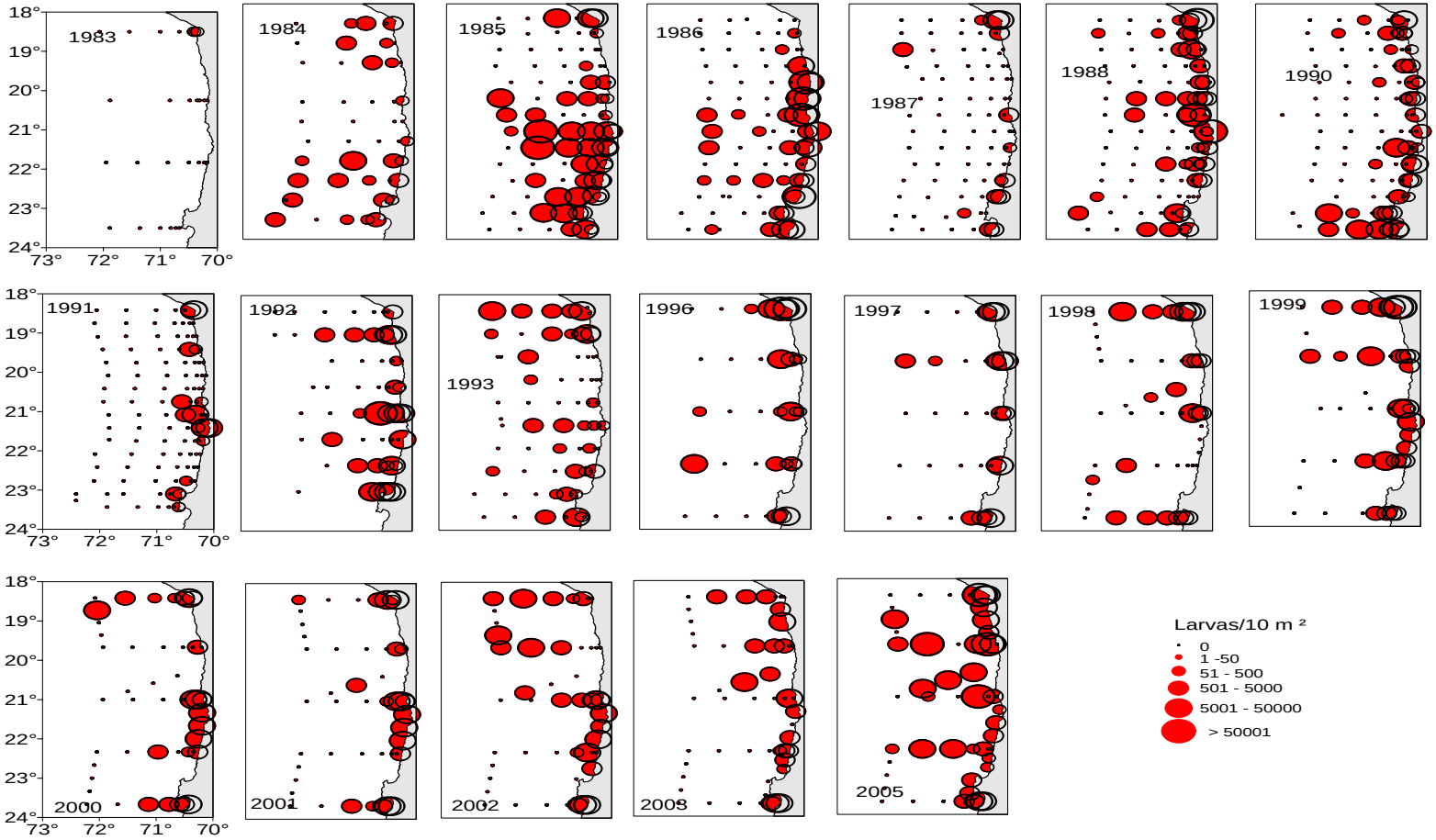



Figura 99. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros Primavera. Período 1983 - 2005.

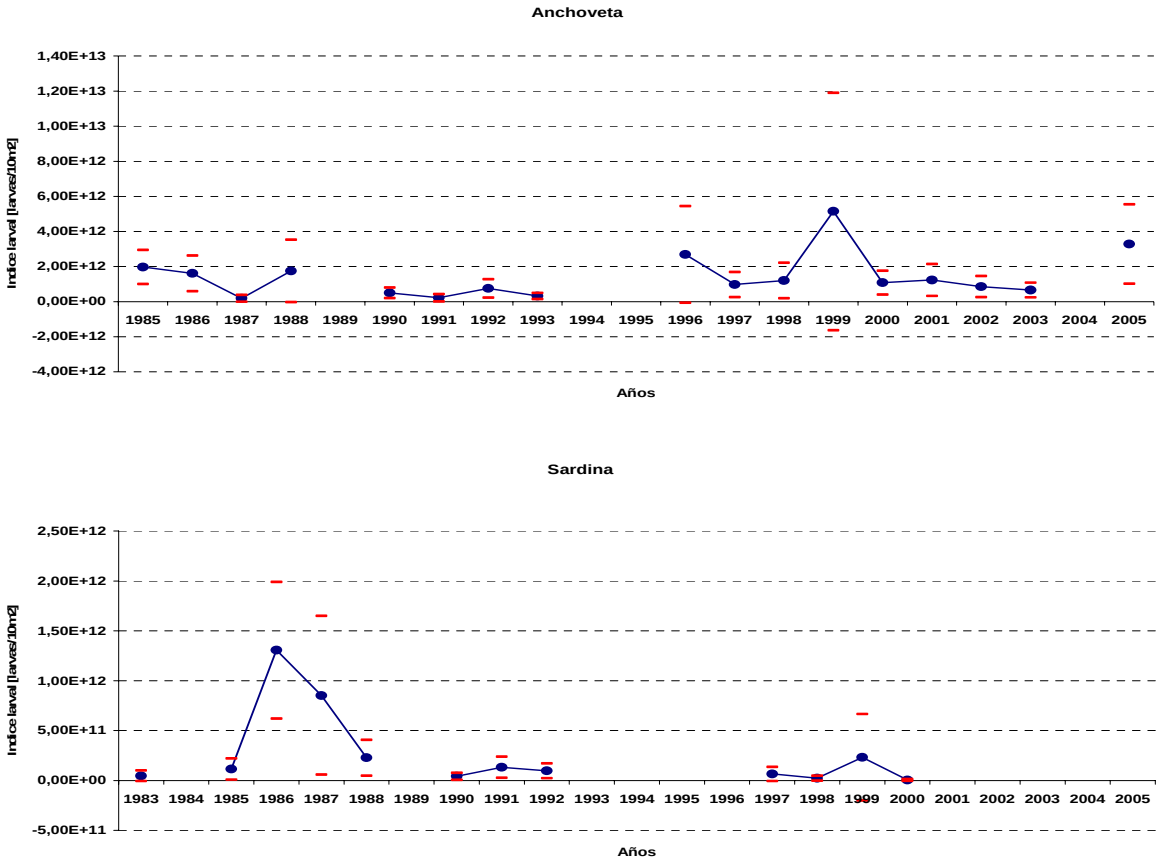



**Figura 100.** Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en primavera del período 1983/2005.

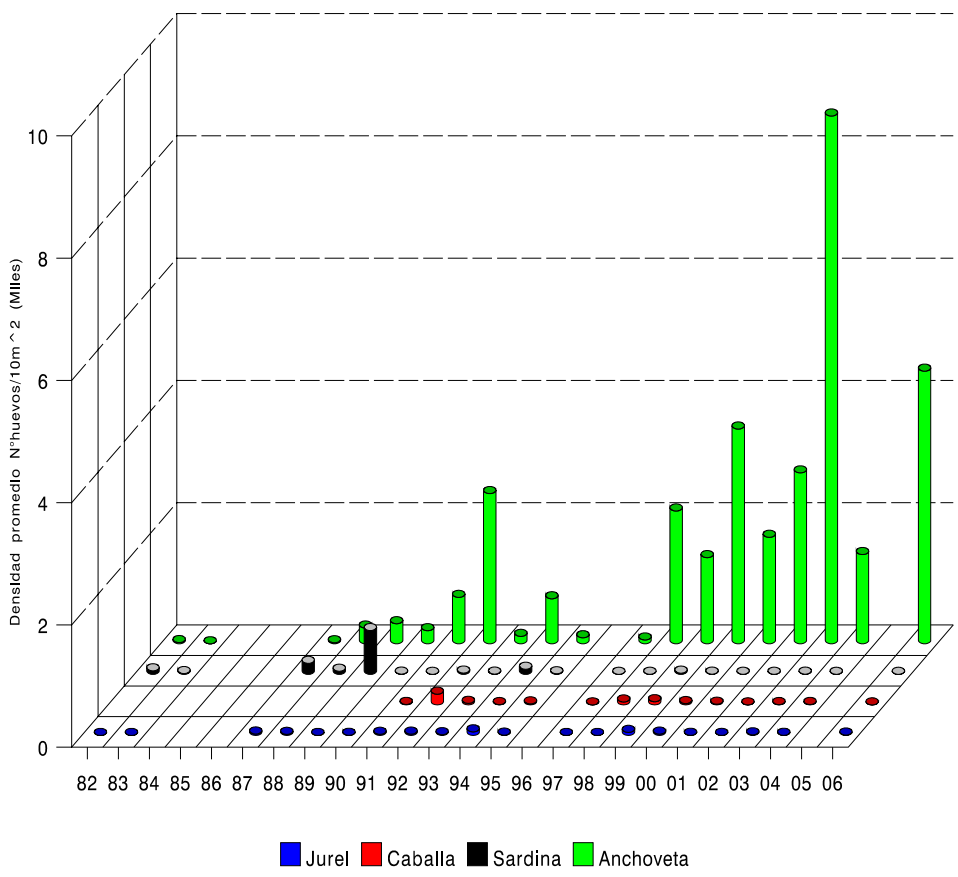



**Figura 101.** Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en verano de los años 1982/2006.

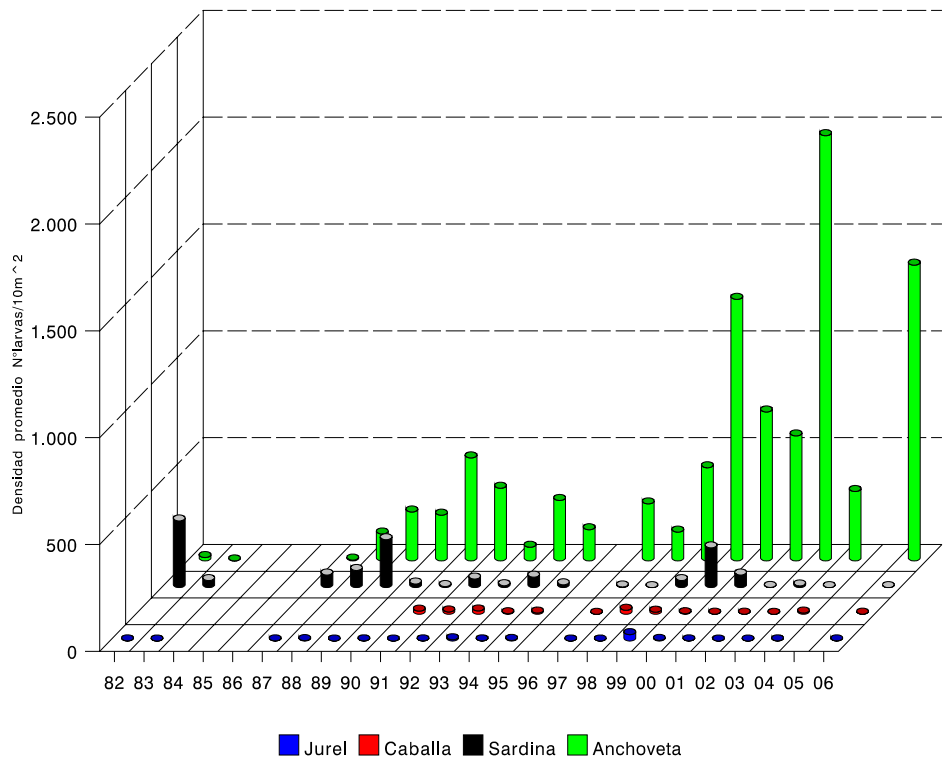



**Figura 102.** Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2006.

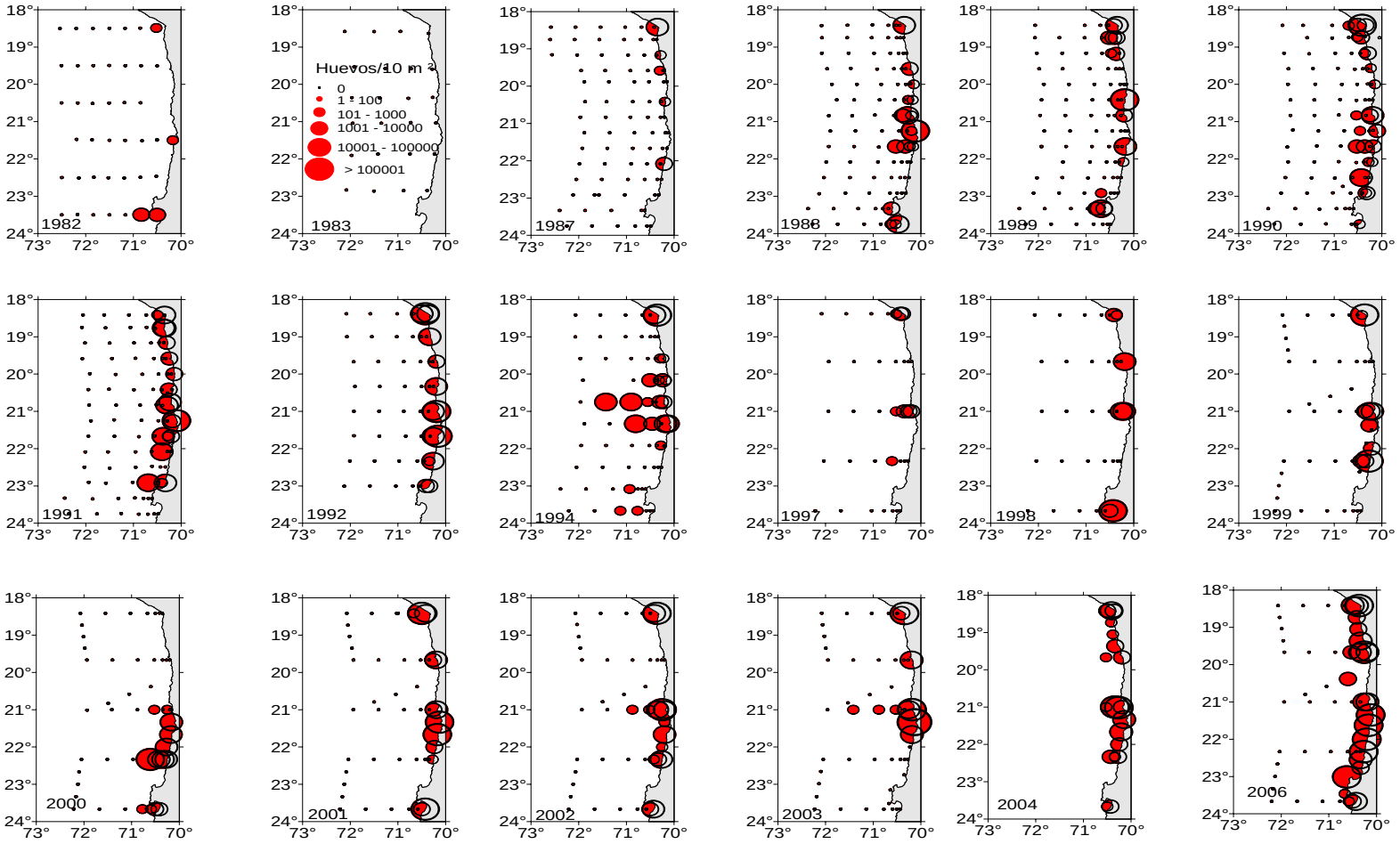



Figura 103. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros Verano. Período 1982 - 2006.

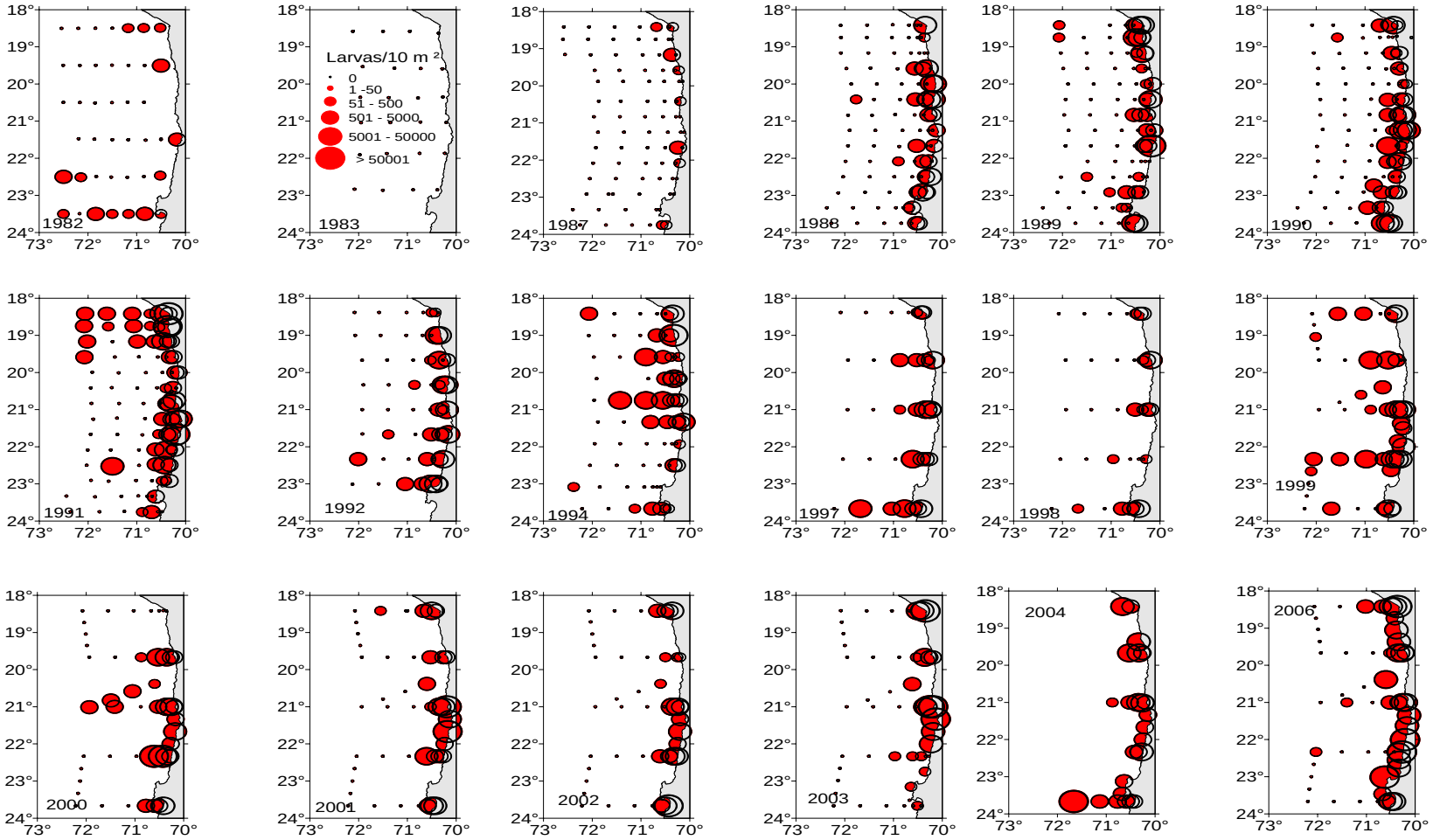



Figura 104. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros Verano. Período 1982 - 2006.

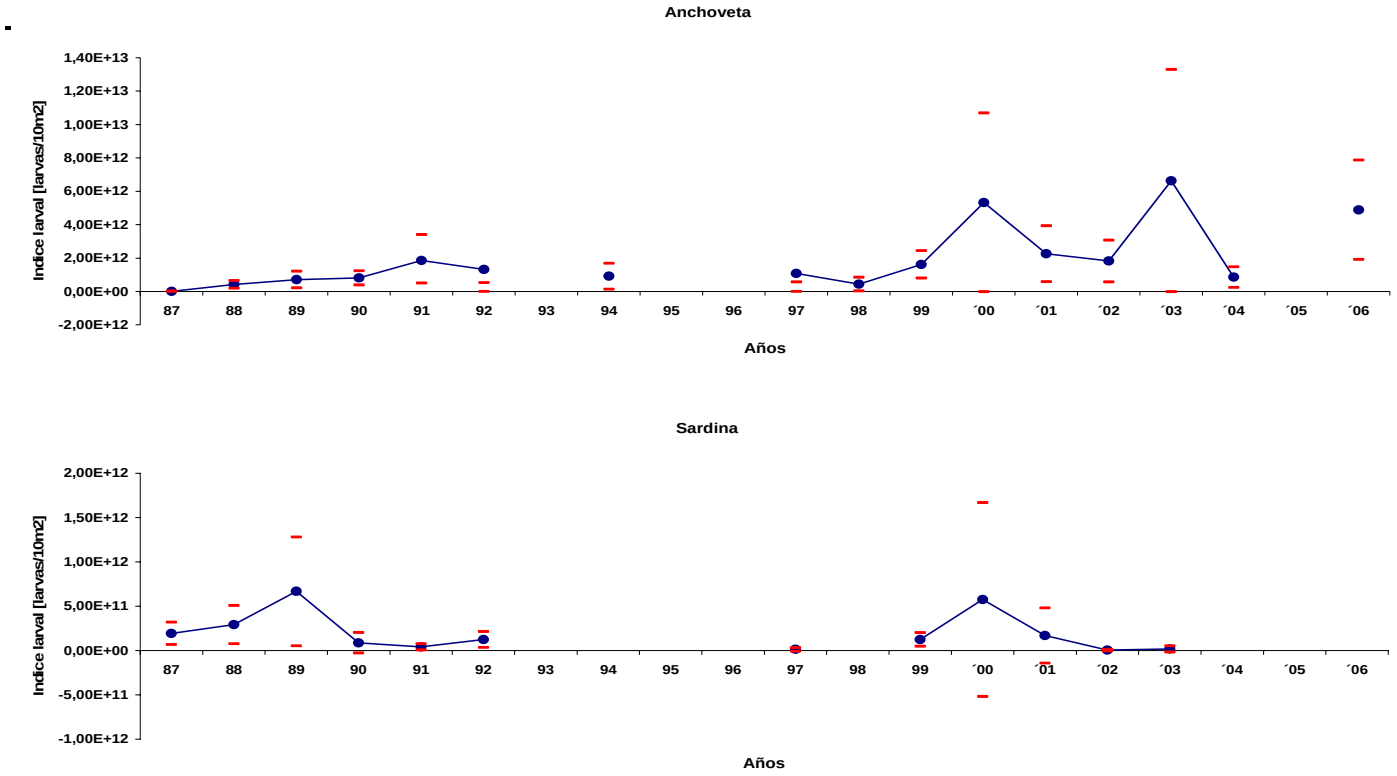



**Figura 105.** Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1987/2006.

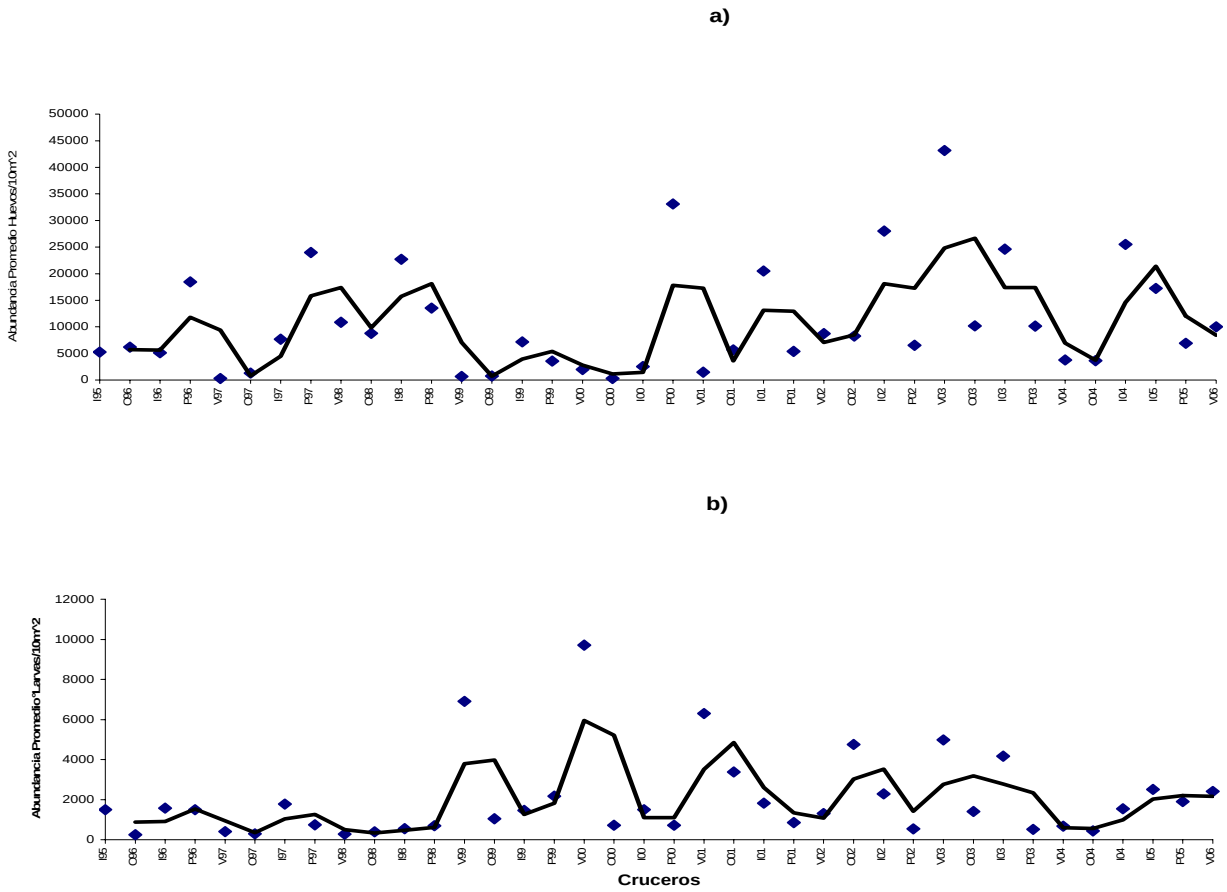



**Figura 106.** Variación temporal de la intensidad del desove de a) huevos y b) larvas de anchoveta, para el período invierno 1995 - verano 2006. (Línea negra = media móvil)

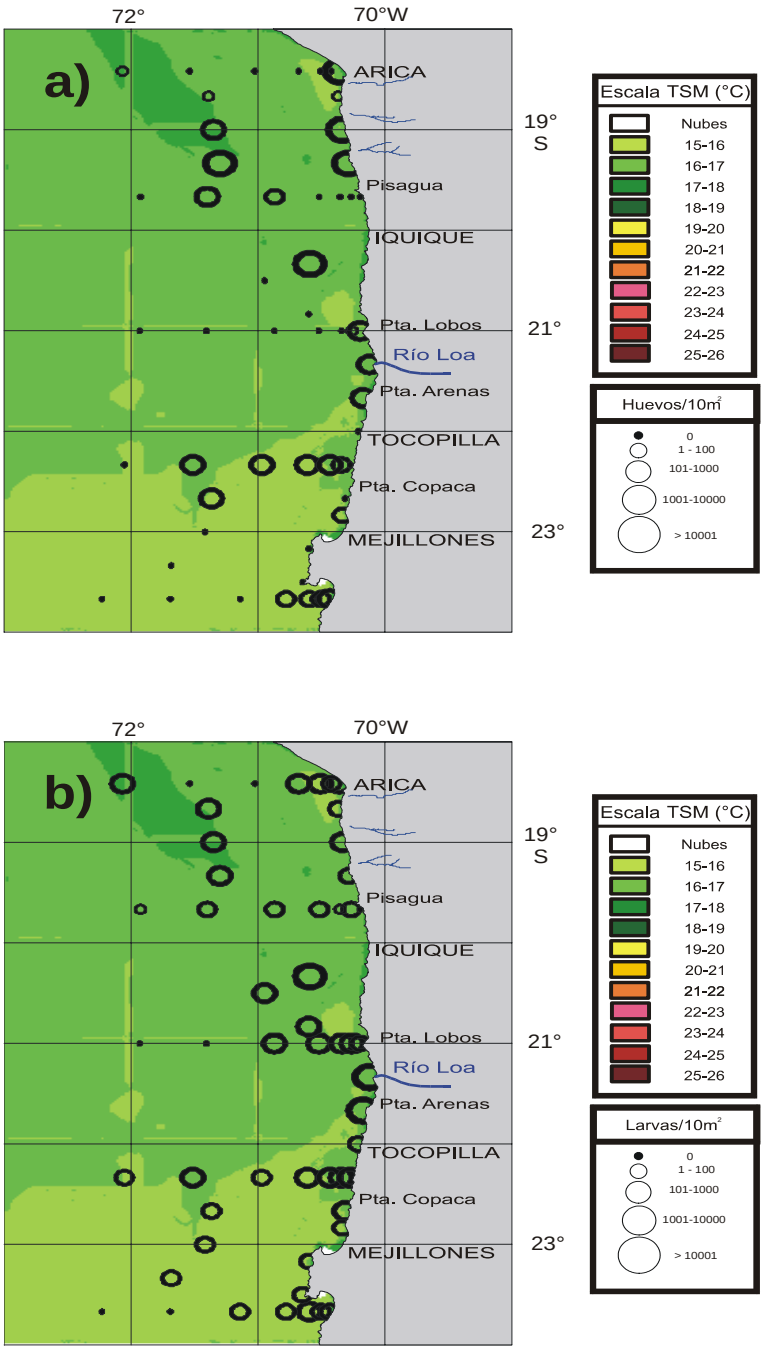



**Figura 107.** Distribución espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Invierno de 2005.

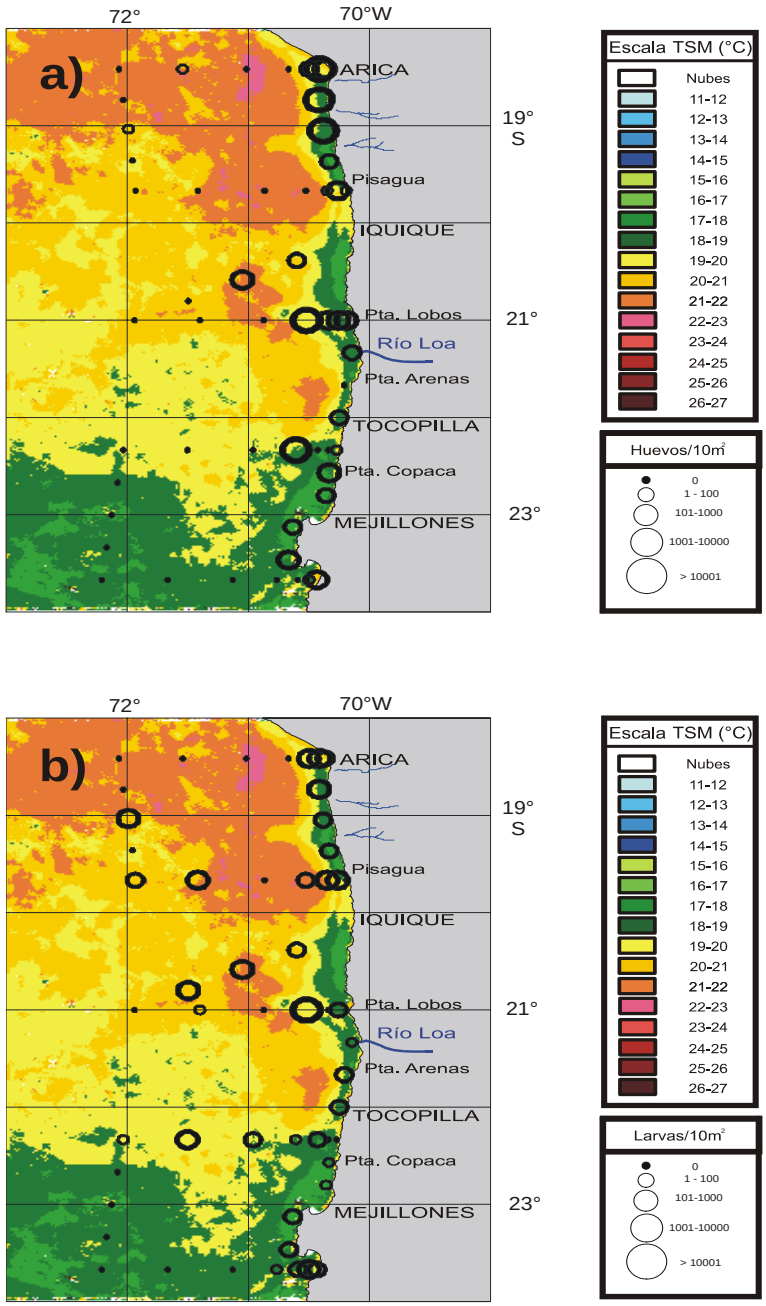



**Figura 108.** Distribución espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Primavera de 2005.

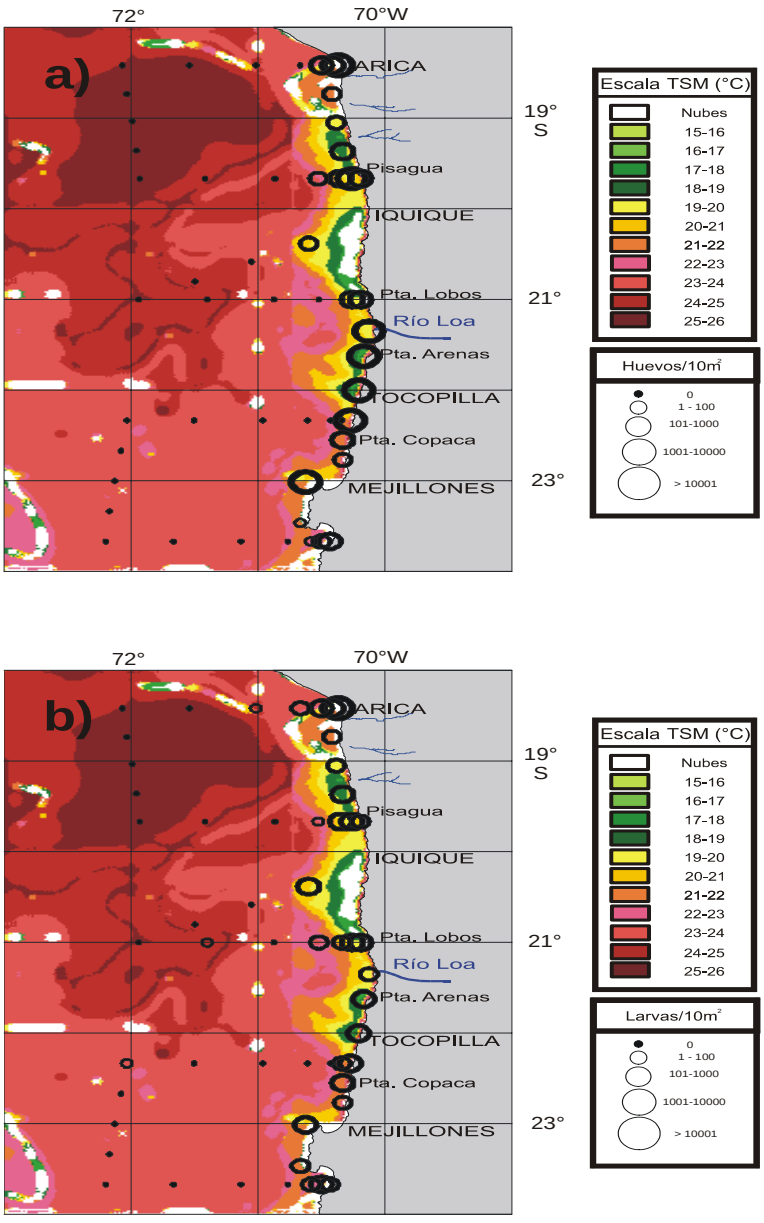



**Figura 109.** Distribución espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Verano de 2006.

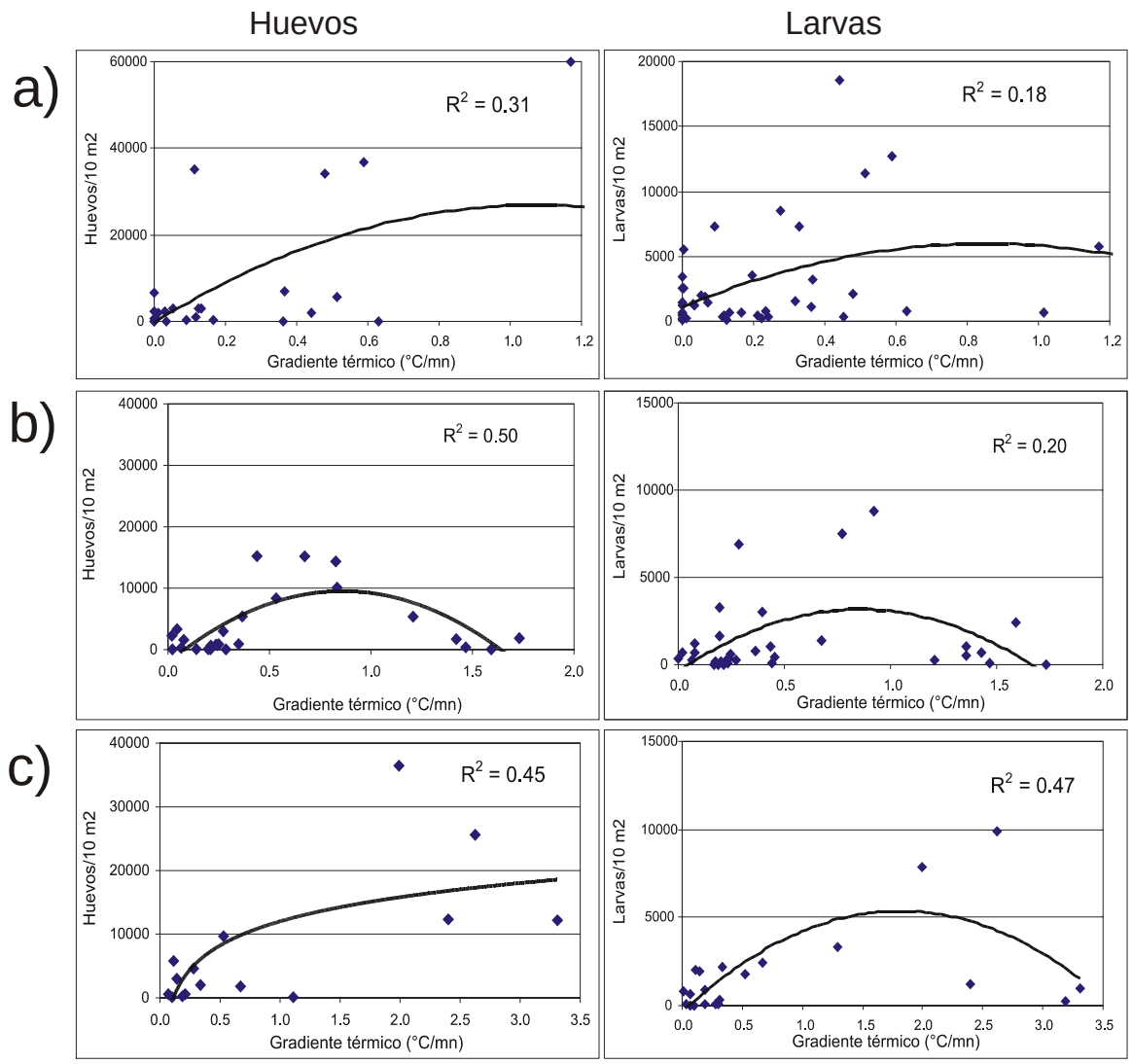



**Figura 110.** Relaciones entre la densidad de huevos y larvas de anchoveta y el gradiente térmico, a) Invierno de 2005, b) Primavera de 2005 y c) Verano de 2006.

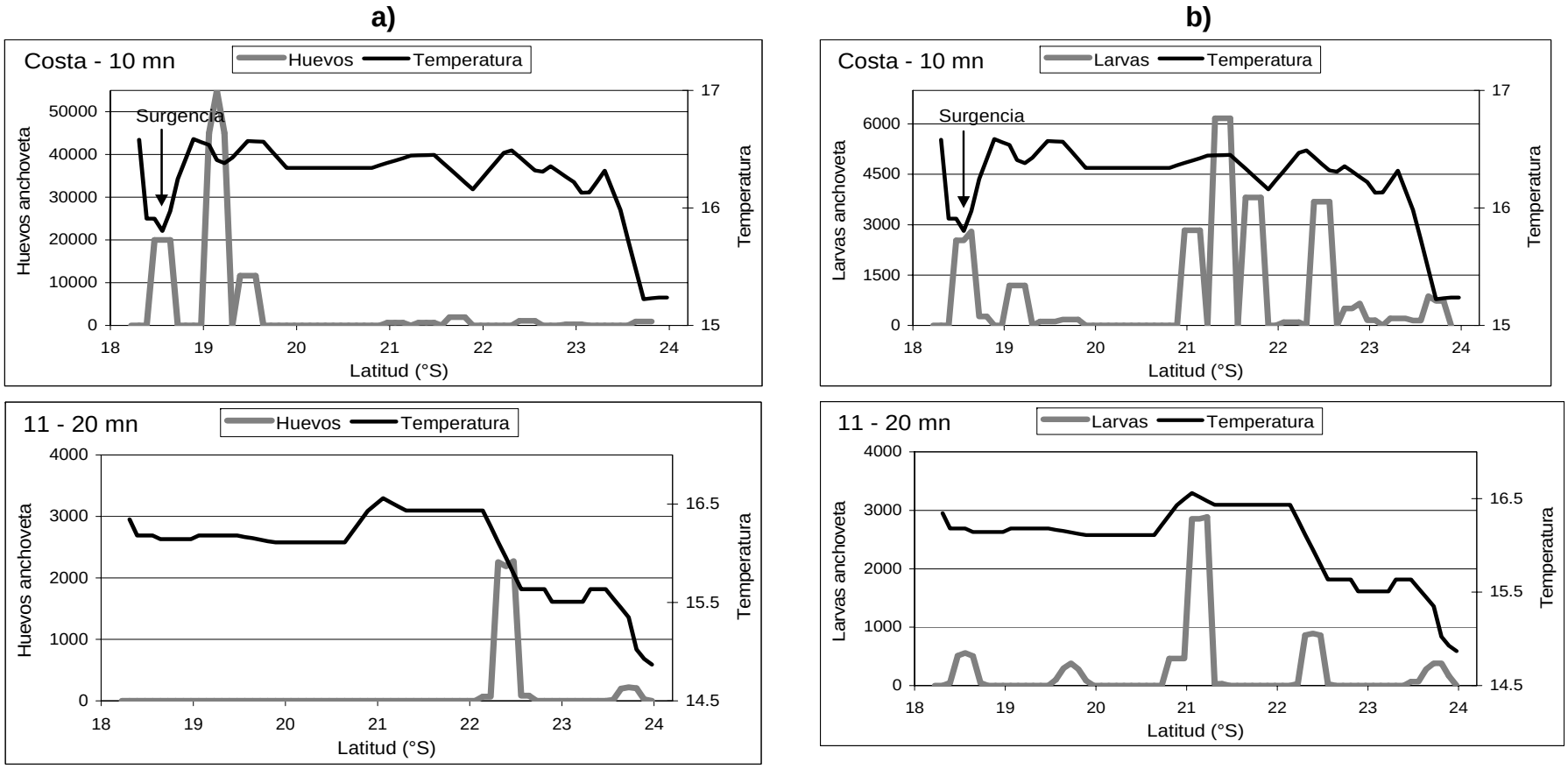



**Figura 111.** Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Invierno de 2005.

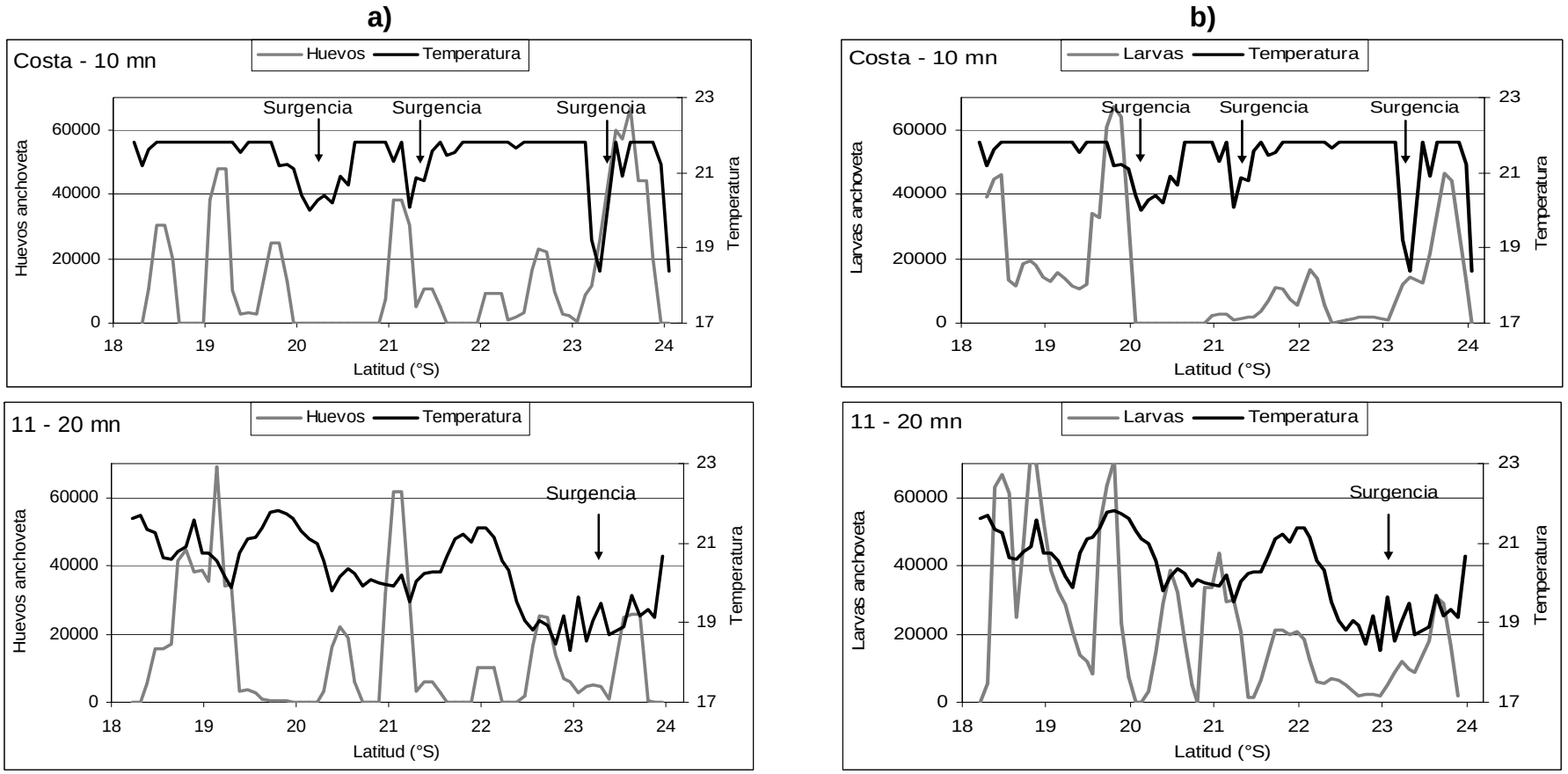



**Figura 112.** Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Primavera de 2005.

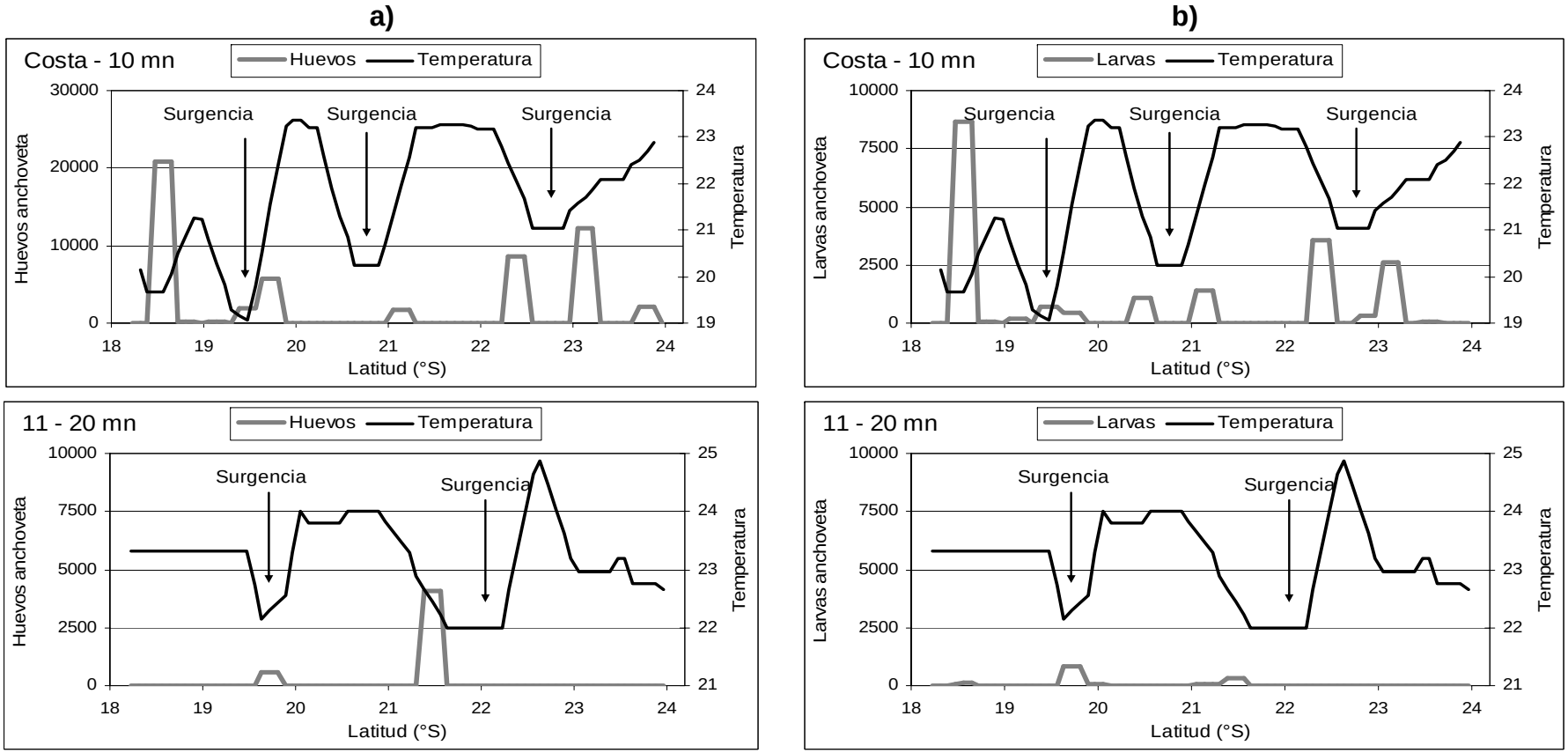
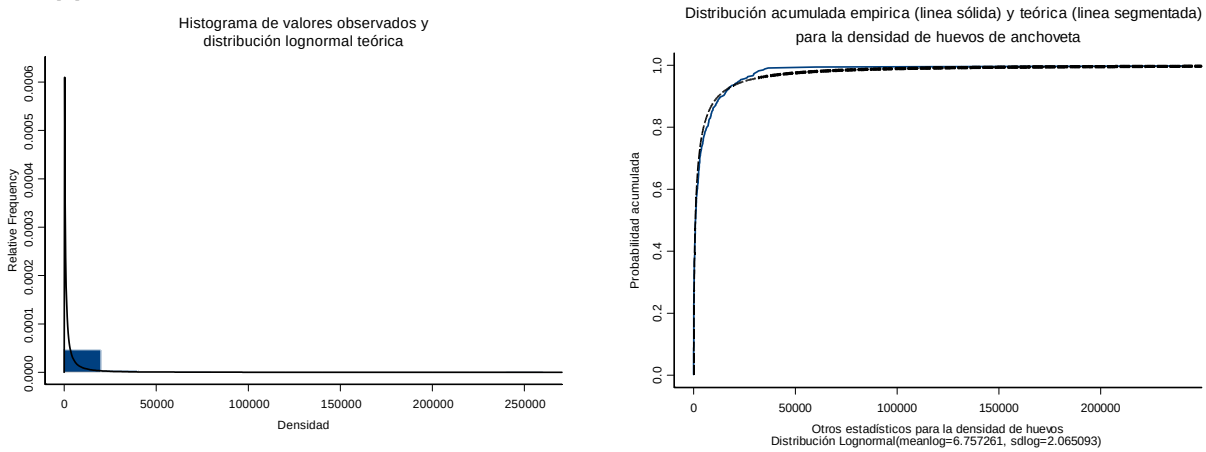



**Figura 113.** Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Verano de 2006.

**Densidad de huevos de anchoveta**

**(a)**




**Densidad de larvas de anchoveta**

**(b)**

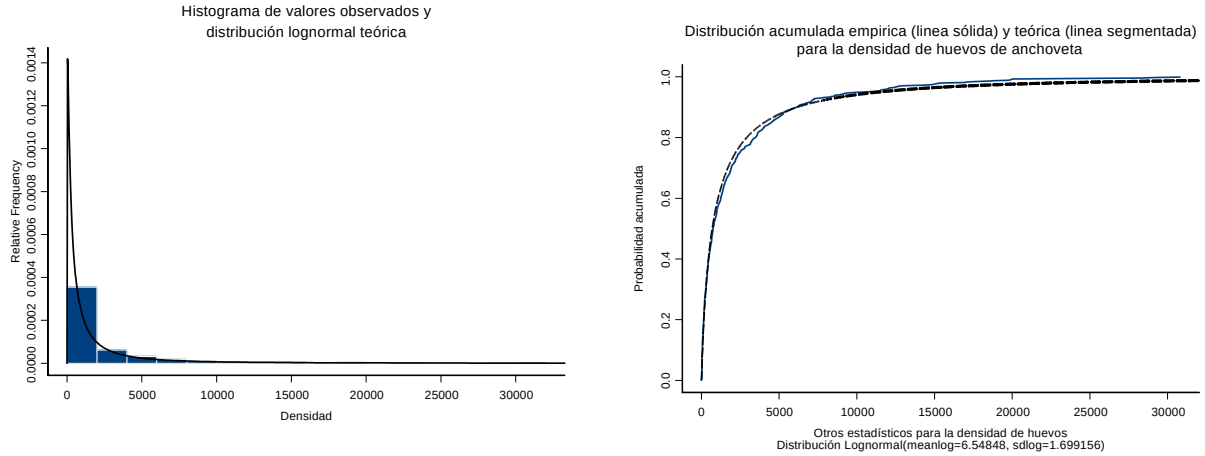



**Figura 114.** Histograma, función de densidad de probabilidad teórica lognomal (a) y función de distribución acumulada empírica y teórica (b) para la variable densidad de huevos, cruceros realizados en la I y II Región en invierno durante el periodo de 1993 a 2005.

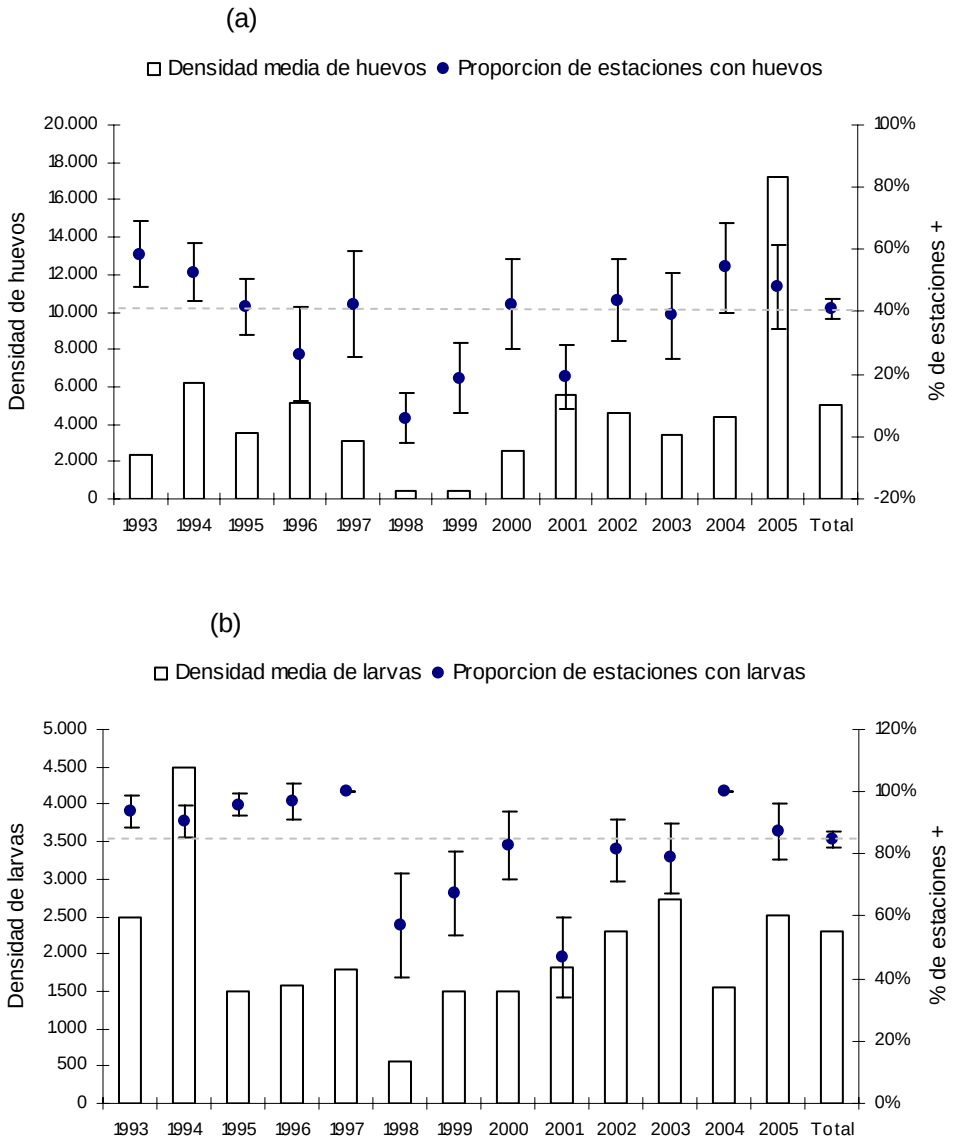



**Figura 115.** Densidad media y proporción de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos (a) y larvas (b) de anchoveta, por año y periodo total. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno entre los años 1993 a 2005.

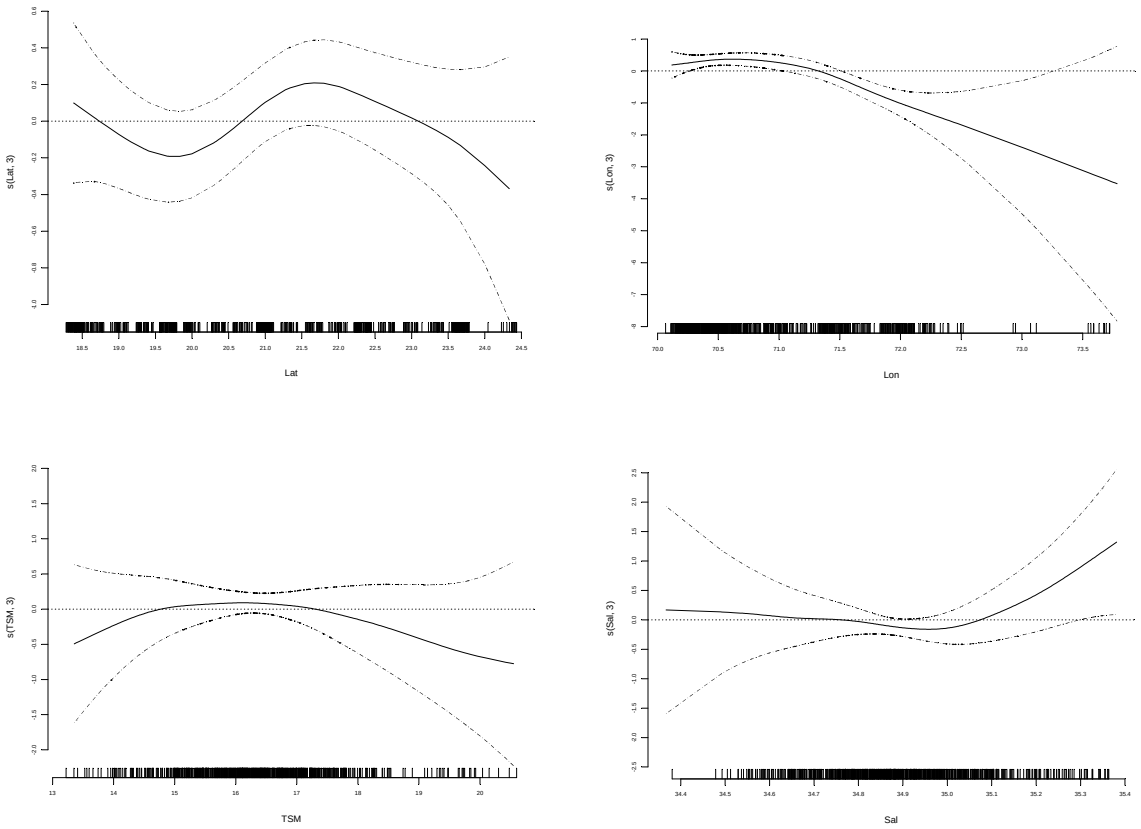



**Figura 116.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

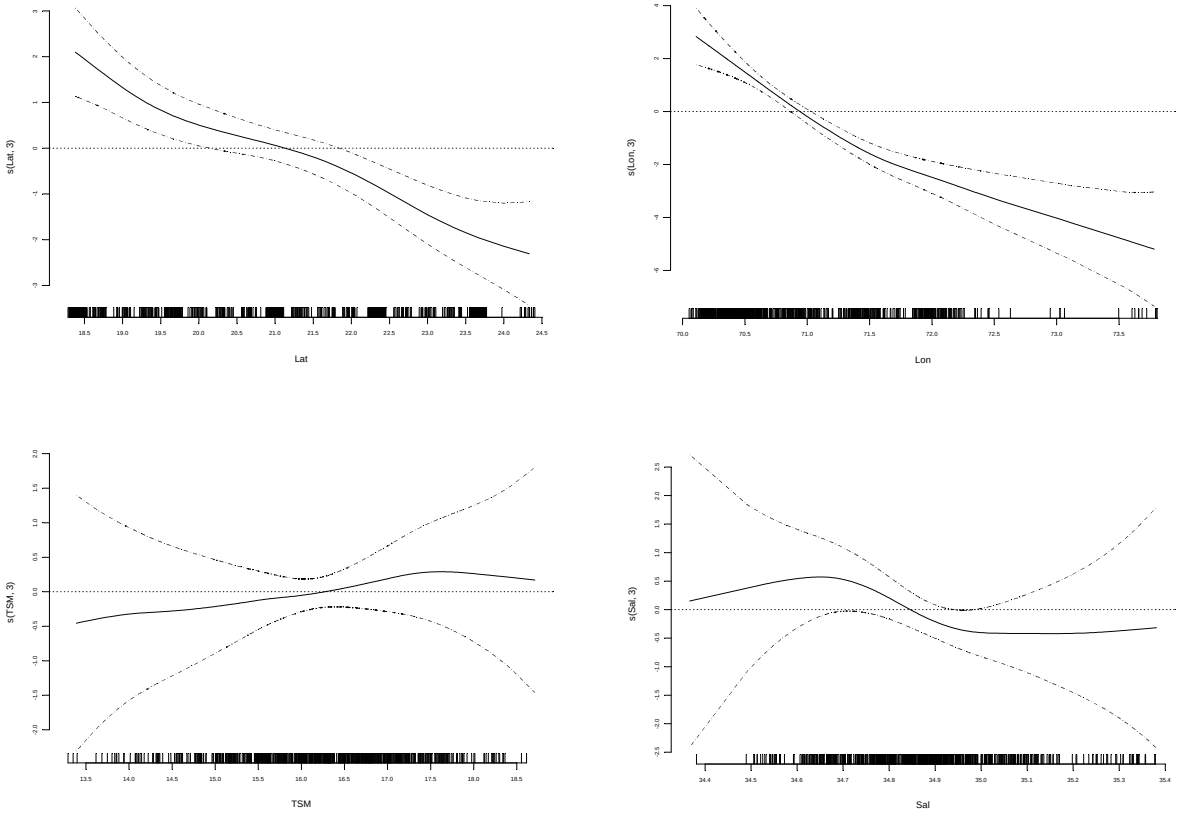



**Figura 117.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

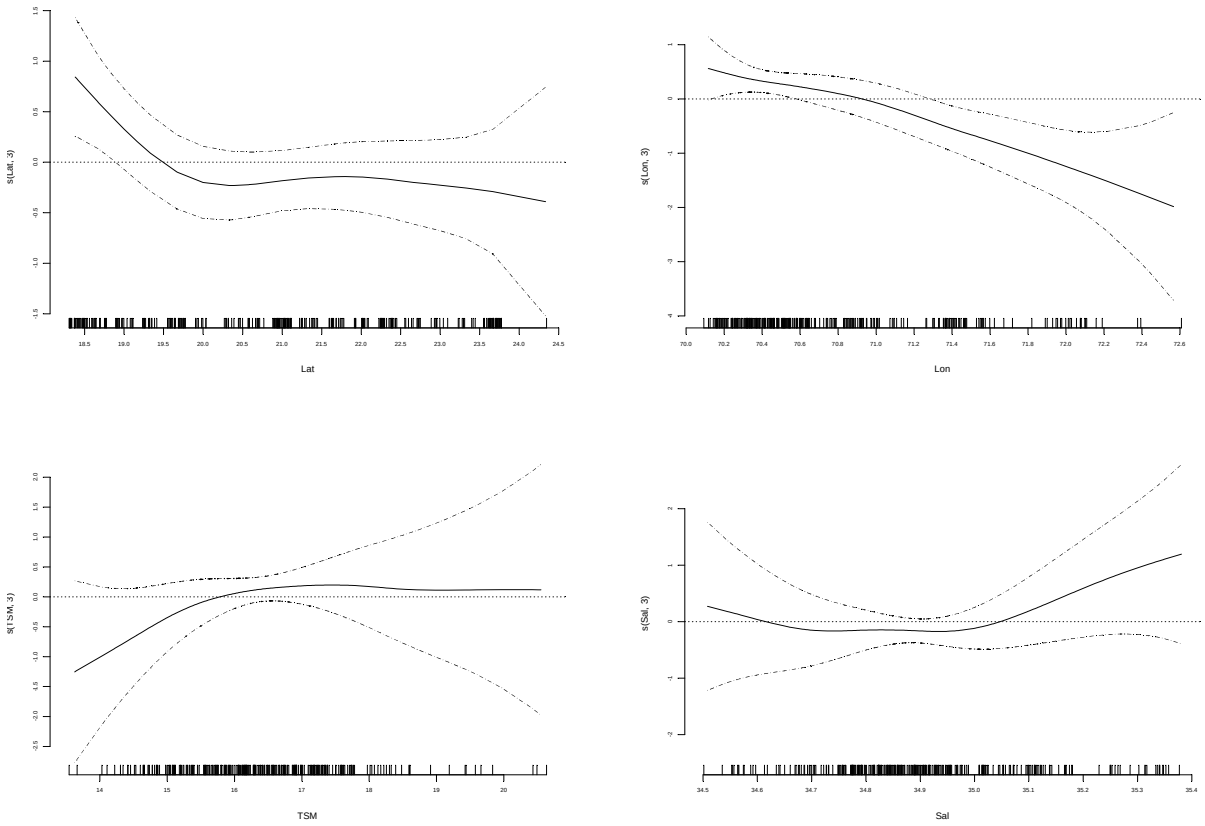



**Figura 118.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

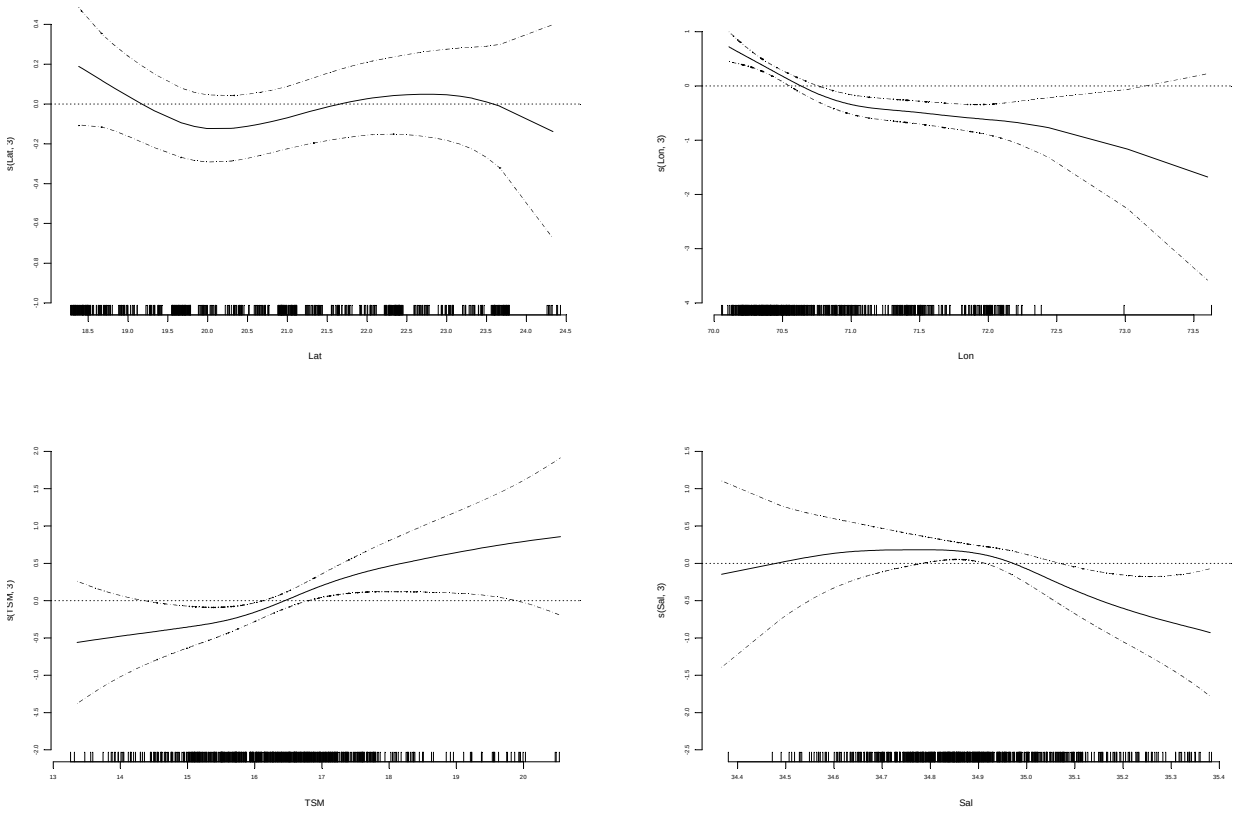



**Figura 119.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

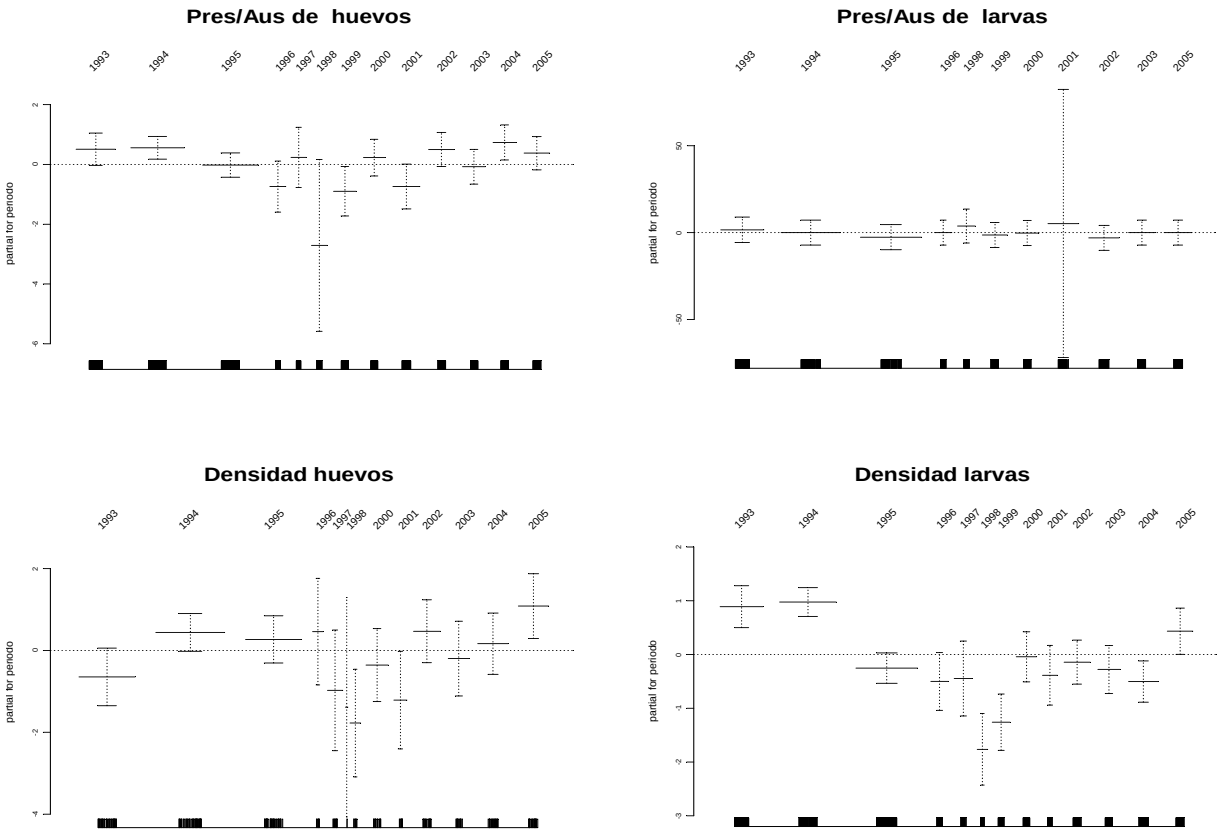



**Figura 120.** Tendencias de los índices por crucero obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2005.

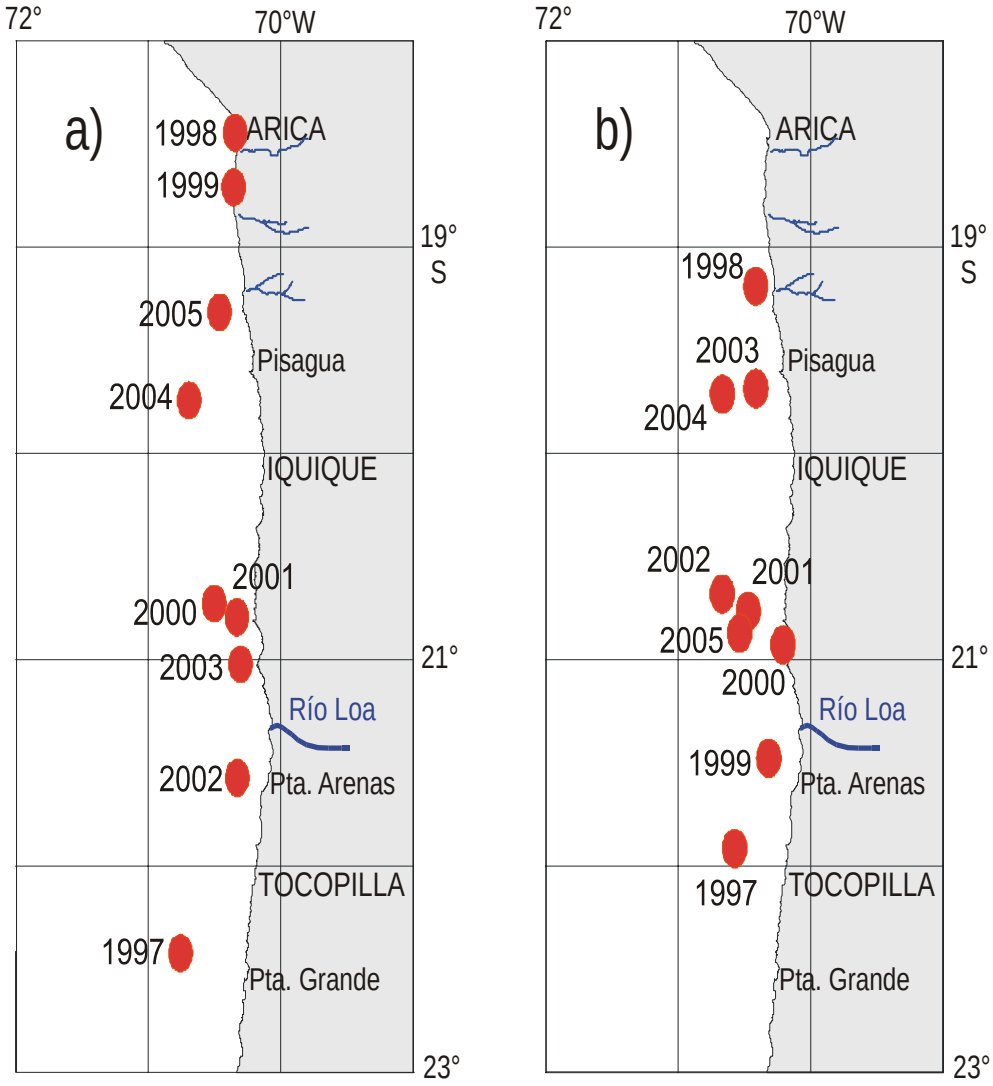



**Figura 121.** Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de: a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Invierno 1997-2005.

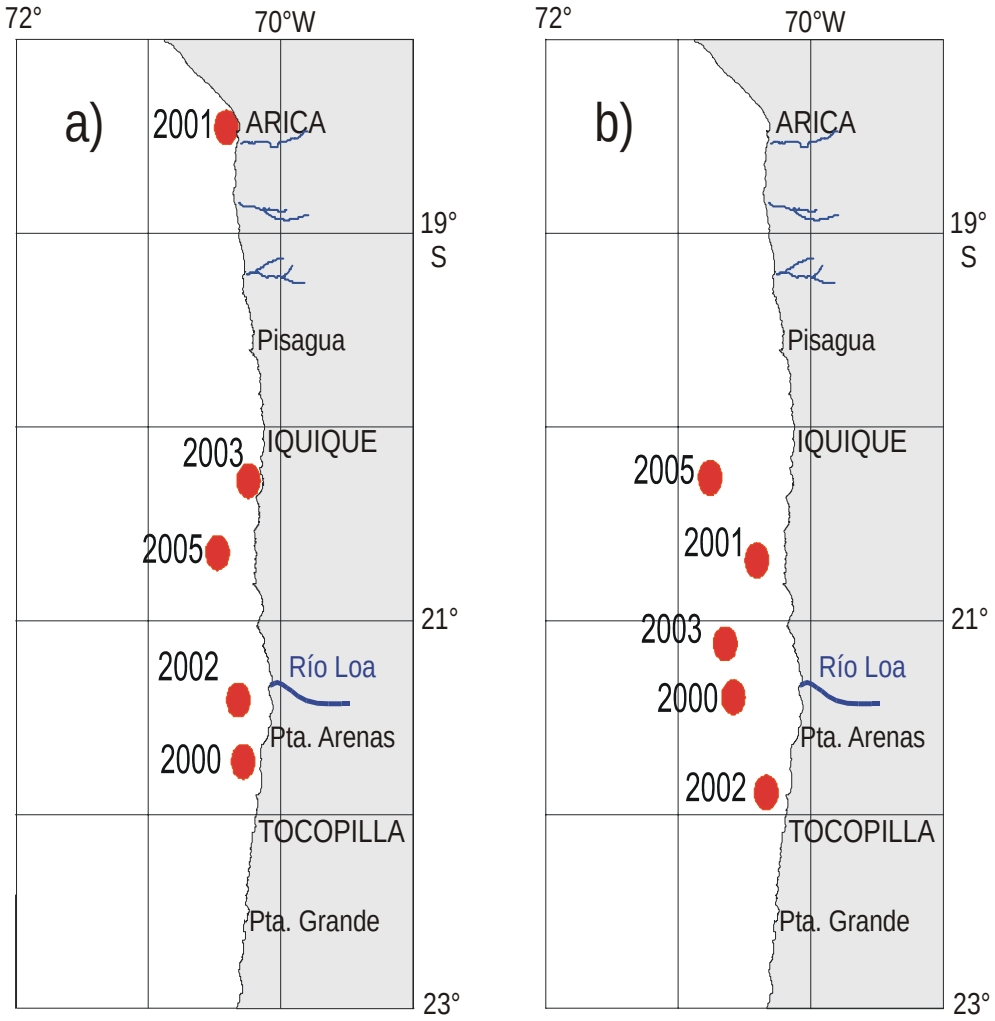



**Figura 122.** Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de: a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Primavera 2000-2005.

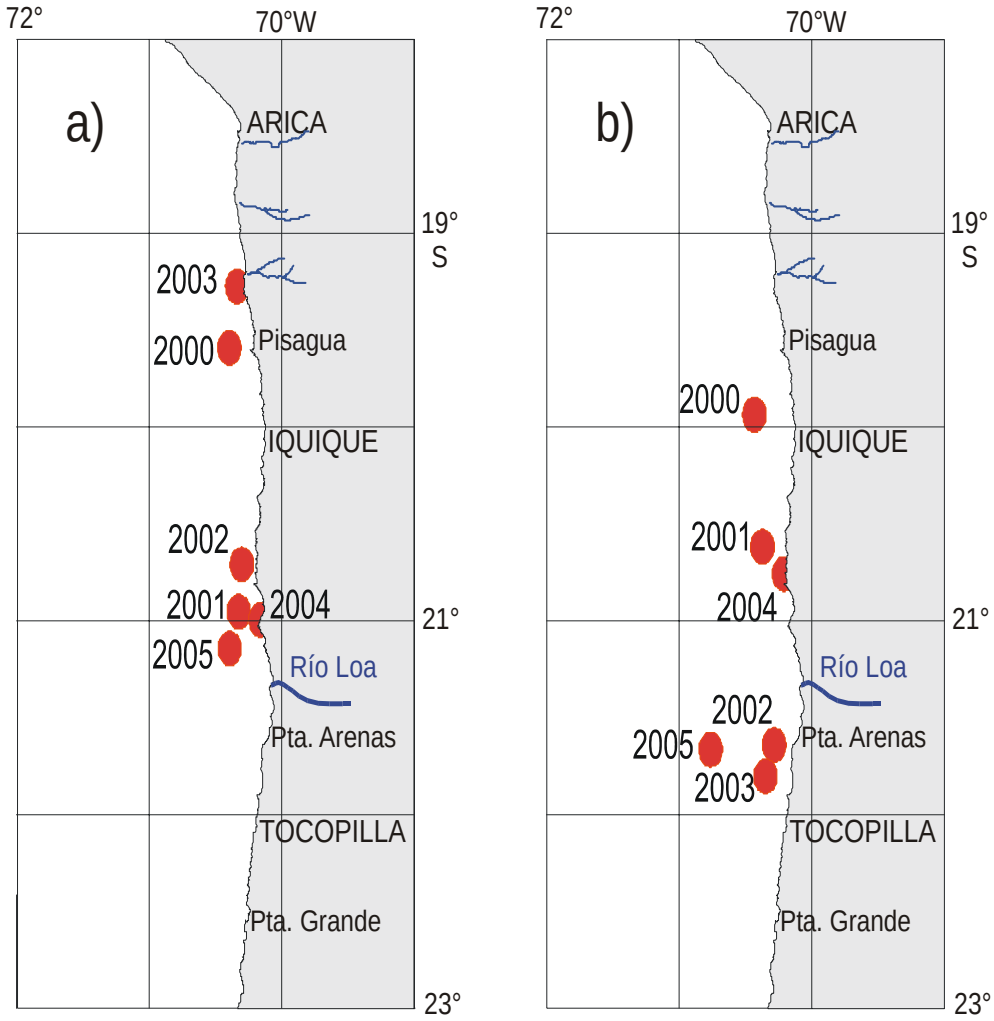



**Figura123.** Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de: a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Verano 2000-2005.

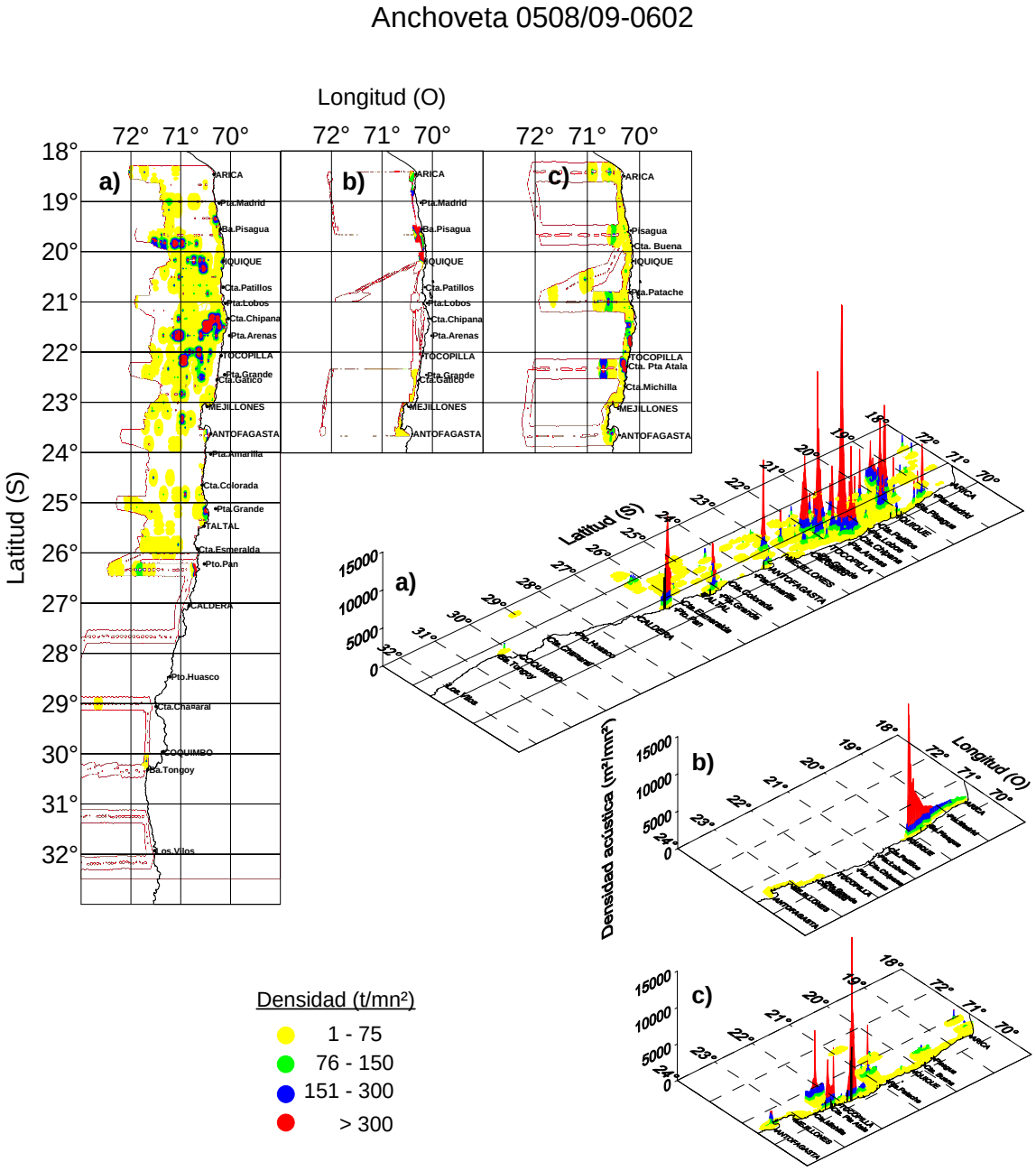



**Figura 124.** Distribución espacial de anchoveta, cruceros Mobio a)0508/09; b)0512 y c)0602.

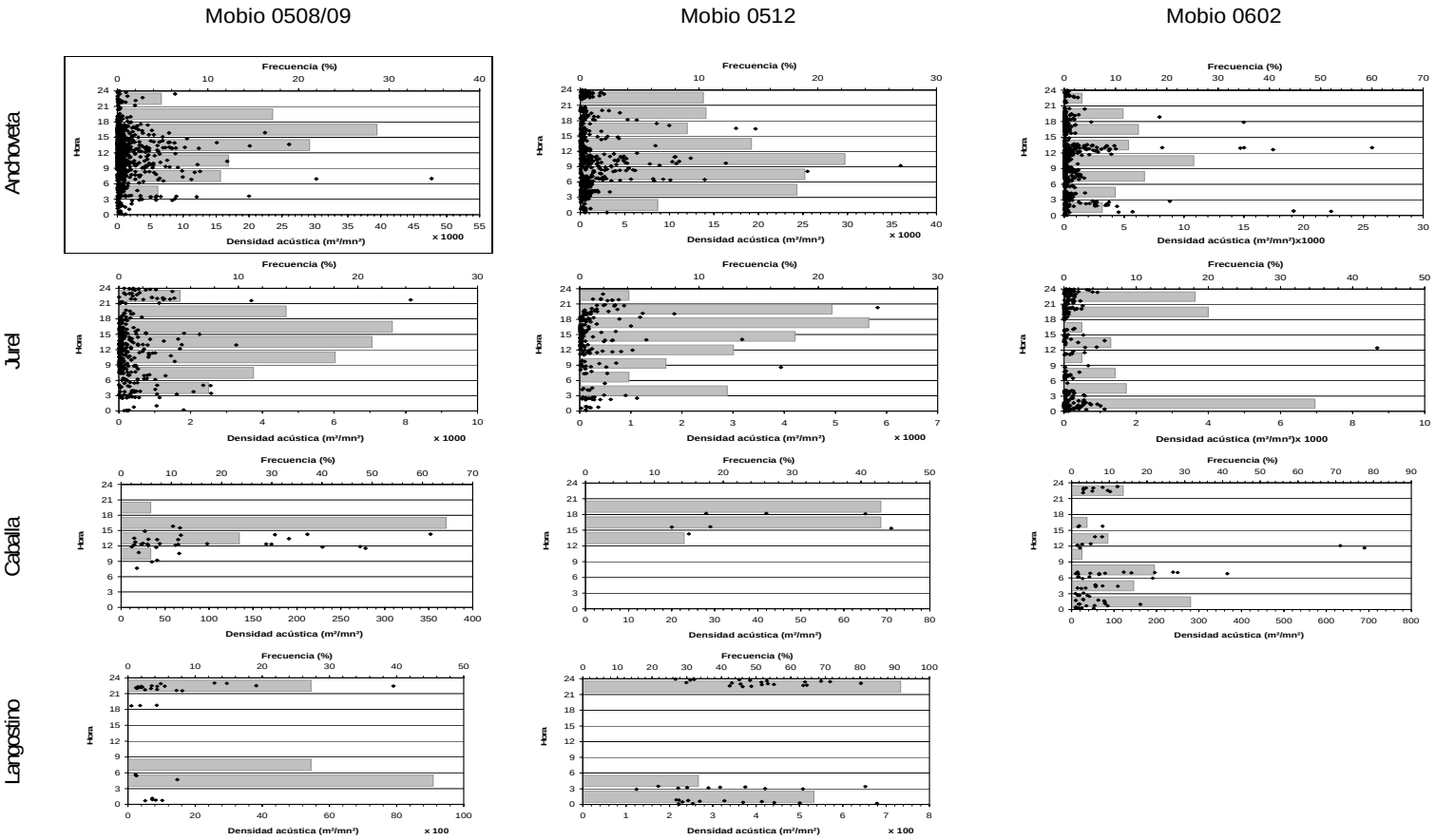



**Figura 125.** Distribución de la densidad acústica – Sa ($m^2/mn^2$) respecto a la hora por especie en los cruceros Mobio 0508/09, 0512 y 0602.

Jurel 0508/09-0512-0602

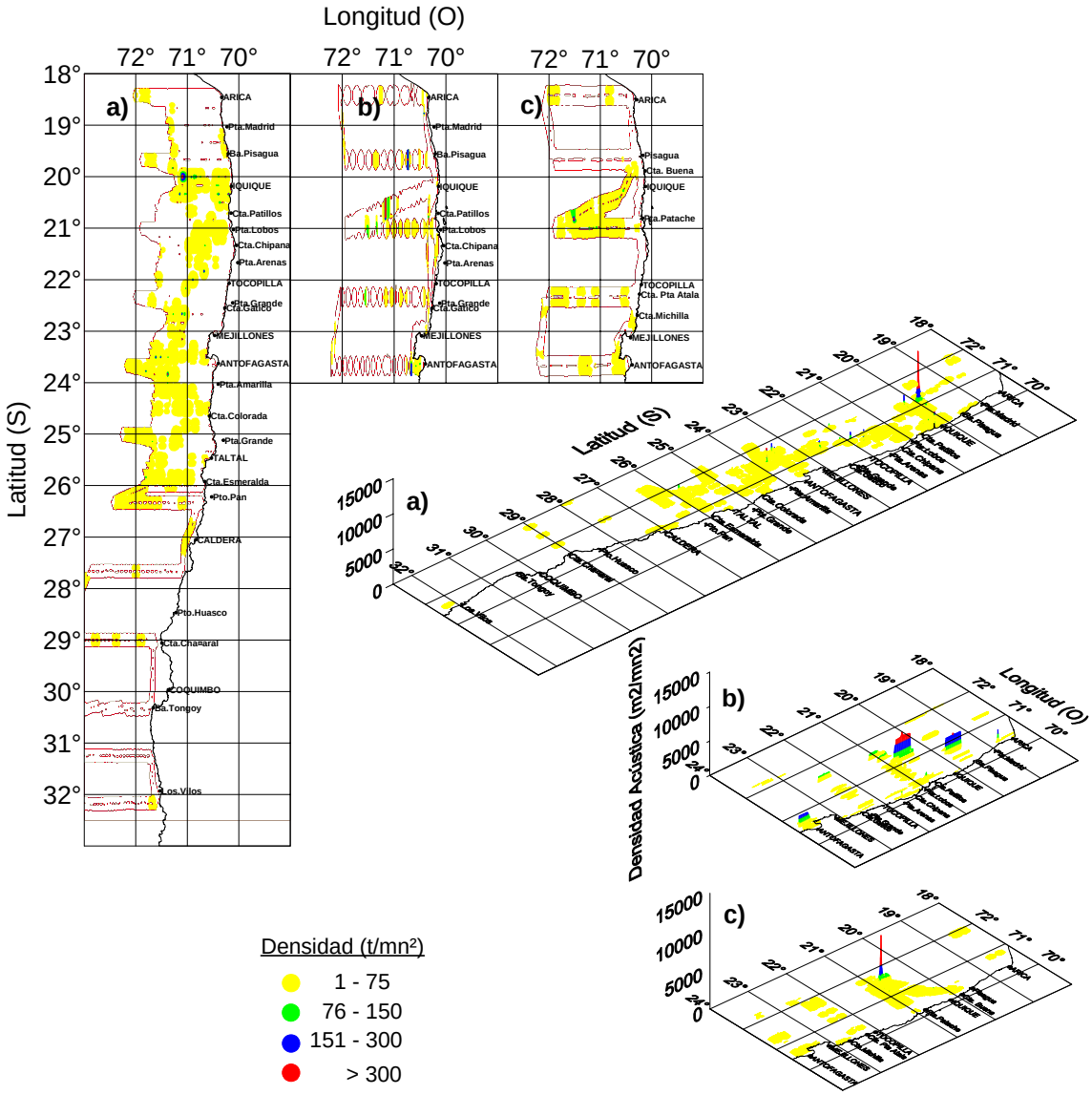



**Figura 126.** Distribución espacial de jurel, cruceros Mobio a)0508/09; b)0512; c)0602.

Caballa 0508/09-0512-0602

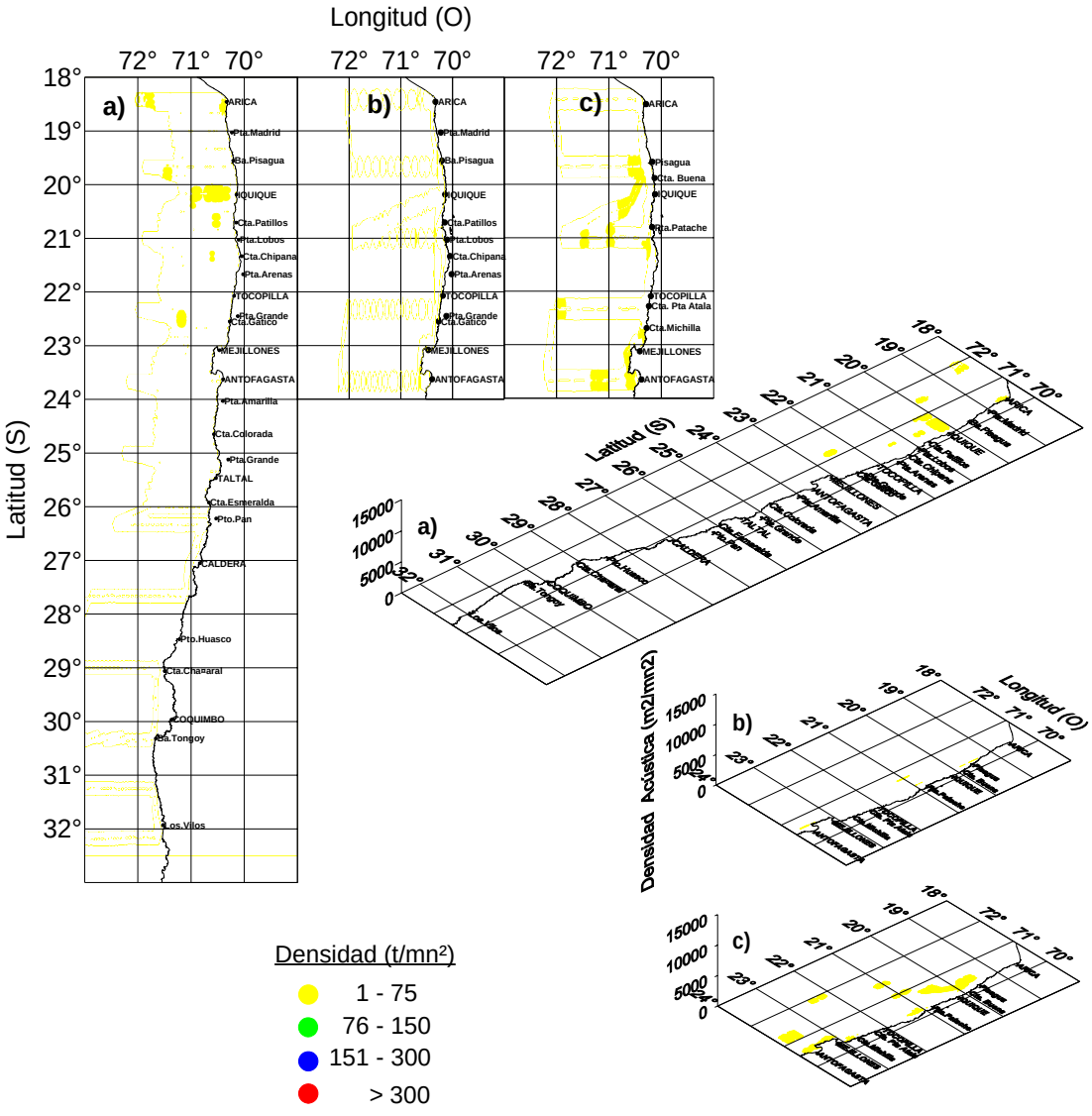



**Figura 127.** Distribución espacial de caballa, cruceros Mobio a)0508/09; b)0512; c)0602.

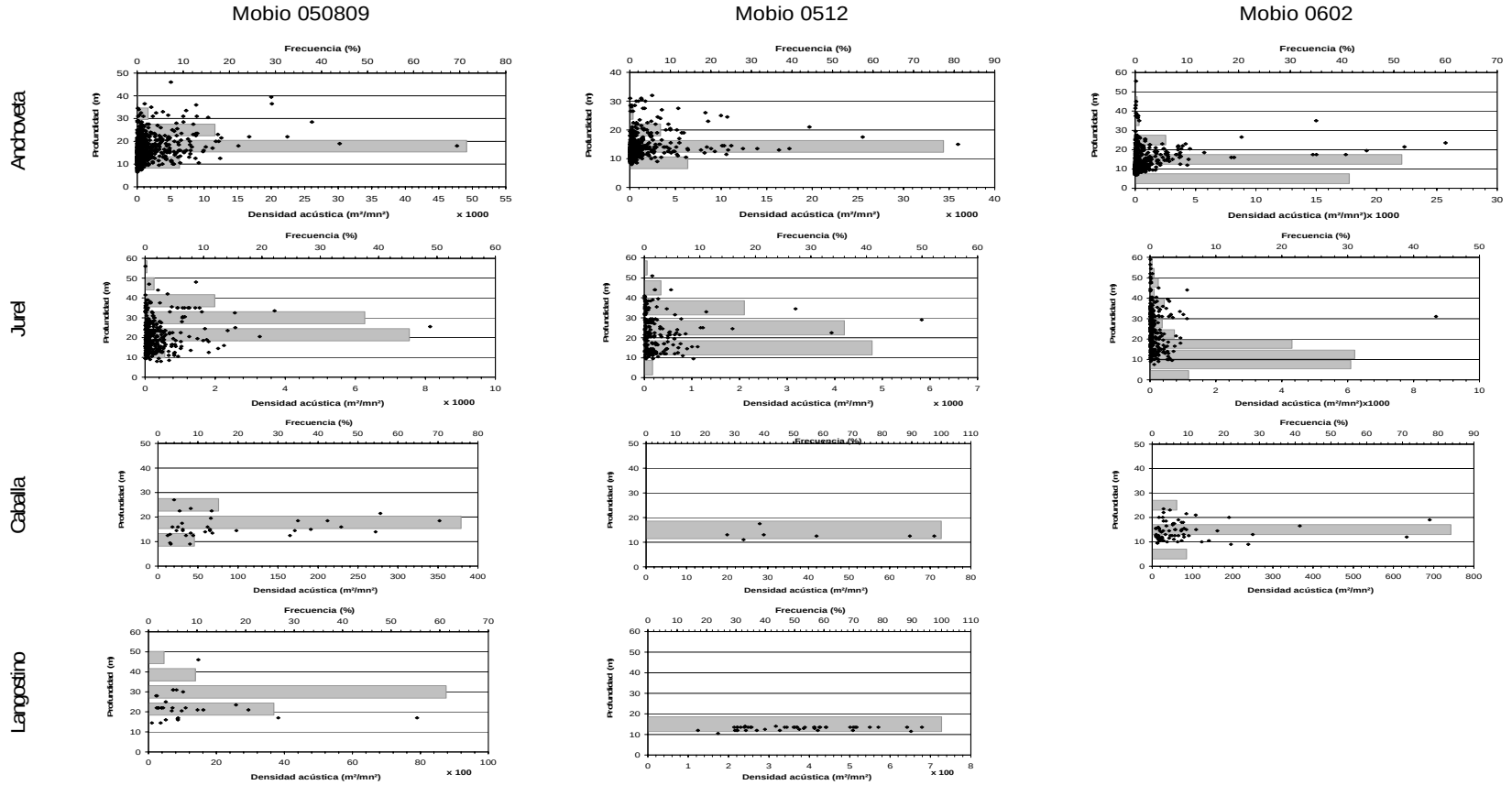



**Figura 128.** Distribución de la densidad acústica – Sa ($m^2/mn^2$) respecto a la profundidad (psu) por especie en los cruceros Mobio 0508/09, 0512 y 0602.

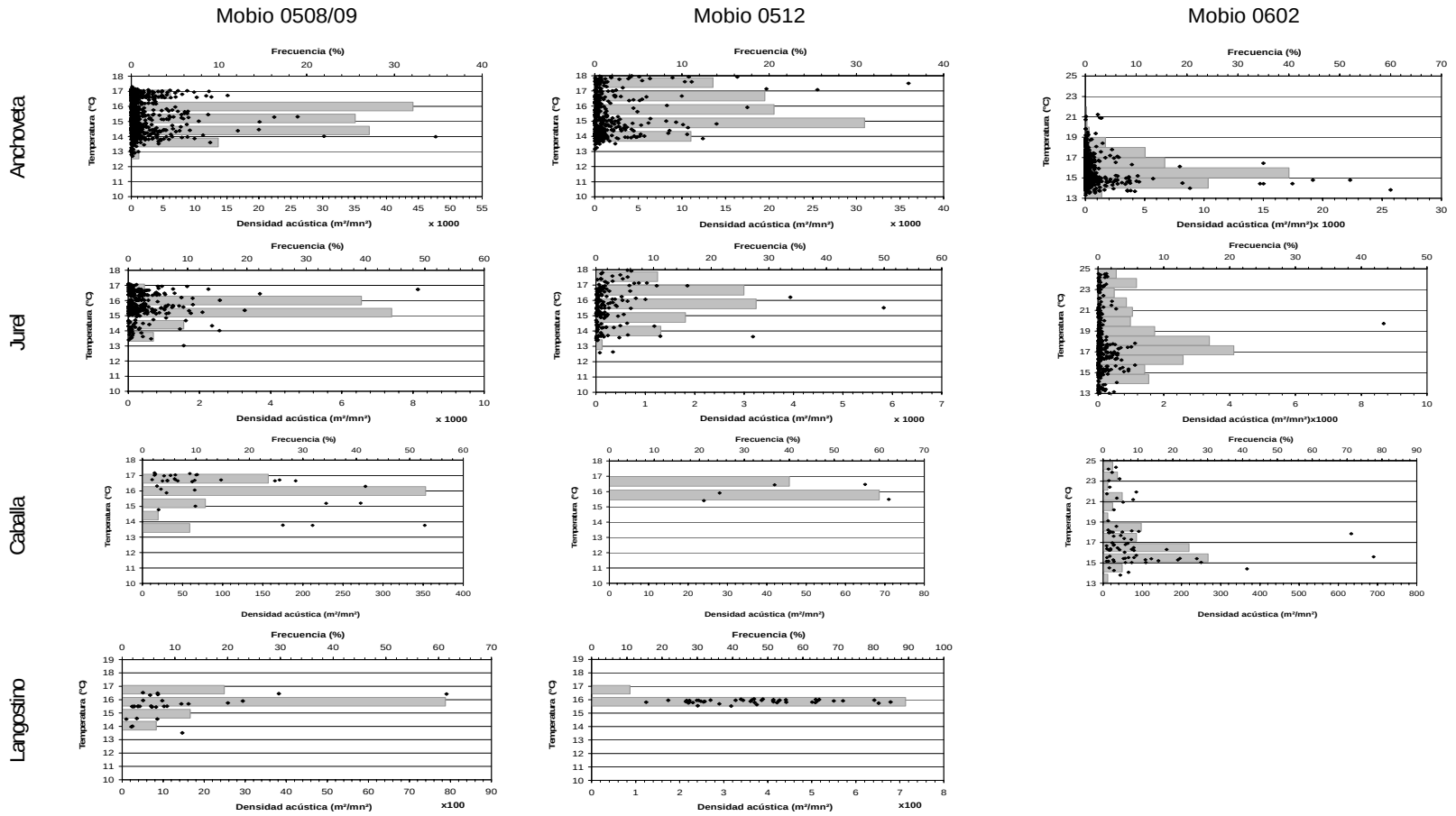



**Figura 129.** Distribución de la densidad acústica – Sa ($m^2/mn^2$) respecto a la temperatura (°C) por especie en los cruceros Mobio 0508/09, 0512 y 0602.

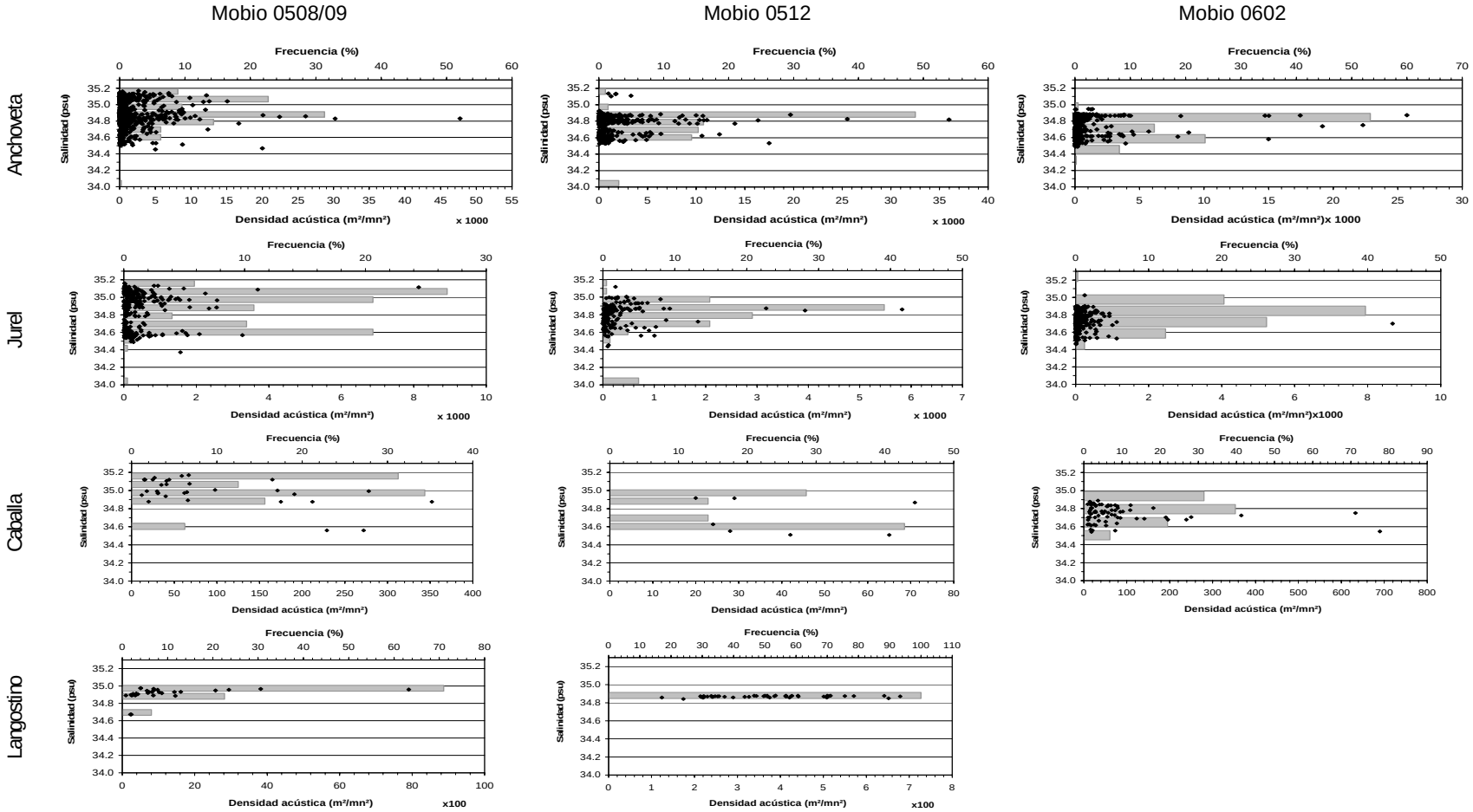



**Figura 130.** Distribución de la densidad acústica – Sa ($m^2/mn^2$) respecto a la salinidad (psu) por especie en los cruceros Mobio 0508/09, 0512 y 0602.

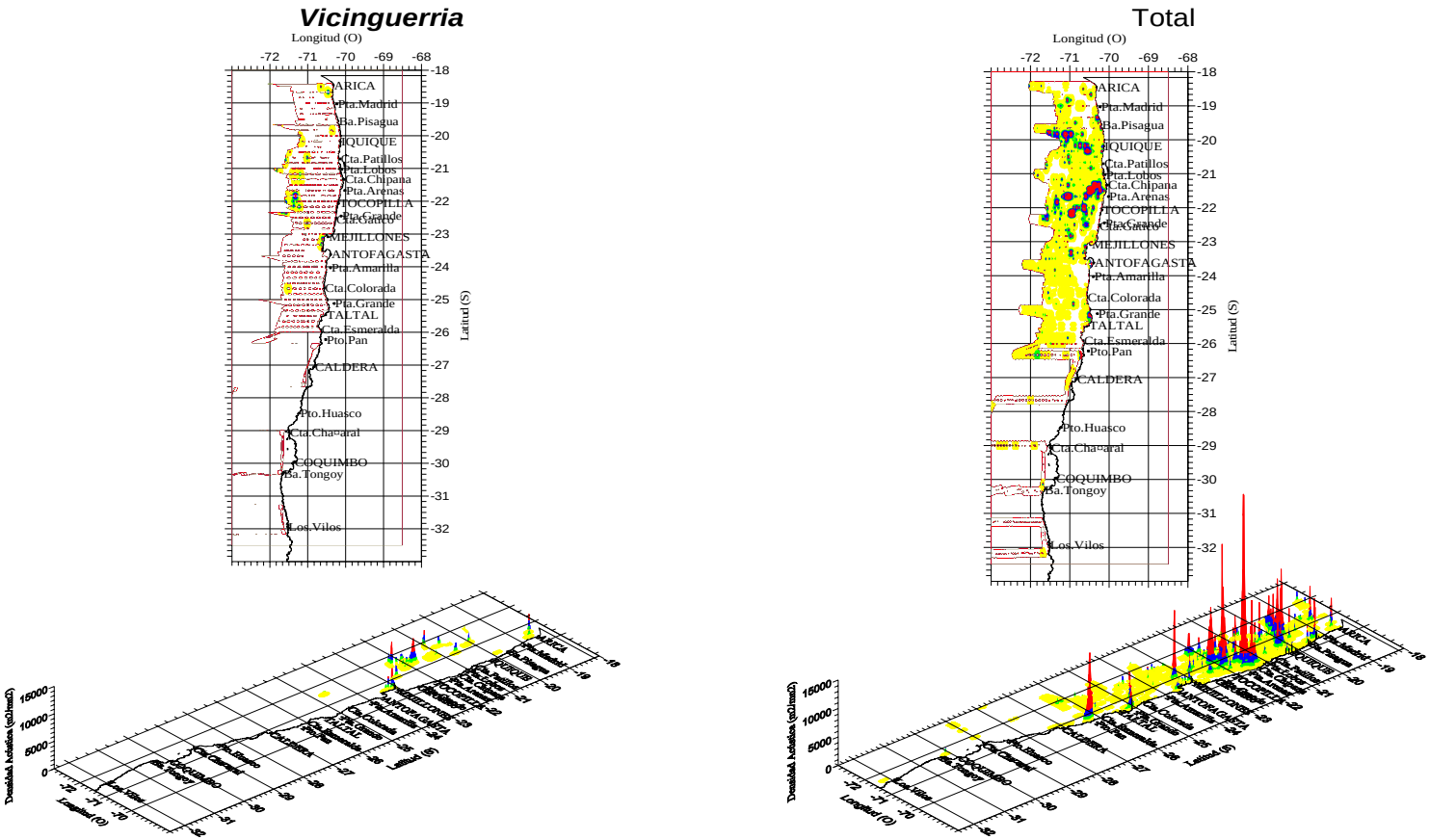



**Figura 131.** Distribución espacial de ***Vicinguerria*** y Total de especies durante el invierno de 2005, en la zona Arica - Pichidangui. Crucero Mobio 0508/09.

Langostino Mobio 0508/09-0512

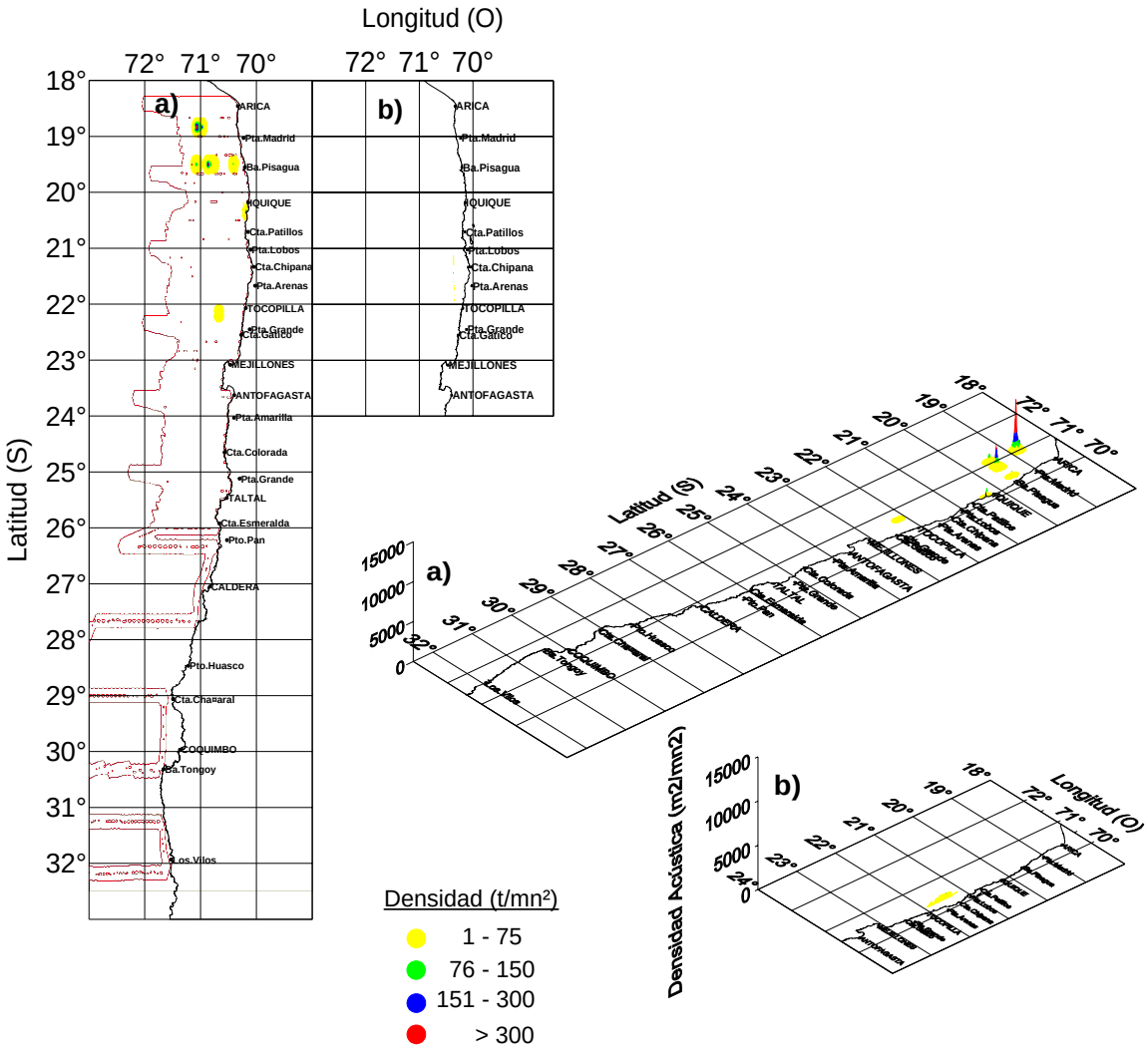



**Figura 132** Distribución espacial de langostino, cruceros Mobio a)0508/09 y b) 0512.

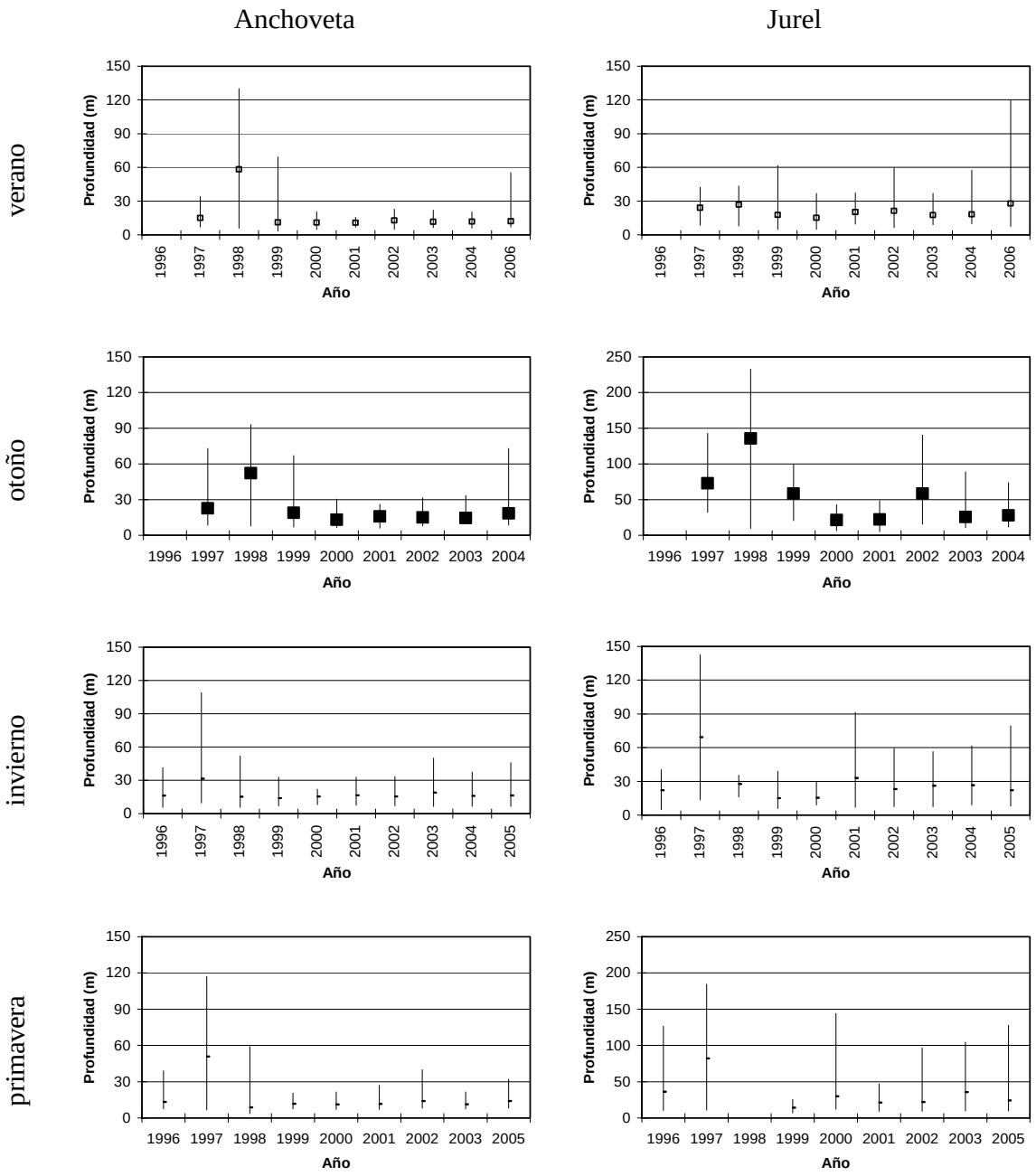



**Figura 133.** Máximos y mínimos de las profundidades en que se han distribuido históricamente la anchoveta y el jurel

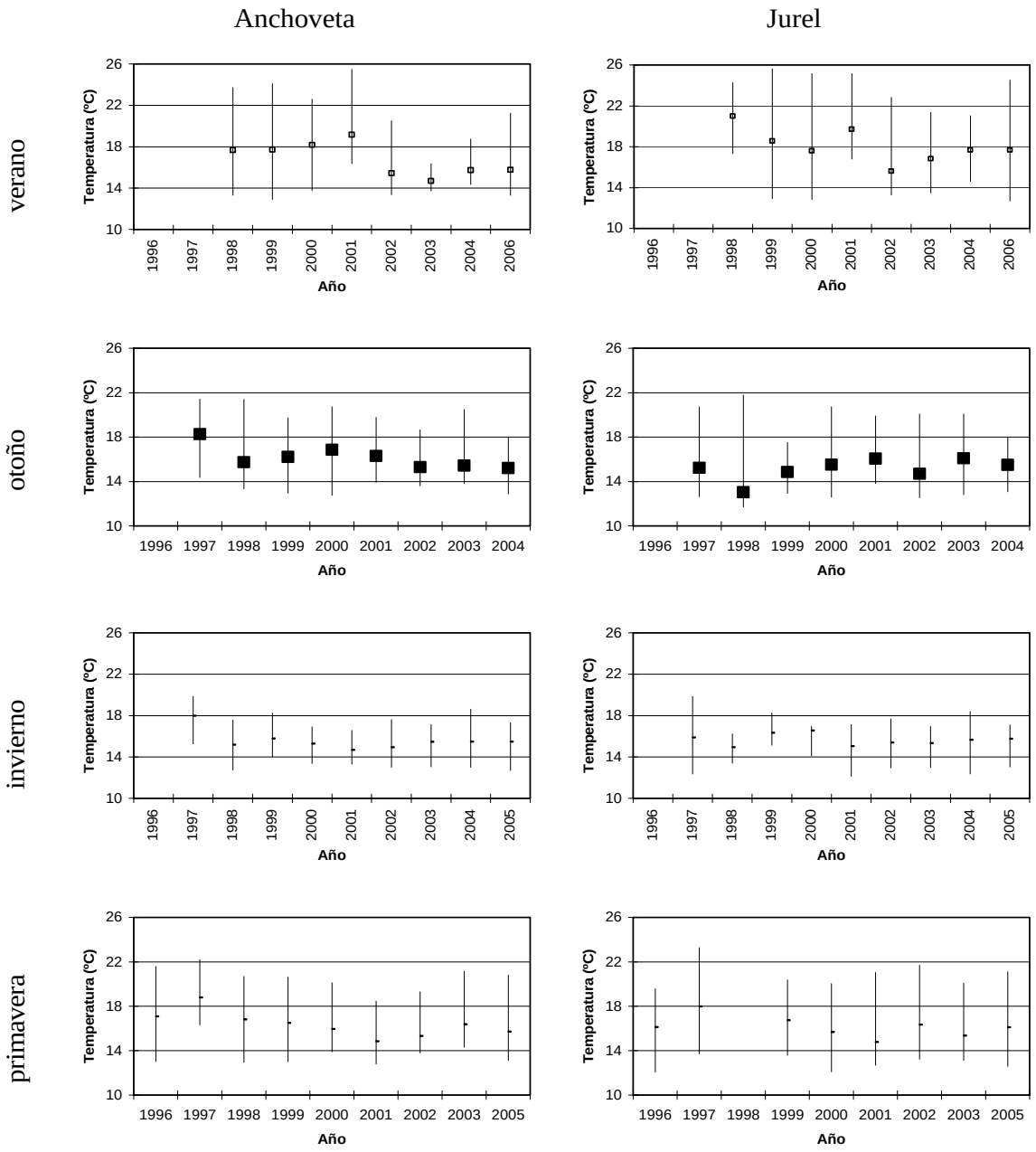



**Figura 134.** Máximos y mínimos de las temperaturas en que se han distribuido históricamente la anchoveta y el jurel

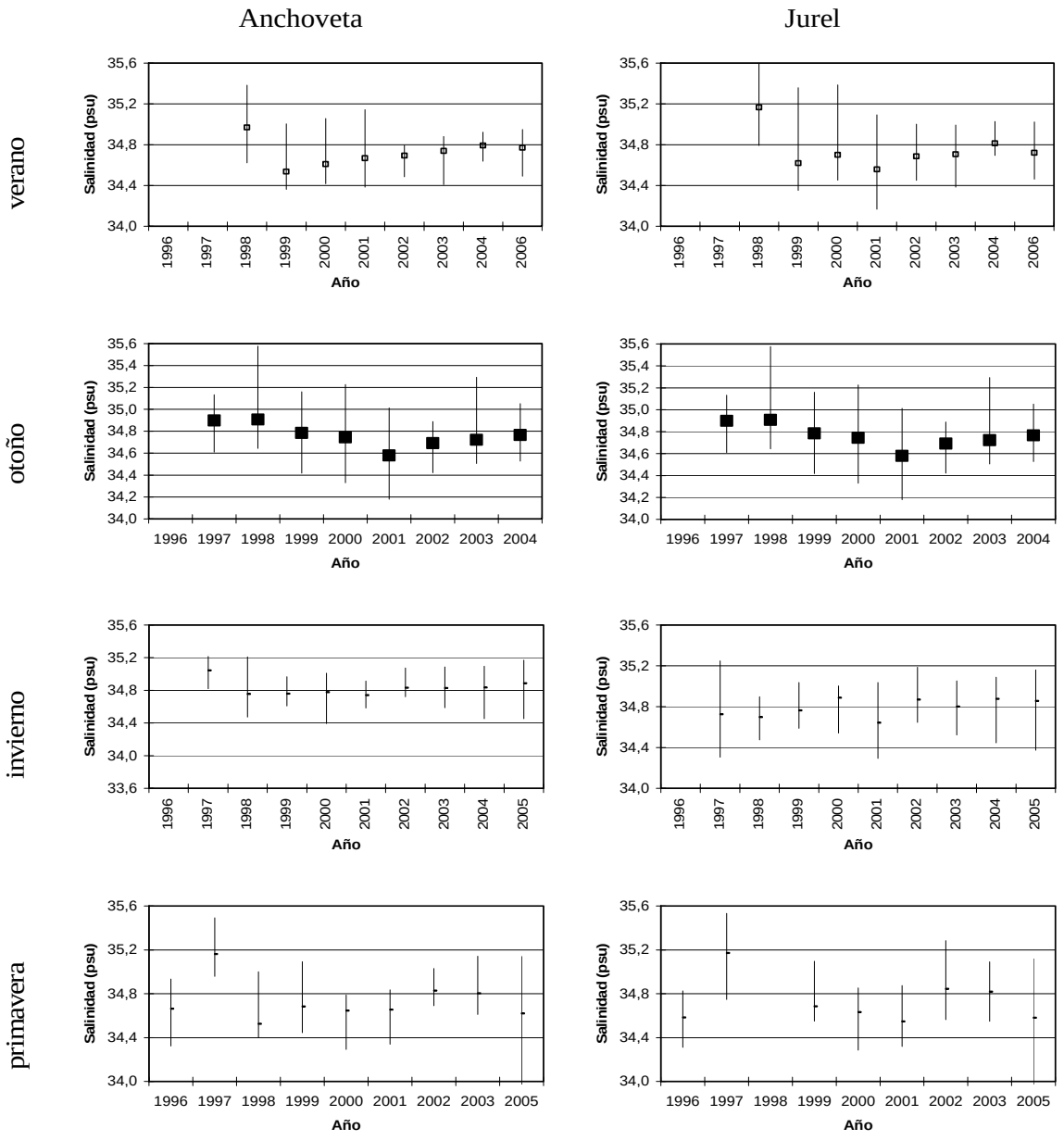



**Figura 135.** Máximos y mínimos de las salinidades en que se han distribuido históricamente la anchoveta y el jurel

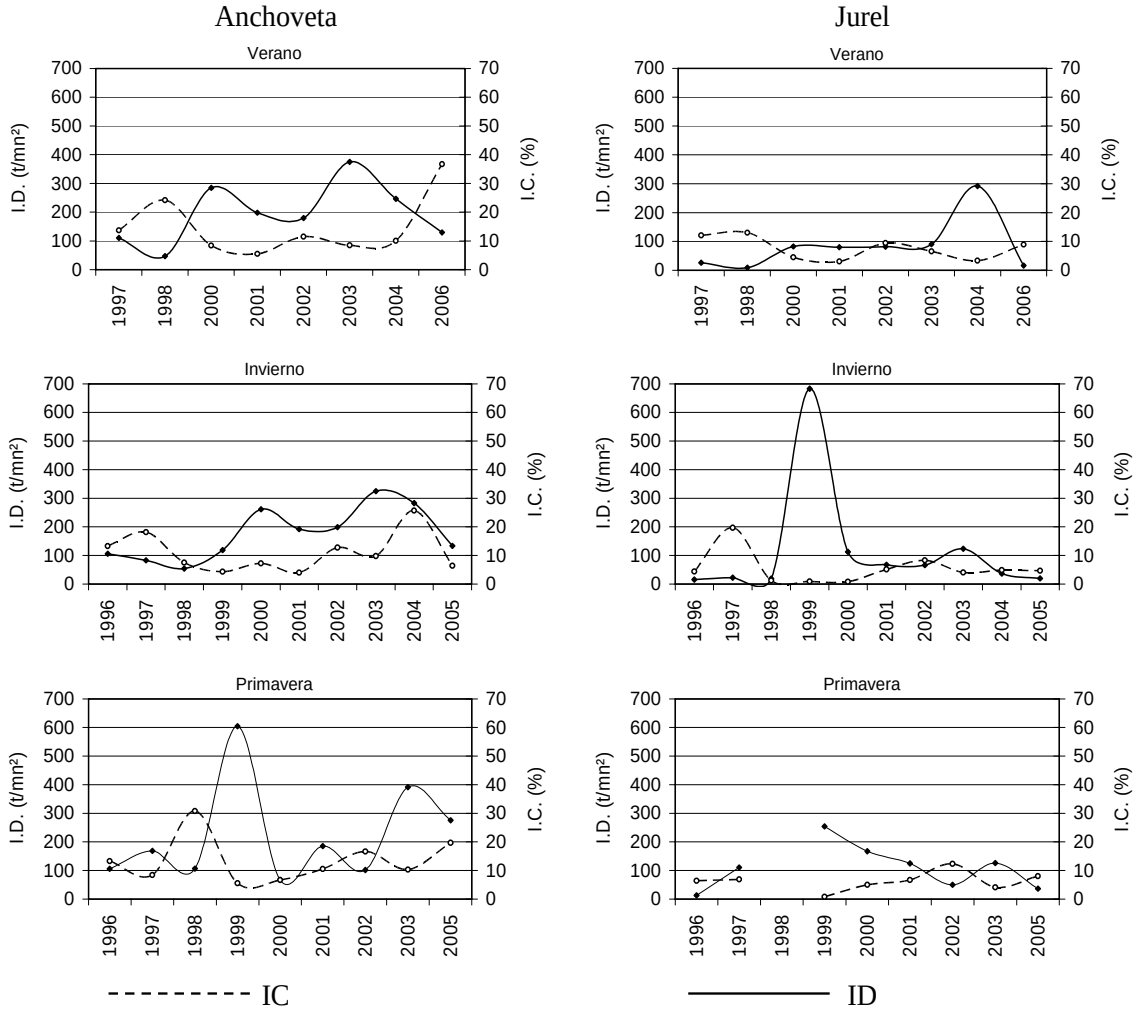



**Figura 136.** Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) estacionales de anchoveta y jurel.

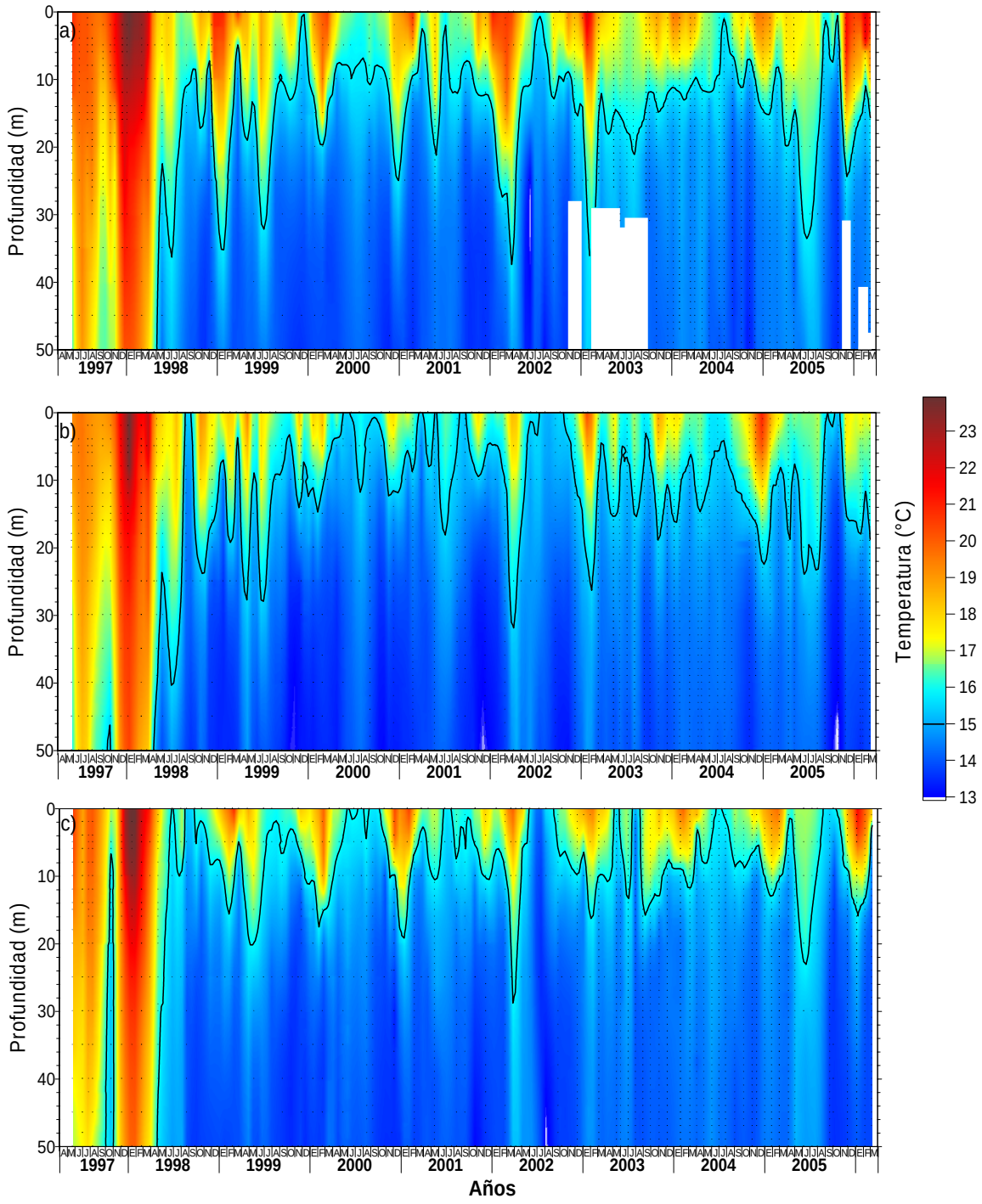



**Figura 137.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de temperatura (°C) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones en el período mayo de 1997 a marzo de 2006.

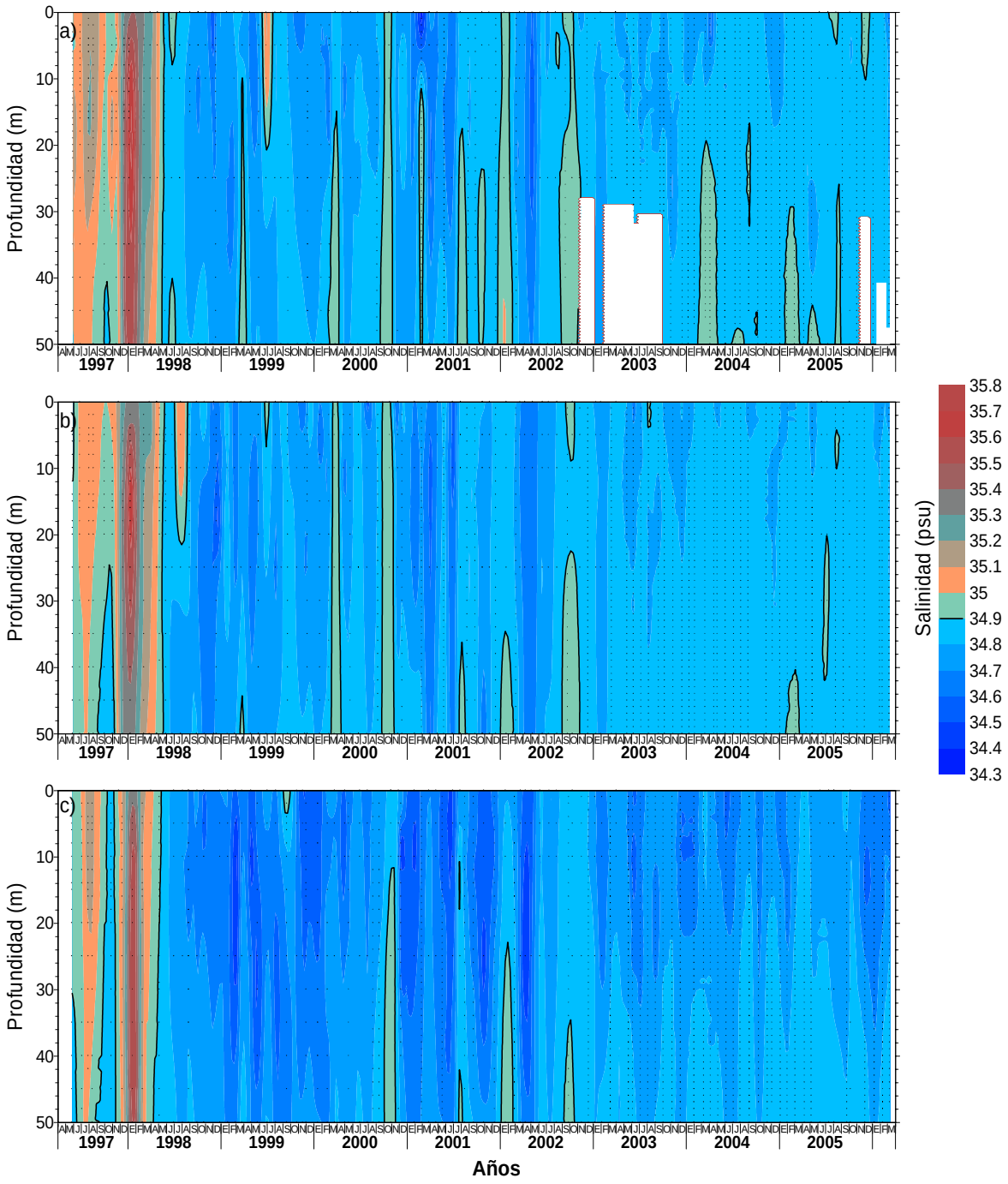



**Figura 138.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de salinidad (psu) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones en el período mayo de 1997 a marzo de 2006.

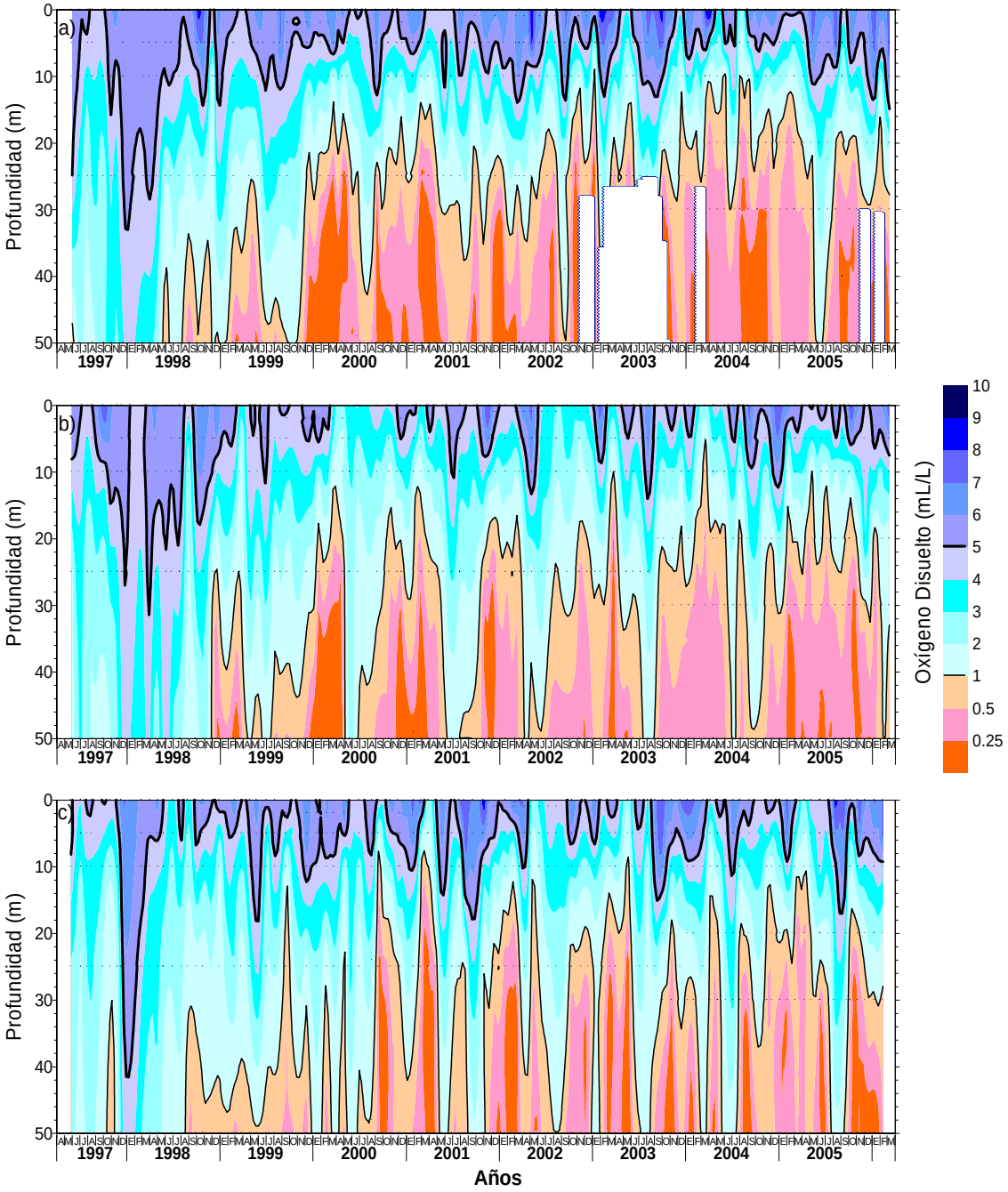



**Figura 139.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones en el período mayo de 1997 a marzo de 2006.

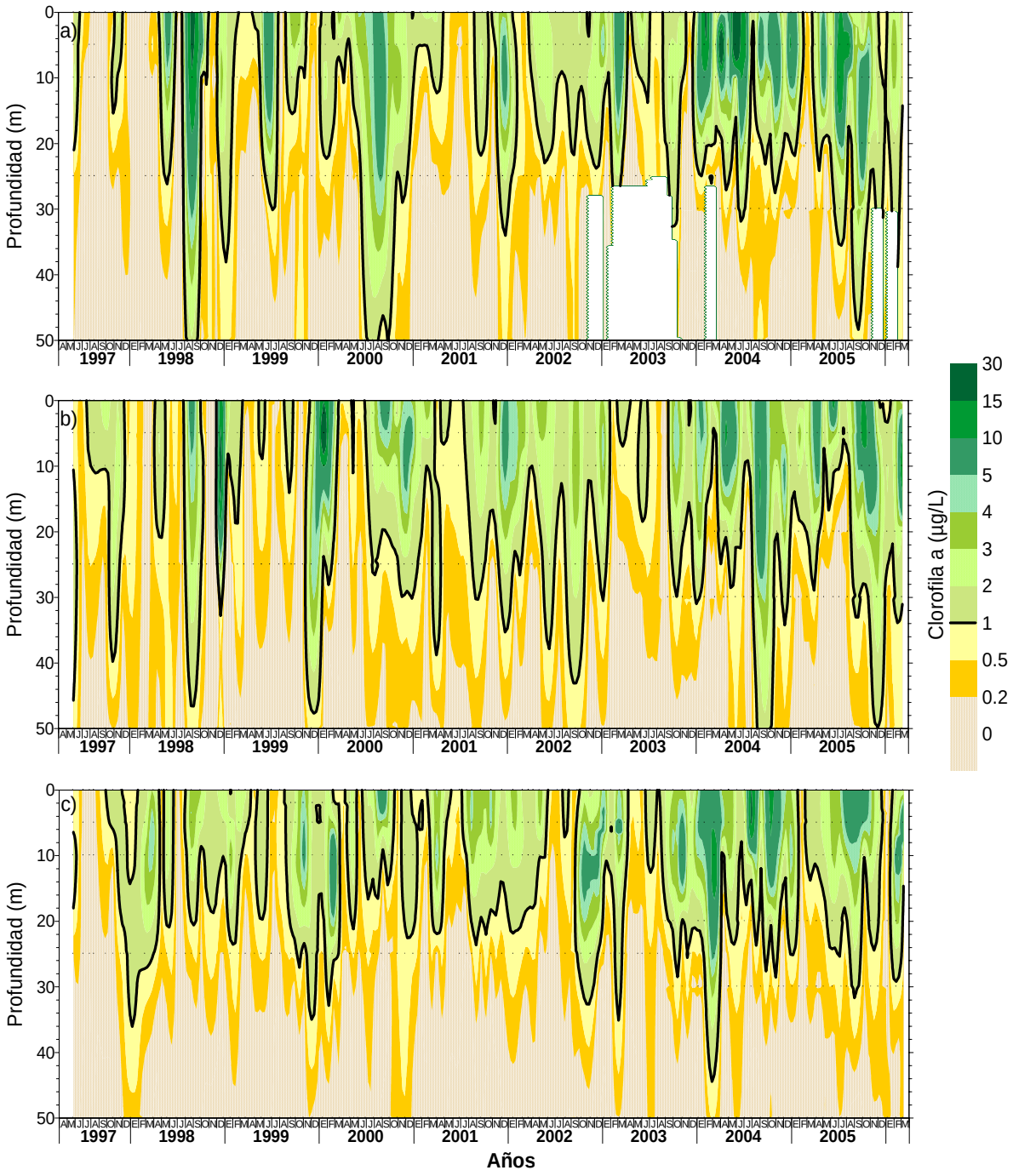
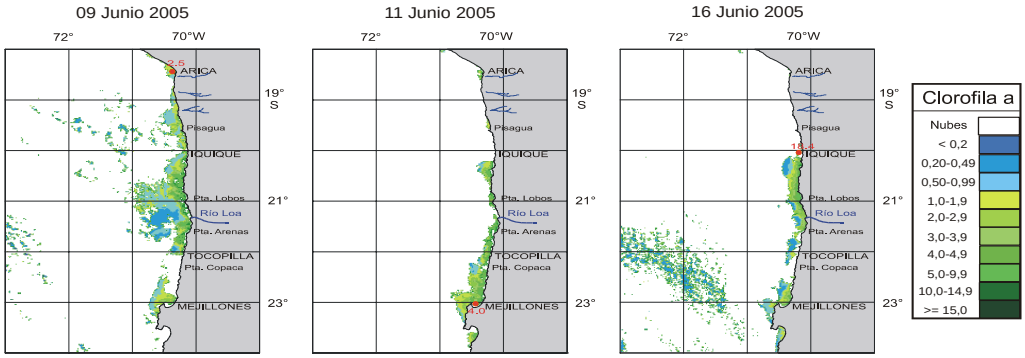
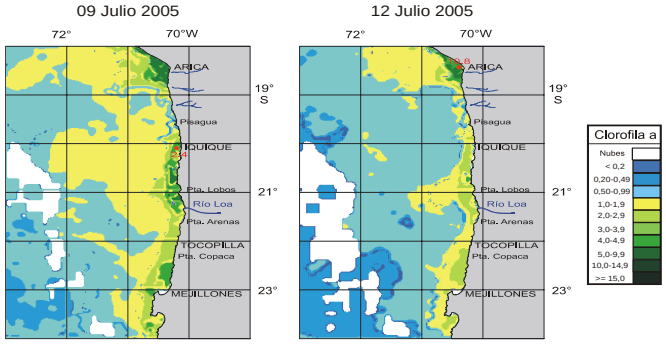



**Figura 140.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila a (µg/L) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones en el período mayo de 1997 a marzo de 2006.

**a)**




**b)**




**c)**

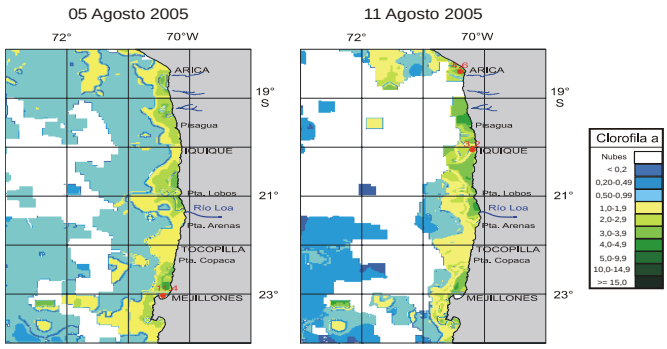



**Figura 141.** Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días a) 9, 11 y 16 de junio, b) 9 y 12 de julio y c) 5 y 11 de agosto. El punto rojo indica la estación de monitoreo realizada en la fecha o próxima a la de la imagen satelital.

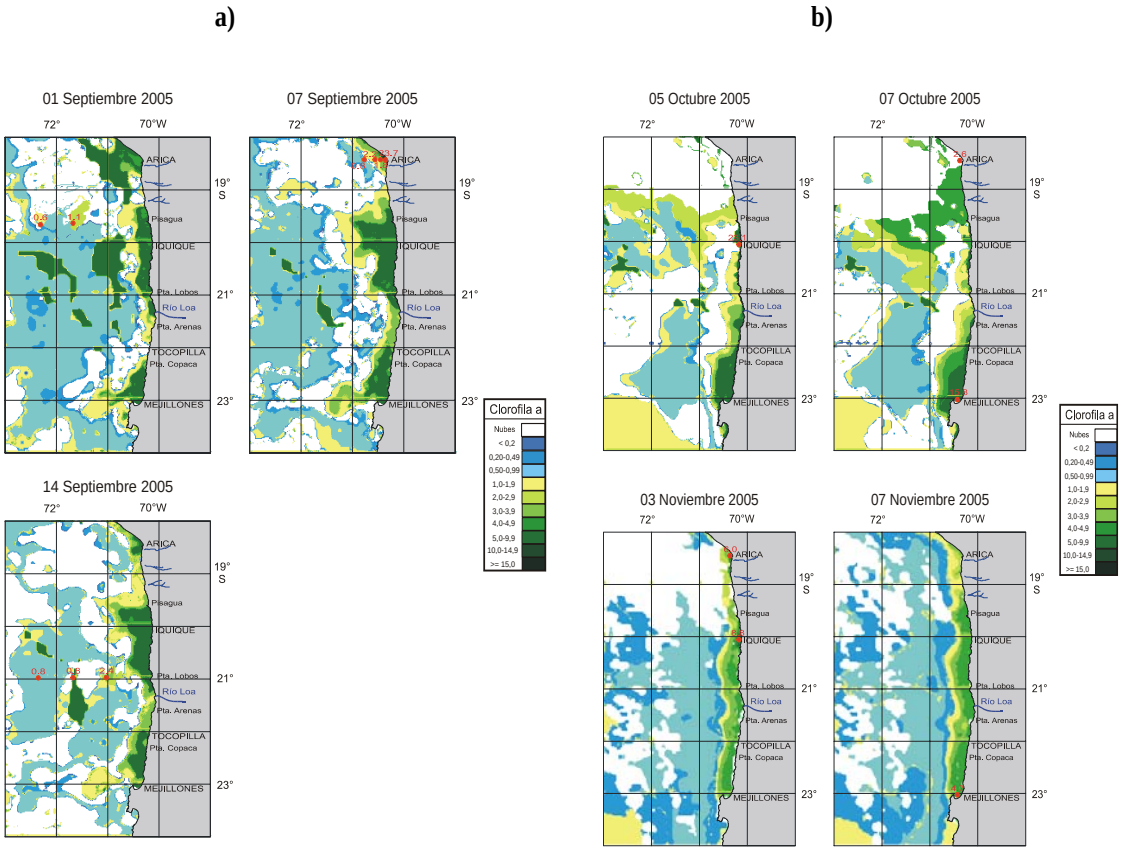



**Figura 142.** Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días a) 1, 7 y 14 de septiembre y b) 5 y 7 de octubre y 3 y 7 de noviembre. El punto rojo indica la estación de monitoreo realizada en la fecha o próxima a la de la imagen satelital.

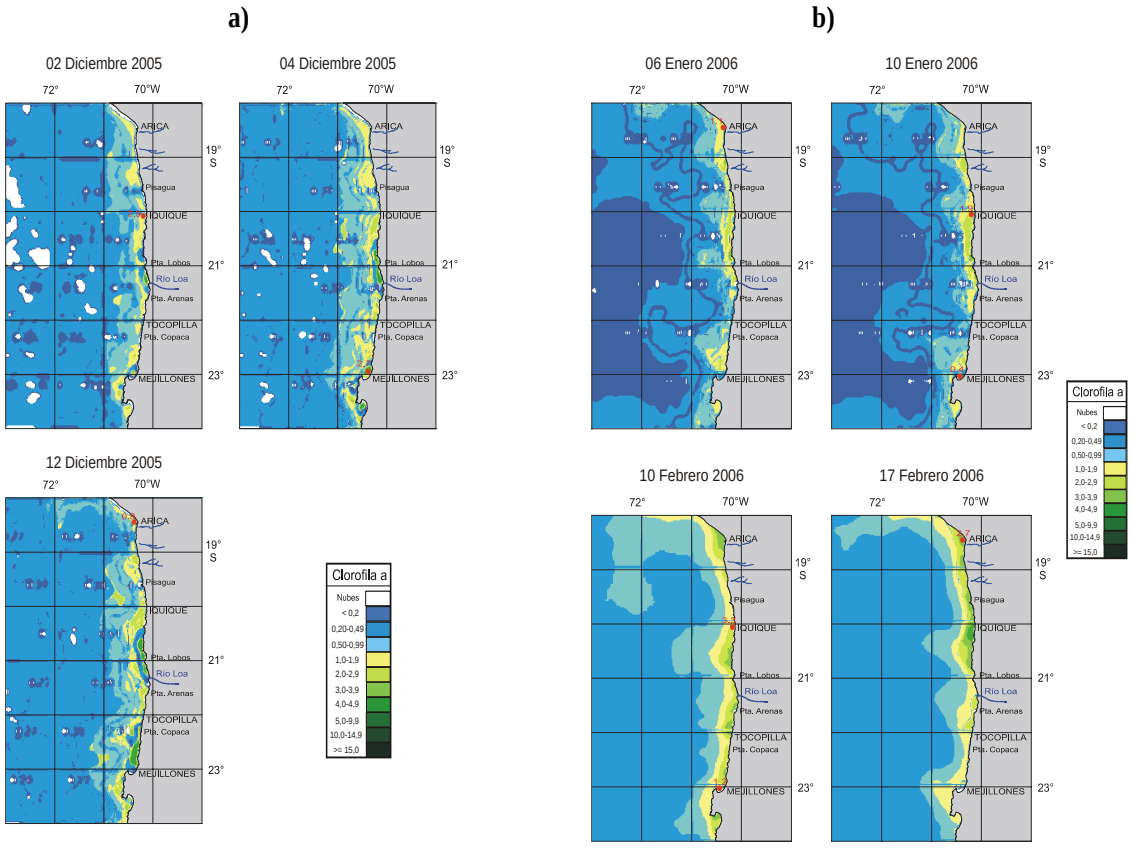



**Figura 143.** Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días a) 2, 4 y 12 de diciembre y b) 6 y 10 de enero y 10 y 17 de febrero. El punto rojo indica la estación de monitoreo realizada en la fecha o próxima a la de la imagen satelital.

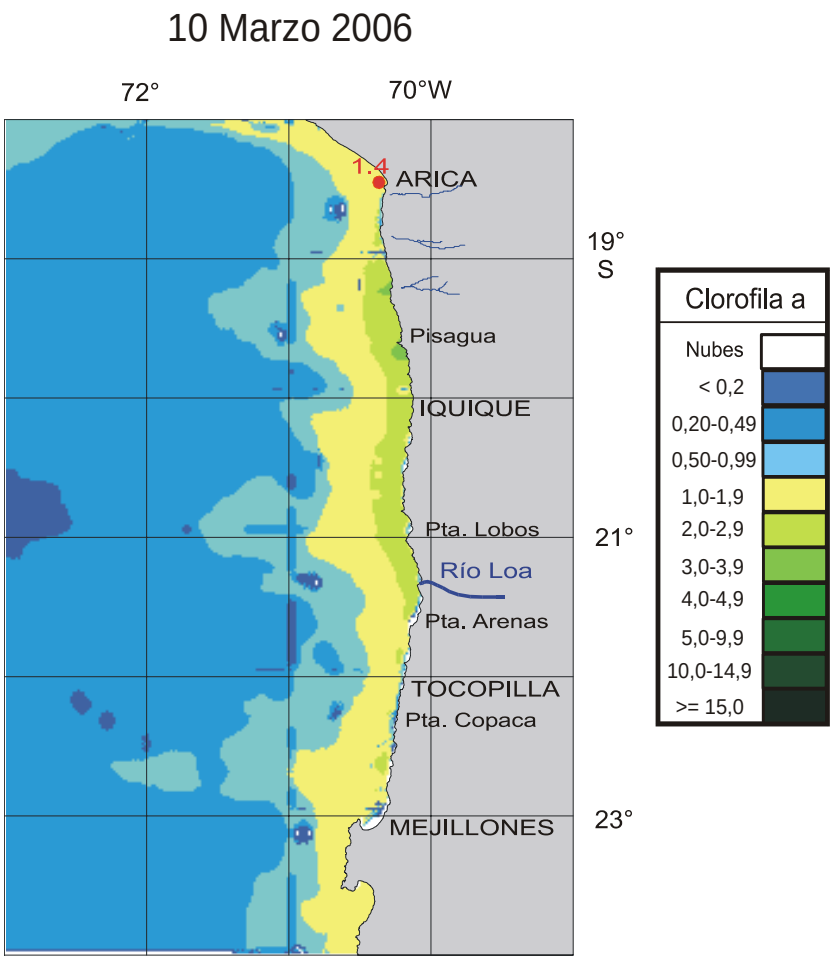



**Figura 144.** Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente al día 10 de marzo. El punto rojo indica la estación de monitoreo realizada en la fecha o próxima a la de la imagen satelital.

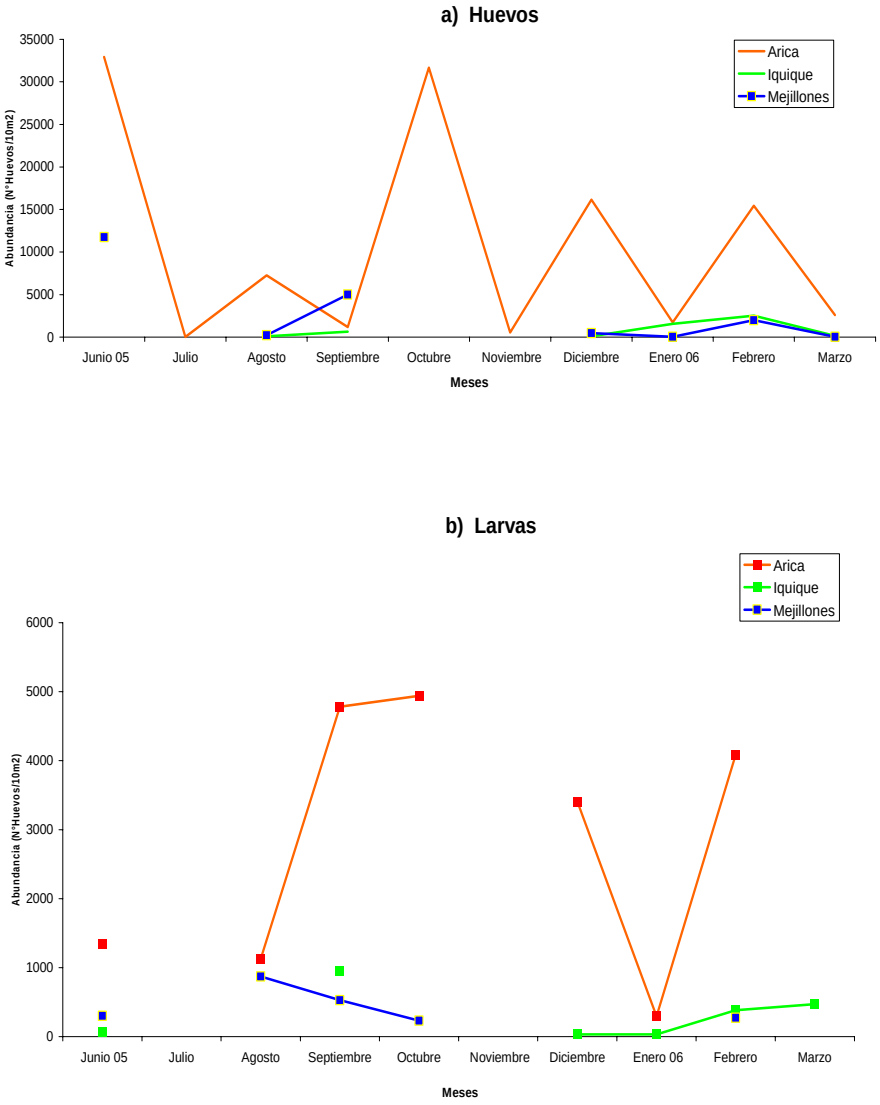



**Figura 145.** Abundancia mensual de huevos a) y larvas b) de anchoveta en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio 2005 – marzo 2006

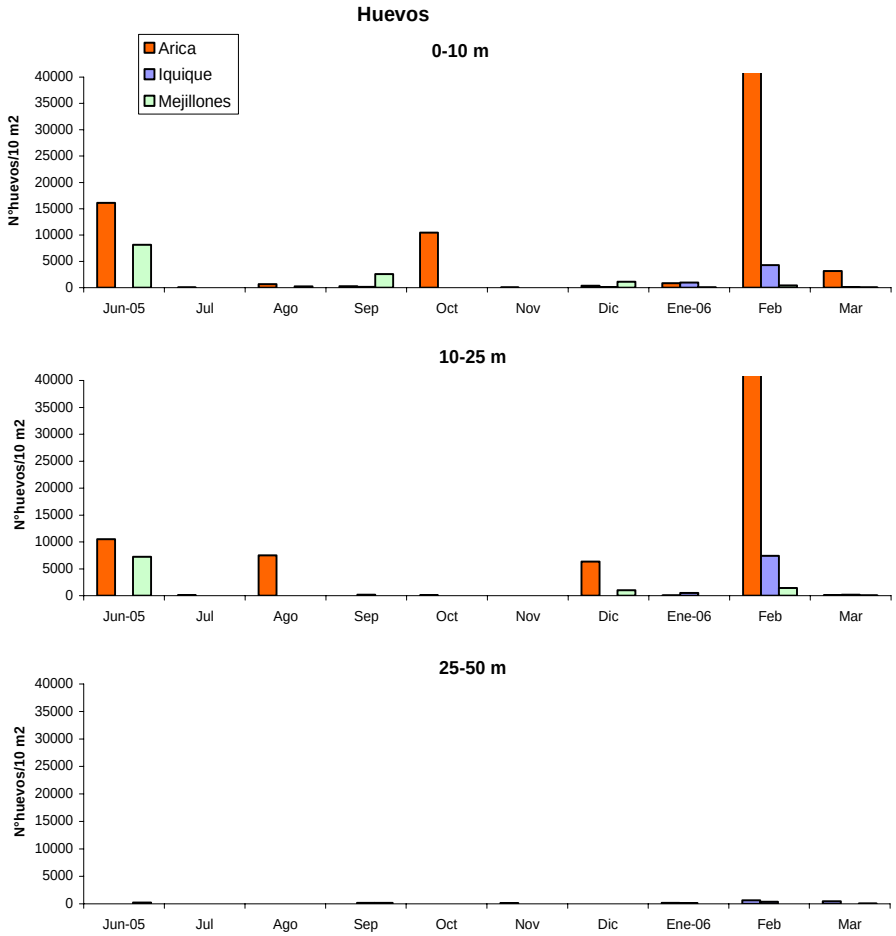



**Figura 146.** Abundancia de huevos de anchoveta en diferentes profundidades de las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio 2005 - marzo 2006.

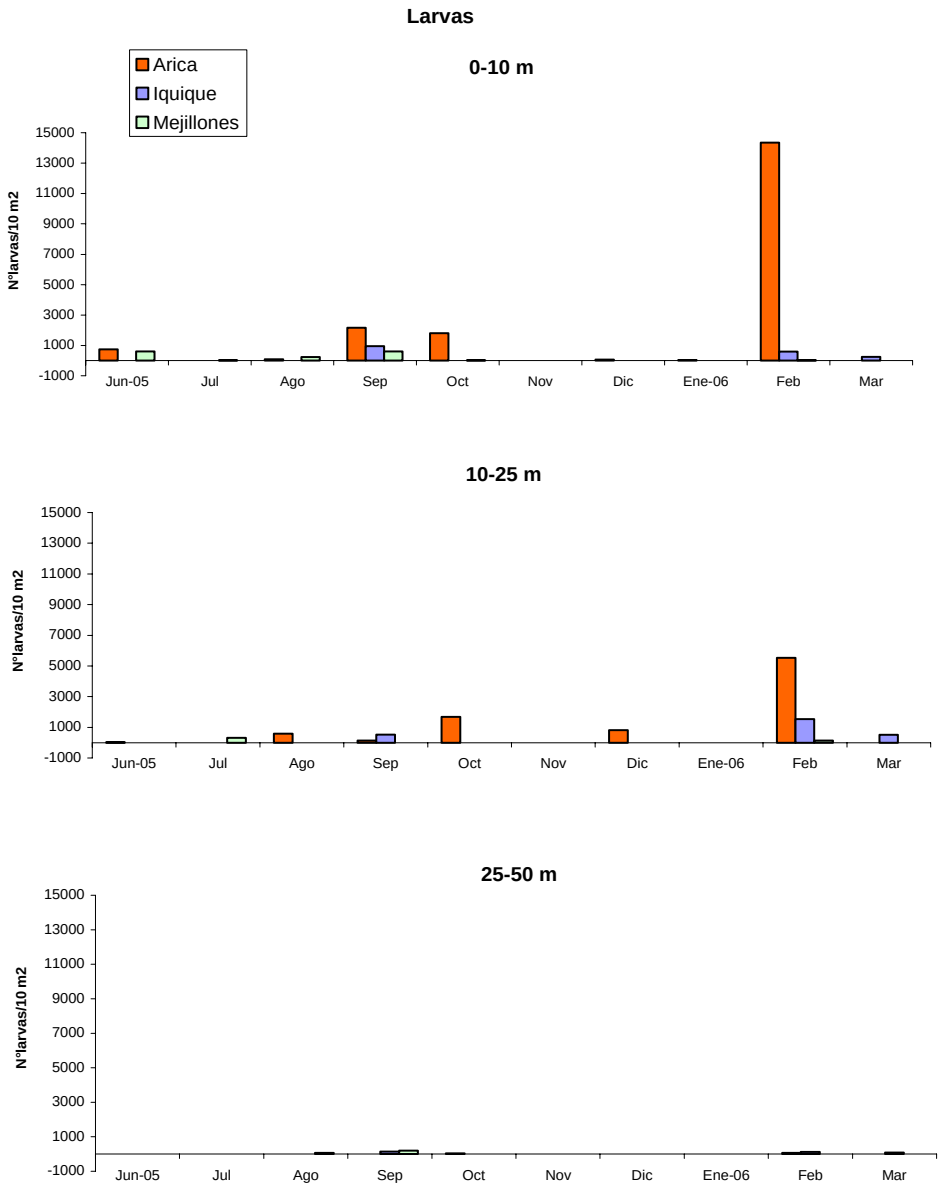



**Figura 147.** Abundancia de larvas de anchoveta en diferentes profundidades de las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio 2005 - marzo 2006.

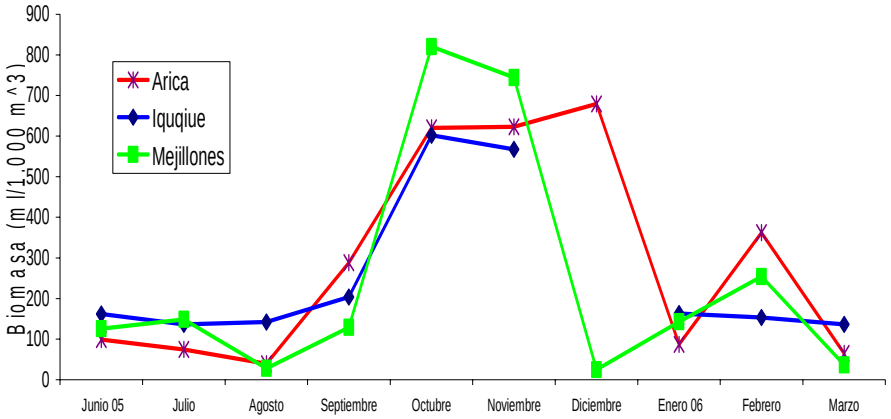



**Figura 148.** Variabilidad mensual de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio de 2005 a marzo de 2006.

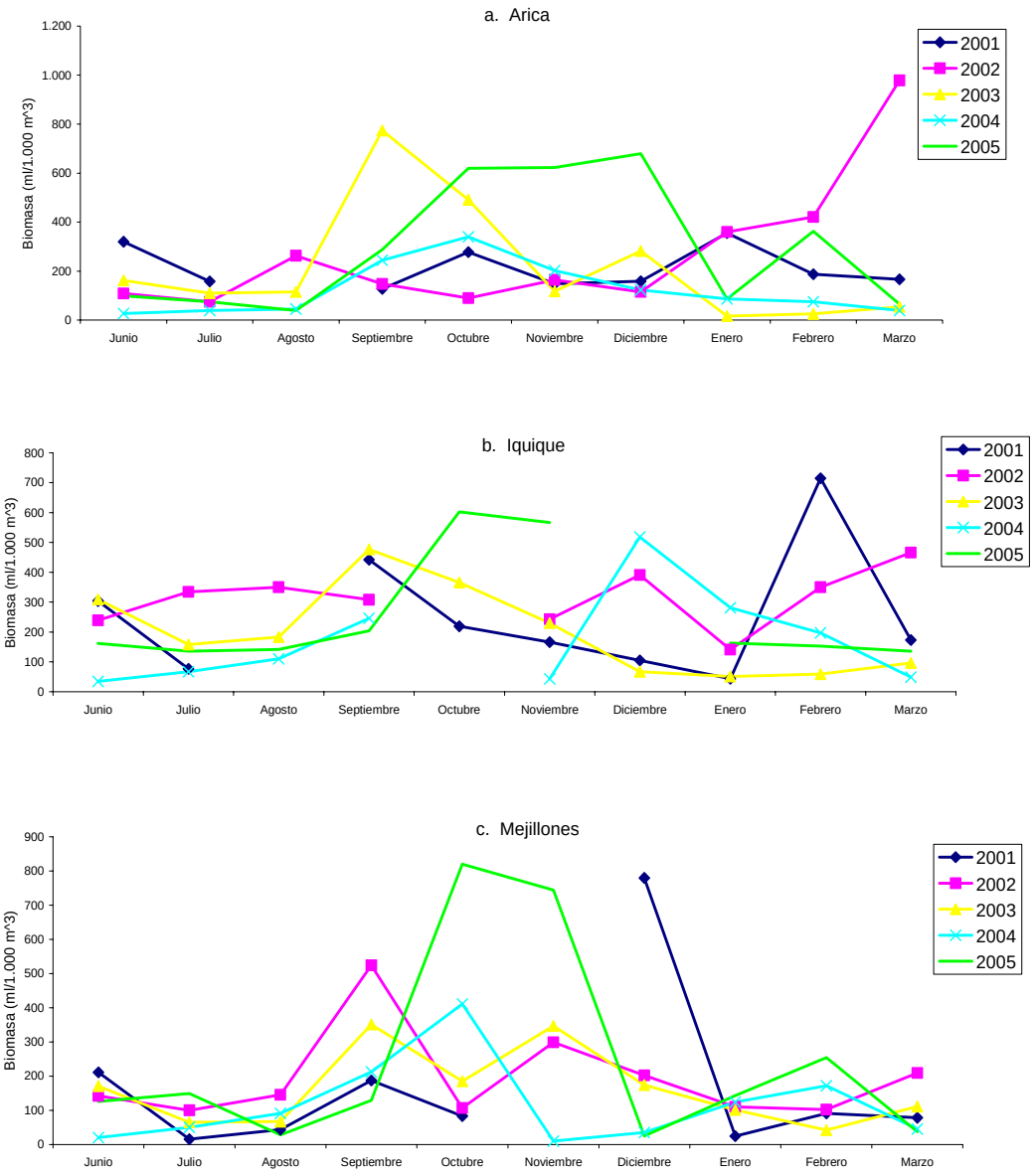



**Figura 149.** Variabilidad mensual de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras, entre los años 2001 y 2006

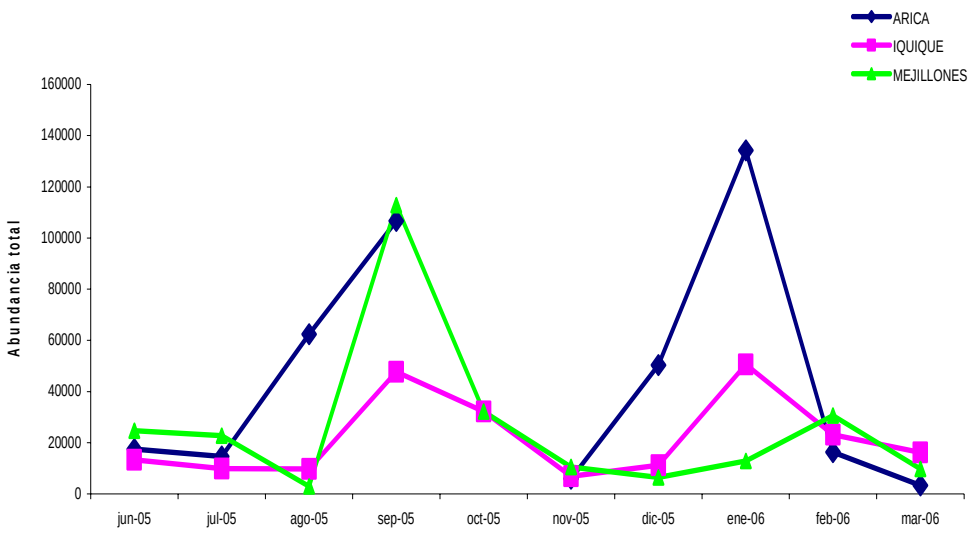



**Figura 150.** Abundancia total de los grupos zooplanctónicos registrados en las estaciones costeras entre junio de 2005 a marzo de 2006.

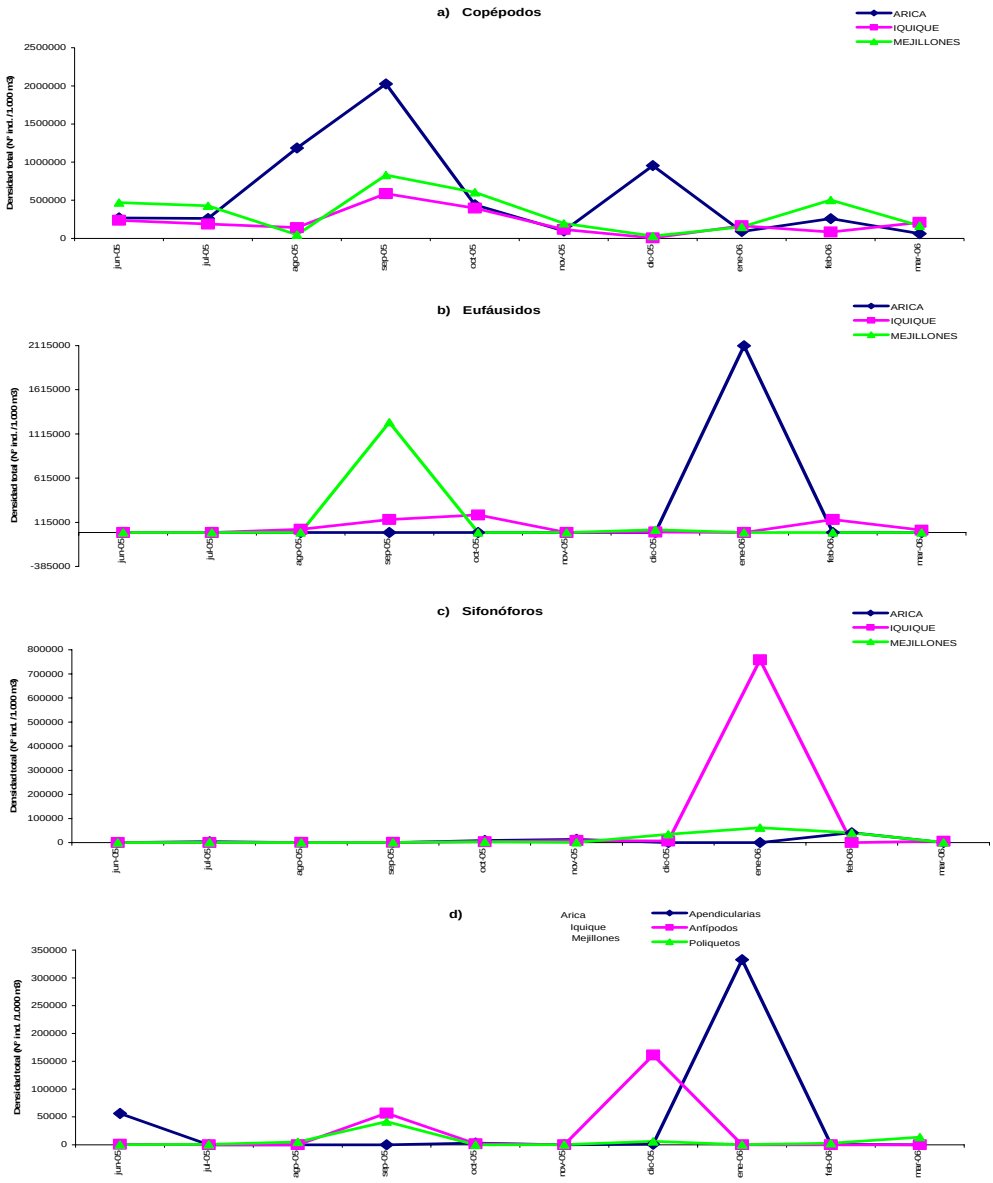



**Figura 151.** Principales grupos zooplanctónicos presentes en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Período junio 2005 - marzo 2006.

# T A B L A S

**Tabla 1.** Cruceros estacionales realizados durante el período comprendido entre junio de 2005 y marzo de 2006

| Cruceros | Año | N° Estaciones | Rango latitudinal | Fecha Inicio y Término |
|---|---|---|---|---|
| Verano | 2006 | 54 | 18°25' – 23°40' LS | 10 – 20 febrero |
| Invierno | 2005 | 102 | 18°25' – 32°08' LS | 01 septiembre –16 octubre |
| Primavera | 2005 | 54 | 18°25' – 23°40' LS | 02 – 13 diciembre |

**Tabla 2.** Valores de los pares **T-S** de las aguas tipo, utilizados en los triángulos de mezcla.

| AGUA TIPO | SIGLA | INVIERNO | | PRIMAVERA | | VERANO | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | T°C | SAL. | T°C | SAL. | T°C | SAL. |
| **SUBTROPICAL** | **AST** | **20,00** | **35,20** | 22,50 | 35,30 | **25,00** | **35,40** |
| **SUBANTARTICA** | **ASAA** | **11,80** | **33,80** | 12,50 | 33,80 | **13,00** | **33,80** |
| **ECUATORIAL SUBSUPERFICIAL** | **AESS** | **13,00** | **35,00** | 13,00 | 35,00 | **13,00** | **35,00** |
| **INTERMEDIA ANTARTICA** | **AIAA** | **3,00** | **34,00** | 3,00 | 34,00 | **3,00** | **34,00** |
| **PROFUNDA DEL PACIFICO** | **APP** | **1,75** | **34,68** | 1,75 | 34,68 | **1,75** | **34,68** |

**Tabla 3.** Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0508 - Invierno 2005

| N° EST | FECHA AA | MM | DD | HORA HH | MIN | LAT GR | MIN | LONG GR | MIN | PROF. ECOS. (m) | RED CÓDIGO | MALLA | FLUJÓMETRO COD. | N°FIN. | CALADO MIN | SEG | VIRADO MIN | SEG | CABLE ARR. | ÁNG. | TEMP(°C) 0m | SALINI. 0m | PRESIÓN ATMOSF. (hpa) | DISTANCIA COSTA (mn) | TEMP.AIRE SECA | HÚMEDA | NUMERO TRANSECTA | LOCALIDAD | SECCHI (m) | OLAS ALT. | DIR. | VIENTO DIR. | VEL. | TIEMPO PRESENTE | NUBES TIP. | CAN. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 05 | 9 | 1 | 16 | 13 | 19 | 40,0 | 71 | 55,5 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 1000 | 2 | 35 | 1 | 52 | 100 | 22 | 16,614 | 35,085 | 10 | 100 | 17,0 | 14,5 | 2 | Punta Junin | | 5 | 23,0 | 19 | 17,0 | 1 | 1 | 5 |
| 2 | 05 | 9 | 1 | 21 | 10 | 19 | 40,0 | 71 | 24,0 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 850 | 2 | 7 | 1 | 46 | 100 | 8 | 16,531 | 35,104 | 11,0 | 70 | 17,0 | 14,0 | 2 | | | 5 | 23,0 | 19 | 15,6 | 2 | 2 | 8 |
| 3 | 05 | 9 | 2 | 3 | 33 | 19 | 40,0 | 70 | 52,2 | 2300 | 03 | 297 | A06 | 785 | 2 | 1 | 1 | 58 | 100 | 8 | 16,014 | 34,903 | 10,5 | 40 | 16,0 | 14,0 | 2 | | | 4 | 23,0 | 19 | 6,0 | 2 | 6 | 5 |
| 4 | 05 | 9 | 2 | 8 | 18 | 19 | 40,0 | 70 | 31,0 | 803 | 03 | 297 | A06 | 861 | 1 | 48 | 1 | 26 | 100 | 20 | 15,754 | 34,891 | 11,0 | 20 | 16,5 | 14,5 | 2 | | 7 | 4 | 23,0 | 19 | 3,0 | 2 | 6 | 5 |
| 5 | 05 | 9 | 2 | 11 | 10 | 19 | 40,0 | 70 | 21,2 | 670 | 03 | 297 | A06 | 760 | 1 | 48 | 1 | 29 | 100 | 15 | 15,382 | 34,879 | 12,5 | 10 | 16,5 | 14,5 | 2 | | | 4 | 23,0 | 19 | 7,2 | 1 | 6 | 5 |
| 6 | 05 | 9 | 2 | 12 | 58 | 19 | 40,0 | 70 | 16,0 | 210 | 03 | 297 | A06 | 760 | 1 | 45 | 1 | 21 | 100 | 16 | 15,578 | 34,887 | 13,0 | 5 | 17,0 | 15,0 | 2 | | 6 | 2 | 22,0 | 18 | 2,5 | 1 | 6 | 5 |
| 7 | 05 | 9 | 2 | 14 | 16 | 19 | 40,0 | 70 | 11,8 | 80 | 03 | 297 | A06 | 450 | 1 | 9 | 1 | 0 | 65 | 6 | 15,756 | 34,893 | 12,0 | 1 | 17,0 | 15,0 | 2 | | 6 | 1 | 22,0 | 18 | 1,5 | 1 | 6 | 7 |
| 8 | 05 | 9 | 3 | 3 | 59 | 19 | 20,0 | 71 | 18,0 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 740 | 1 | 59 | 1 | 58 | 100 | 8 | 16,877 | 35,069 | 12,0 | 60 | 16,0 | 14,0 | T2-T1 | Caleta Chica | | 1 | 22,0 | 11 | 2,7 | 1 | 6 | 7 |
| 9 | 05 | 9 | 3 | 14 | 10 | 19 | 20,0 | 70 | 17,2 | 52 | 03 | 297 | A06 | 660 | 0 | 42 | 0 | 46 | 45 | 35 | 15,413 | 34,881 | 12,0 | 1 | 17,5 | 15,0 | T2-T1 | | 6 | 1 | 21,0 | 17 | 10,1 | 1 | 6 | 2 |
| 10 | 05 | 9 | 4 | 3 | 3 | 19 | 0,0 | 71 | 21,0 | 3000 | 03 | 297 | A06 | 760 | 1 | 44 | 1 | 46 | 100 | 13 | 17,013 | 35,065 | 13,0 | 60 | 16,0 | 14,0 | T2-T1 | Punta Madrid | | 2 | 22,0 | 19 | 5,0 | 2 | 6 | 8 |
| 11 | 05 | 9 | 4 | 13 | 33 | 19 | 0,0 | 70 | 20,0 | 85 | 03 | 297 | A06 | 545 | 1 | 16 | 1 | 13 | 75 | 15 | 14,767 | 34,872 | 13,0 | 1 | 19,0 | 17,0 | T2-T1 | | 10 | 1 | 22,0 | 17 | 6,5 | 1 | 6 | 7 |
| 12 | 05 | 9 | 5 | 2 | 51 | 18 | 40,0 | 71 | 23,4 | 2354 | 03 | 297 | A06 | 770 | 2 | 9 | 1 | 46 | 100 | 8 | 16,865 | 35,024 | 11,5 | 60 | 16,5 | 14,0 | T2-T1 | Punta Pinto | | 1 | 22,0 | 18 | 8,6 | 2 | 6 | 8 |
| 13 | 05 | 9 | 5 | 13 | 3 | 18 | 40,0 | 70 | 22,1 | 74 | 03 | 297 | A06 | 440 | 1 | 13 | 1 | 8 | 65 | 13 | 14,506 | 34,868 | 11,0 | 1 | 18,0 | 15,5 | T2-T1 | | | 0 | 22,0 | 15 | 1,0 | 2 | 7 | 8 |
| 14 | 05 | 9 | 6 | 11 | 13 | 18 | 25,0 | 72 | 4,0 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 643 | 1 | 33 | 1 | 31 | 100 | 8 | 17,118 | 35,123 | 11,5 | 100 | 16,5 | 14,0 | 1 | Arica | 13 | 0 | 22,0 | 17 | 2,0 | 1 | 1 | 5 |
| 15 | 05 | 9 | 6 | 16 | 39 | 18 | 25,0 | 71 | 32,3 | 1936 | 03 | 297 | A06 | 750 | 2 | 1 | 1 | 37 | 100 | 11 | 17,167 | 34,951 | 0,9 | 70 | 19,5 | 17,0 | 1 | | | 0 | 22,0 | 17 | 1,0 | 1 | 6 | 7 |
| 16 | 05 | 9 | 6 | 22 | 20 | 18 | 25,0 | 71 | 1,5 | 821 | 03 | 297 | A06 | 718 | 1 | 51 | 1 | 30 | 100 | 35 | 17,419 | 35,097 | 0,9 | 40 | 16,5 | 14,0 | 1 | | | 0 | 22,0 | 17 | 2,0 | 1 | 6 | 7 |
| 17 | 05 | 9 | 7 | 2 | 29 | 18 | 25,0 | 70 | 40,8 | 684 | 03 | 297 | A06 | 772 | 1 | 57 | 2 | 0 | 100 | 16 | 16,896 | 35,010 | 0,9 | 20 | 15,5 | 14,5 | 1 | | | 0 | 21,0 | 17 | 1,0 | 2 | 6 | 8 |
| 18 | 05 | 9 | 7 | 5 | 15 | 18 | 25,0 | 70 | 30,5 | 114 | 03 | 297 | A06 | 780 | 2 | 2 | 2 | 4 | 100 | 16 | 15,820 | 34,886 | 0,9 | 10 | 15,5 | 14,5 | 1 | | | 0 | 21,0 | 17 | 1,0 | 2 | 6 | 8 |
| 19 | 05 | 9 | 7 | 6 | 49 | 18 | 25,0 | 70 | 25,3 | 71 | 03 | 297 | A06 | 428 | 1 | 11 | 1 | 1 | 60 | 29 | 14,300 | 34,878 | 0,9 | 5 | 14,5 | 13,0 | 1 | | | 0 | 21,0 | 16 | 1,0 | 2 | 6 | 8 |
| 20 | 05 | 9 | 7 | 8 | 34 | 18 | 25,0 | 70 | 21,4 | 18 | 03 | 297 | A06 | 90 | 0 | 12 | 0 | 11 | 10 | 28 | 15,194 | 34,872 | 0,9 | 1 | 14,5 | 13,0 | 1 | | 3,5 | 0 | 21,0 | 16 | 1,0 | 2 | 6 | 8 |
| 21 | 05 | 9 | 11 | 8 | 48 | 20 | 20,0 | 70 | 35,5 | 942 | 03 | 297 | A06 | 910 | 2 | 28 | 1 | 50 | 100 | 12 | 17,049 | 35,093 | 12,0 | 25 | 15,0 | 14,0 | T2-T3 | Punta Gruesa | | 3 | 21,0 | 17 | 4,0 | 2 | 6 | 8 |
| 22 | 05 | 9 | 12 | 0 | 17 | 20 | 30,0 | 70 | 56,9 | 2000 | 03 | 297 | A06 | 860 | 2 | 9 | 1 | 36 | 100 | 19 | 16,948 | sidato | 14,0 | 45 | 15,0 | 14,0 | T2-T3 | Caleta Ligate | | 4 | 22,0 | 19 | 3,0 | 2 | 6 | 8 |
| 23 | 05 | 9 | 13 | 1 | 9 | 20 | 50,0 | 70 | 36,0 | 7400 | 03 | 297 | A06 | 770 | 2 | 23 | 1 | 29 | 100 | 24 | 15,820 | 34,842 | 13,0 | 80 | 16,0 | 15,0 | T2-T3 | Punta Patache | | 4 | 22,0 | 17 | 2,0 | 2 | 6 | 8 |
| 24 | 05 | 9 | 13 | 16 | 4 | 21 | 0,0 | 70 | 11,7 | 76 | 03 | 297 | A06 | 482 | 1 | 18 | 1 | 7 | 65 | 22 | 14,988 | 34,865 | 14,0 | 1 | 16,0 | 14,0 | 3 | Punta Lobos | | 3 | 22,0 | 17 | 3,0 | 2 | 6 | 8 |
| 25 | 05 | 9 | 13 | 17 | 13 | 21 | 0,0 | 70 | 15,5 | 94 | 03 | 297 | A06 | 625 | 1 | 30 | 1 | 26 | 80 | 12 | 15,506 | 34,858 | 14,0 | 5 | 16,0 | 14,0 | 3 | | 5 | 3 | 22,0 | 17 | 3,0 | 2 | 6 | 8 |
| 26 | 05 | 9 | 13 | 18 | 27 | 21 | 0,0 | 70 | 20,5 | 106 | 03 | 297 | A06 | 741 | 1 | 35 | 1 | 33 | 90 | 21 | 15,312 | 34,797 | 12,0 | 10 | 16,0 | 14,0 | 3 | | | 3 | 22,0 | 17 | 3,0 | 2 | 6 | 8 |
| 27 | 05 | 9 | 13 | 20 | 36 | 21 | 0,0 | 70 | 31,3 | 810 | 03 | 297 | A06 | 745 | 1 | 40 | 1 | 21 | 100 | 30 | 16,343 | 34,989 | 12,0 | 20 | 16,0 | 14,0 | 3 | | | 3 | 22,0 | 17 | 3,0 | 2 | 6 | 8 |
| 28 | 05 | 9 | 14 | 0 | 37 | 21 | 0,0 | 70 | 52,2 | 3000 | 03 | 297 | A06 | 715 | 2 | 2 | 1 | 33 | 100 | 17 | 16,873 | 35,114 | 17,0 | 40 | 16,0 | 14,0 | 3 | | | 3 | 22,0 | 20 | 4,0 | 2 | 6 | 8 |
| 29 | 05 | 9 | 14 | 6 | 36 | 21 | 0,0 | 71 | 24,4 | 6000 | 03 | 297 | A06 | 778 | 1 | 40 | 1 | 24 | 100 | 20 | 15,793 | 34,869 | 15,0 | 70 | 15,5 | 14,5 | 3 | | | 3 | 22,0 | 19 | 4,0 | 2 | 6 | 8 |
| 30 | 05 | 9 | 14 | 11 | 53 | 21 | 0,0 | 71 | 30,0 | 6000 | 03 | 297 | A06 | 850 | 2 | 0 | 1 | 51 | 100 | 15 | 15,946 | 34,962 | 15,5 | 100 | 15,5 | 14,5 | 3 | | | 3 | 22,0 | 19 | 4,0 | 2 | 6 | 8 |
| 31 | 05 | 9 | 15 | 7 | 52 | 21 | 20,00 | 70 | 7,3 | 77 | 03 | 297 | A06 | 490 | 0 | 55 | 0 | 50 | 65 | 9 | 14,227 | 34,852 | 14,5 | 1 | 15,5 | 14,5 | T3-T4 | Caleta Chipana | | 2 | 22,0 | 19 | 2,0 | 2 | 6 | 8 |
| 32 | 05 | 9 | 16 | 11 | 40 | 21 | 40,00 | 70 | 10,4 | 67 | 03 | 297 | A06 | 490 | 0 | 54 | 0 | 38 | 50 | 30 | 13,625 | 34,870 | 14,0 | 1 | 15,5 | 14,0 | T3-T4 | Punta Arenas | 4,5 | 2 | 22,0 | 19 | 2,0 | 1 | 7 | 3 |
| 33 | 05 | 9 | 26 | 9 | 25 | 22 | 0,00 | 70 | 12,7 | 92 | 03 | 297 | A06 | 582 | 1 | 24 | 1 | 10 | 80 | 8 | 13,870 | 34,833 | 19,0 | 1 | 14,0 | 12,0 | T3-T4 | Punta Aña | 5,5 | 1 | 23,0 | 3 | 5,0 | 2 | 6 | 8 |
| 34 | 05 | 9 | 27 | 10 | 27 | 22 | 20,00 | 70 | 16,5 | 112 | 03 | 297 | A06 | 739 | 2 | 12 | 2 | 0 | 100 | 20 | 14,413 | 34,784 | 19,5 | 1,2 | 19,0 | 16,0 | 4 | Punta Copaca | 5 | 1 | 22,0 | 25 | 4,0 | 1 | 6/7 | 3 |
| 35 | 05 | 9 | 27 | 11 | 39 | 22 | 20,00 | 70 | 20,6 | 514 | 03 | 297 | A06 | 682 | 1 | 33 | 1 | 26 | 100 | 20 | 14,327 | 34,743 | 19,5 | 5 | 21,0 | 17,0 | 4 | | 8 | 1 | 22,0 | 23 | 5,0 | 1 | 6/7 | 3 |
| 36 | 05 | 9 | 27 | 13 | 11 | 22 | 20,00 | 70 | 26,0 | 887 | 03 | 297 | A06 | 792 | 1 | 43 | 1 | 25 | 100 | 14 | 15,437 | 34,789 | 18,5 | 10 | 18,0 | 14,0 | 4 | | 11 | 1 | 22,0 | 24 | 5,0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 05 | 9 | 27 | 15 | 35 | 22 | 20,00 | 70 | 36,7 | 1286 | 03 | 297 | A06 | 738 | 1 | 50 | 1 | 29 | 100 | 11 | 15,356 | 34,761 | 17,5 | 20 | 15,5 | 13,0 | 4 | | | 1 | 22,0 | 22 | 9,0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 05 | 9 | 27 | 19 | 34 | 22 | 20,00 | 70 | 58,2 | 6000 | 03 | 297 | A06 | 710 | 2 | 4 | 1 | 39 | 100 | 20 | 14,746 | 34,543 | 18,0 | 40 | 14,0 | 12,0 | 4 | | | 1 | 22,0 | 19 | 10,0 | 2 | 6 | 8 |
| 39 | 05 | 9 | 28 | 0 | 53 | 22 | 20,00 | 71 | 30,8 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 685 | 1 | 50 | 1 | 26 | 100 | 17 | 15,133 | 34,708 | 19,0 | 70 | 14,0 | 12,0 | 4 | | | 1 | 22,0 | 16 | 8,0 | 2 | 6 | 8 |
| 40 | 05 | 9 | 28 | 4 | 49 | 22 | 20,00 | 72 | 3,1 | | 03 | 297 | A06 | 635 | 1 | 51 | 1 | 29 | 100 | 29 | 15,801 | 34,829 | 19,0 | 100 | 14,0 | 12,0 | 4 | | | 1 | 22,0 | 16 | 10,0 | 2 | 6 | 8 |
| 41 | 05 | 9 | 28 | 20 | 52 | 22 | 40,00 | 70 | 18,8 | 115 | 03 | 297 | A06 | 710 | 1 | 45 | 1 | 33 | 100 | 4 | 14,669 | 34,802 | 20,0 | 1,2 | 14,0 | 12,0 | T4-T5 | Punta Tames | | 2 | 21,0 | 21 | 15,0 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 05 | 9 | 29 | 5 | 48 | 22 | 40,00 | 71 | 22,0 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 741 | 2 | 21 | 1 | 47 | 100 | 40 | 15,054 | 34,562 | 19,0 | 60 | 14,0 | 12,0 | T4-T5 | | | 2 | 22,0 | 18 | 20,0 | 1 | 6 | 3 |
| 43 | 05 | 9 | 29 | 17 | 35 | 22 | 50,00 | 70 | 20,1 | 85 | 03 | 297 | A06 | 615 | 1 | 12 | 1 | 18 | 75 | 32 | 14,546 | 34,801 | 14,5 | 1 | 17,0 | 15,0 | T4-T5 | Caleta Yates | 4 | 2 | 19,0 | 22 | 10,0 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 05 | 9 | 30 | 10 | 38 | 23 | 0,00 | 71 | 25,0 | 7000 | 03 | 297 | A06 | 753 | 1 | 53 | 1 | 32 | 100 | 25 | 15,571 | 34,684 | 17,0 | 60 | 15,0 | 13,0 | T4-T5 | Punta Chacaya | 12 | 5 | 18,0 | 18 | 14,0 | 2 | 6 | 8 |
| 45 | 05 | 9 | 30 | 22 | 20 | 23 | 10,00 | 70 | 35,9 | 268 | 03 | 297 | A06 | 700 | 2 | 9 | 1 | 36 | 100 | 14 | 13,930 | 34,792 | 15,0 | 1 | 13,0 | 12,0 | T4-T5 | aleta Herradura de Mejillones | | 1 | 21,0 | 8 | 2,0 | 1 | 6 | 7 |
| 46 | 05 | 10 | 1 | 9 | 17 | 23 | 20,00 | 71 | 41,0 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 634 | 1 | 35 | 1 | 30 | 100 | 27 | 15,500 | 34,664 | 15,5 | 60 | 15,0 | 12,0 | T4-T5 | Caleta Bandurria del Sur | 12 | 3 | 21,0 | 19 | 9,0 | 2 | 6 | 8 |
| 47 | 05 | 10 | 1 | 20 | 25 | 23 | 30,00 | 70 | 39,0 | 198 | 03 | 297 | A06 | 765 | 2 | 5 | 2 | 20 | 100 | 15 | 15,444 | 34,694 | 15,0 | 1 | 15,0 | 12,0 | T4-T5 | Caleta Errázuriz | | 2 | 21,0 | | 0,0 | 2 | 6 | 8 |
| 48 | 05 | 10 | 2 | 0 | 12 | 23 | 40,00 | 71 | 8,5 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 689 | 1 | 58 | 1 | 34 | 100 | 24 | 15,586 | 34,534 | 16,5 | 40 | 14,5 | 12,0 | 5 | Bahía Moreno | | 1 | 34,0 | 34 | 14,0 | 2 | 6 | 8 |
| 49 | 05 | 10 | 2 | 4 | 34 | 23 | 40,00 | 70 | 46,7 | 2370 | 03 | 297 | A06 | 685 | 1 | 48 | 1 | 41 | 100 | 18 | 15,407 | 34,508 | 17,0 | 20 | 14,0 | 12,0 | 5 | | | 1 | 32,0 | 2 | 16,0 | 2 | 6 | 8 |
| 50 | 05 | 10 | 2 | 7 | 8 | 23 | 40,00 | 70 | 35,8 | 480 | 03 | 297 | A06 | 755 | 1 | 3 | 1 | 13 | 100 | 34 | 14,550 | 34,568 | 19,0 | 10 | 14,0 | 12,0 | 5 | | | 1 | 35,0 | 0 | 5,0 | 2 | 6 | 8 |
| 51 | 05 | 10 | 2 | 8 | 36 | 23 | 40,00 | 70 | 30,3 | 142 | 03 | 297 | A06 | 720 | 1 | 58 | 1 | 34 | 100 | 22 | 14,410 | 34,690 | 20,0 | 5 | 14,0 | 12,0 | 5 | | | 1 | 33,0 | 30 | 8,0 | 2 | 6 | 8 |
| 52 | 05 | 10 | 2 | 9 | 41 | 23 | 40,00 | 70 | 26,1 | 87 | 03 | 297 | A06 | 590 | 1 | 26 | 1 | 18 | 80 | 10 | 15,391 | 34,687 | 20,0 | 1 | 15,0 | 13,0 | 5 | | | | | 28 | 5,0 | 2 | 6 | 7 |
| 53 | 05 | 10 | 3 | 2 | 10 | 23 | 40,00 | 71 | 41,4 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 785 | 1 | 46 | 1 | 34 | 100 | 36 | 15,555 | 34,492 | 17,0 | 70 | 14,0 | 12,0 | 5 | | | 1 | 21,0 | 19 | 8,0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 05 | 10 | 3 | 6 | 15 | 23 | 40,00 | 72 | 13,7 | 6000 | 03 | 297 | A06 | 650 | 1 | 47 | 1 | 39 | 100 | 17 | 15,960 | 34,603 | 18,0 | 100 | 14,0 | 12,0 | 5 | | | 1 | 21,0 | 20 | 10,0 | 1 | 6 | 3 |
| 55 | 05 | 10 | 6 | 16 | 5 | 25 | 0,00 | 70 | 30,3 | 88 | 03 | 297 | A06 | 685 | 1 | 30 | 1 | 10 | 75 | 30 | 14,388 | 34,705 | 16,5 | 1 | 20,0 | 16,0 | 6 | Paposo | 4 | 2 | 22,0 | 20 | 10,0 | 1 | 6 | 5 |
| 56 | 05 | 10 | 6 | 16 | 50 | 25 | 0,00 | 70 | 33,8 | 540 | 03 | 297 | A06 | 710 | 1 | 39 | 1 | 31 | 100 | 20 | 15,082 | 34,661 | 16,0 | 5 | 20,0 | 16,0 | 6 | | 5 | 2 | 22,0 | 20 | 10,0 | 1 | 6 | 6 |
| 57 | 05 | 10 | 6 | 18 | 11 | 25 | 0,00 | 70 | 39,2 | 850 | 03 | 297 | A06 | 699 | 1 | 33 | 1 | 33 | 100 | 4 | 15,007 | 34,663 | 17,0 | 10 | 14,0 | 12,0 | 6 | | 5 | 2 | 22,0 | 18 | 18,0 | 1 | 6 | 6 |
| 58 | 05 | 10 | 6 | 20 | 17 | 25 | 0,00 | 70 | 50,5 | 1687 | 03 | 297 | A06 | 811 | 1 | 44 | 1 | 31 | 100 | 35 | 14,032 | 34,556 | 17,5 | 20 | 14,0 | 12,0 | 6 | | | 2 | 21,0 | 19 | 18,0 | 1 | 6 | 7 |
| 59 | 05 | 10 | 6 | 23 | 44 | 25 | 0,00 | 71 | 12,4 | 4470 | 03 | 297 | A06 | 691 | 1 | 44 | 1 | 35 | 100 | 20 | 15,275 | 34,505 | 19,0 | 40 | 14,0 | 12,0 | 6 | | | 3 | 21,0 | 19 | 18,0 | 2 | 6 | 8 |
| 60 | 05 | 10 | 7 | 4 | 24 | 25 | 0,00 | 71 | 45,0 | 6000 | 03 | 297 | A06 | 685 | 2 | 1 | 1 | 37 | 100 | 38 | 15,531 | 34,583 | 19,5 | 70 | 14,0 | 12,0 | 6 | | | 3 | 21,0 | 19 | 18,0 | 2 | 6 | 8 |
| 61 | 05 | 10 | 7 | 8 | 12 | 25 | 0,00 | 72 | 17,9 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 860 | 2 | 3 | 1 | 47 | 100 | 26 | 15,294 | 34,534 | 22,0 | 100 | 14,0 | 12,0 | 6 | | 11 | 3 | 18,0 | 18 | 15,0 | 2 | 6 | 8 |
| 62 | 05 | 10 | 10 | 12 | 47 | 26 | 20,00 | 72 | 28,2 | 4250 | 03 | 297 | A06 | 710 | 1 | 58 | 1 | 36 | 100 | 18 | 14,916 | 34,439 | 20,0 | 100 | 16,0 | 14,0 | 7 | Chañaral | 12 | 1 | 21,0 | 19 | 8,0 | 2 | 6 | 8 |
| 63 | 05 | 10 | 10 | 17 | 17 | 26 | 20,00 | 71 | 55,1 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 770 | 1 | 27 | 1 | 27 | 100 | 20 | 14,427 | 34,457 | 18,0 | 70 | 16,0 | 14,0 | 7 | | 10 | 1 | 21,0 | 19 | 10,0 | 2 | 6 | 8 |
| 64 | 05 | 10 | 10 | 21 | 17 | 26 | 20,00 | 71 | 21,6 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 743 | 1 | 45 | 1 | 30 | 100 | 8 | 14,836 | 34,602 | 19,0 | 40 | 14,0 | 13,0 | 7 | | | 1 | 21,0 | 19 | 12,0 | 2 | 6 | 8 |
| 65 | 05 | 10 | 11 | 0 | 11 | 26 | 20,00 | 70 | 59,8 | 1555 | 03 | 297 | A06 | 700 | 1 | 58 | 1 | 34 | 100 | 11 | 15,387 | 34,527 | 19,0 | 20 | 14,0 | 13,0 | 7 | | | 1 | 21,0 | 21 | 7,0 | 2 | 6 | 8 |
| 66 | 05 | 10 | 11 | 2 | 0 | 26 | 20,00 | 70 | 48,6 | 239 | 03 | 297 | A06 | 756 | 2 | 10 | 1 | 38 | 100 | 24 | 15,495 | 34,523 | 19,0 | 10 | 14,0 | 12,0 | 7 | | | 1 | 21,0 | 15 | 2,0 | 2 | 6 | 8 |
| 67 | 05 | 10 | 11 | 3 | 9 | 26 | 20,00 | 70 | 43,2 | 100 | 03 | 297 | A06 | 670 | 1 | 47 | 1 | 29 | 90 | 12 | 15,170 | 34,552 | 18,5 | 5 | 14,0 | 12,0 | 7 | | | 1 | 21,0 | 32 | 5,0 | 2 | 6 | 8 |
| 68 | 05 | 10 | 11 | 3 | 58 | 26 | 20,00 | 70 | 40,0 | 38 | 03 | 297 | A06 | 297 | 0 | 48 | 0 | 34 | 30 | 26 | 15,038 | 34,717 | 18,5 | 1 | 14,0 | 12,0 | 7 | | | 1 | 21,0 | 32 | 7,0 | 2 | 6 | 8 |
| 69 | 05 | 10 | 11 | 13 | 28 | 27 | 40,00 | 71 | 4,4 | 279 | 03 | 297 | A06 | 780 | 1 | 29 | 1 | 29 | 100 | 2 | 14,299 | 34,666 | 20,0 | 1 | 17,0 | 14,0 | 8 | Punta Cachos | 8 | 1 | 21,0 | 21 | 5,0 | 2 | 6 | 8 |
| 70 | 05 | 10 | 11 | 14 | 17 | 27 | 40,00 | 71 | 7,8 | 870 | 03 | 297 | A06 | 645 | 1 | 41 | 1 | 26 | 100 | 21 | 13,880 | 34,476 | 19,5 | 5 | 17,0 | 14,0 | 8 | | 9 | 1 | 21,0 | 22 | 7,0 | 2 | 6 | 8 |
| 71 | 05 | 10 | 11 | 15 | 30 | 27 | 40,00 | 71 | 13,6 | 1800 | 03 | 297 | A06 | 687 | 1 | 31 | 1 | 26 | 100 | 29 | 14,158 | 34,443 | 19,0 | 10 | 16,0 | 14,0 | 8 | | 9 | 1 | 21,0 | 20 | 8,0 | 2 | 6 | 8 |
| 72 | 05 | 10 | 11 | 17 | 12 | 27 | 40,00 | 71 | 24,7 | 3231 | 03 | 297 | A06 | 855 | 2 | 0 | 1 | 38 | 100 | 35 | 14,750 | 34,309 | 18,0 | 20 | 16,0 | 14,0 | 8 | | 9 | 2 | 21,0 | 26 | 20,0 | 2 | 6 | 8 |
| 73 | 05 | 10 | 11 | 20 | 9 | 27 | 40,00 | 71 | 47,1 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 741 | 2 | 8 | 1 | 52 | 100 | 33 | 14,533 | 34,276 | 18,0 | 40 | 13,0 | 12,0 | 8 | | | 3 | 21,0 | 18 | 20,0 | 2 | 6 | 8 |
| 74 | 05 | 10 | 12 | 0 | 23 | 27 | 40,00 | 72 | 20,6 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 670 | 1 | 37 | 1 | 24 | 100 | 30 | 14,846 | 34,473 | 18,0 | 70 | 13,0 | 12,0 | 8 | | | 3 | 21,0 | 18 | 22,0 | 0 | - | 0 |
| 75 | 05 | 10 | 12 | 4 | 30 | 27 | 40,00 | 72 | 54,3 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 688 | 1 | 37 | 1 | 35 | 100 | 26 | 14,599 | 34,379 | 17,5 | 100 | 13,0 | 12,0 | 8 | | | 3 | 21,0 | 18 | 20,0 | 2 | 6 | 8 |
| 76 | 05 | 10 | 12 | 15 | 16 | 29 | 0,00 | 73 | 23,3 | 4168 | 03 | 297 | A06 | 787 | 2 | 5 | 1 | 40 | 100 | 28 | 14,521 | 34,221 | 19,0 | 100 | 19,5 | 14,0 | 9 | Cta. Inglesa I. Chañaral | 11 | 3 | 22,0 | 18 | 20,0 | 2 | 7 | 2 |
| 77 | 05 | 10 | 12 | 19 | 36 | 29 | 0,00 | 72 | 49,3 | 4459 | 03 | 297 | A06 | 730 | 1 | 41 | 1 | 33 | 100 | 5 | 14,403 | 34,189 | 17,0 | 70 | 17,0 | 14,0 | 9 | | 8 | 3 | 22,0 | 18 | 23,0 | 2 | 6 | 2 |
| 78 | 05 | 10 | 12 | 23 | 44 | 29 | 0,00 | 72 | 15,2 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 761 | 1 | 40 | 1 | 31 | 100 | 30 | 13,668 | 34,312 | 16,5 | 40 | 13,0 | 12,0 | 9 | | | 4 | 22,0 | 18 | 28,0 | 0 | - | 0 |
| 79 | 05 | 10 | 13 | 2 | 59 | 29 | 0,00 | 71 | 52,9 | 3109 | 03 | 297 | A06 | 720 | 2 | 4 | 1 | 50 | 100 | 28 | 13,602 | 34,339 | 15,0 | 20 | 12,0 | 10,0 | 9 | | | 4 | 22,0 | 18 | 28,0 | 1 | 6 | 4 |
| 80 | 05 | 10 | 13 | 5 | 11 | 29 | 0,00 | 71 | 41,3 | 1546 | 03 | 297 | A06 | 799 | 2 | 2 | 1 | 48 | 100 | 22 | 12,558 | 34,384 | 15,0 | 10 | 12,0 | 10,0 | 9 | | | 4 | 22,0 | 18 | 22,0 | 1 | 6 | 4 |
| 81 | 05 | 10 | 13 | 6 | 48 | 29 | 0,00 | 71 | 35,8 | 900 | 03 | 297 | A06 | 780 | 2 | 1 | 1 | 38 | 100 | 27 | 12,318 | 34,547 | 15,5 | 5 | 12,0 | 10,0 | 9 | | | 4 | 22,0 | 18 | 20,0 | 1 | 6 | 8 |
| 82 | 05 | 10 | 13 | 18 | 0 | 30 | 20,00 | 71 | 42,4 | 181 | 03 | 297 | A06 | 700 | 1 | 52 | 1 | 47 | 100 | 14 | 12,148 | 34,464 | 15,5 | 1 | 14,0 | 12,0 | 10 | Pta Farellones | 6 | 4 | 22,0 | 18 | 28,0 | 0 | 0 | 0 |
| 83 | 05 | 10 | 13 | 18 | 59 | 30 | 20,00 | 71 | 46,4 | 765 | 03 | 297 | A06 | 685 | 1 | 57 | 1 | 41 | 100 | 18 | 13,210 | 34,224 | 15,5 | 5 | 14,0 | 12,0 | 10 | | 6 | 4 | 22,0 | 18 | 28,0 | 0 | - | 0 |
| 84 | 05 | 10 | 13 | 20 | 23 | 30 | 20,00 | 71 | 52,3 | 2700 | 03 | 297 | A06 | 788 | 1 | 55 | 1 | 52 | 100 | 14 | 13,393 | 34,235 | 16,5 | 10 | 13,0 | 12,0 | 10 | | | 40 | 20,0 | 18 | 28,0 | 1 | 6-8 | 1 |
| 85 | 05 | 10 | 13 | 22 | 33 | 30 | 20,00 | 72 | 4,0 | 3500 | 03 | 297 | A06 | 802 | 2 | 30 | 1 | 36 | 100 | 19 | 13,958 | 34,137 | 17,0 | 20 | 12,0 | 11,0 | 10 | | | 5 | 20,0 | 18 | 30,0 | 1 | 6-8 | 3 |
| 86 | 05 | 10 | 14 | 2 | 15 | 30 | 19,90 | 72 | 26,9 | 4400 | 03 | 297 | A06 | 912 | 1 | 55 | 1 | 41 | 100 | 32 | 14,250 | 34,178 | 17,0 | 40 | 12,0 | 10,0 | 10 | | | 5 | 20,0 | 18 | 27,0 | 1 | 6 | 3 |
| 87 | 05 | 10 | 14 | 8 | 8 | 30 | 20,00 | 73 | 1,5 | 4400 | 03 | 297 | A06 | 1031 | 2 | 37 | 2 | 3 | 100 | 28 | 14,584 | 34,296 | 16,0 | 70 | 12,0 | 10,0 | 10 | | 9 | 5 | 20,0 | 18 | 27,0 | 1 | 6 | 4 |
| 88 | 05 | 10 | 14 | 13 | 45 | 30 | 20,00 | 73 | 35,5 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 840 | 2 | 33 | 1 | 49 | 100 | 17 | 14,705 | 34,296 | 18,5 | 100 | 15,0 | 12,0 | 10 | | 12 | 6 | 20,0 | 19 | 20,0 | 1 | 6 | 2 |
| 89 | 05 | 10 | 14 | 23 | 25 | 31 | 15,00 | 73 | 34,4 | 3555 | 03 | 297 | A06 | 685 | 1 | 29 | 1 | 24 | 100 | 18 | 14,311 | 34,161 | 19,5 | 100 | 13,0 | 11,0 | 11 | Cta. Maitencillo de Coquimbo | | 5 | 21,0 | 19 | 25,0 | 2 | 6 | 8 |
| 90 | 05 | 10 | 15 | 3 | 56 | 31 | 15,00 | 72 | 59,4 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 711 | 2 | 15 | 1 | 40 | 100 | 31 | 14,230 | 34,099 | 18,5 | 70 | 12,0 | 10,0 | 11 | | 4 | 21,0 | 18 | | 2 | 6 | 7 |
| 91 | 05 | 10 | 15 | 8 | 9 | 31 | 15,00 | 72 | 24,8 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 775 | 1 | 28 | 1 | 32 | 100 | 31 | 13,752 | 34,185 | 19,5 | 40 | 12,0 | 10,0 | 11 | | 9 | 4 | 21,0 | 18 | 20,0 | 2 | 6 | 8 |
| 92 | 05 | 10 | 15 | 11 | 0 | 31 | 15,00 | 72 | 1,9 | 2320 | 03 | 297 | A06 | 713 | 1 | 43 | 1 | 35 | 100 | 20 | 13,917 | 34,115 | 20,5 | 20 | 14,0 | 12,0 | 11 | | 13 | 4 | 21,0 | 18 | 15,0 | 1 | 6 | 7 |
| 93 | 05 | 10 | 15 | 12 | 50 | 31 | 15,00 | 71 | 49,8 | 946 | 03 | 297 | A06 | 663 | 1 | 42 | 1 | 26 | 100 | 25 | 12,914 | 34,369 | 20,5 | 10 | 15,0 | 12,0 | 11 | | 9 | 4 | 21,0 | 17 | 14,0 | 1 | 6 |

**Tabla 4.** Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0512 - Primavera 2005

| N° EST | FECHA AA | MM | HORA DD | HH | MIN | GR | LAT MIN | GR | LONG MIN | PROF. ECOS. | RED CÓDIGO | MALLA | FLUJÓMETRO COD. | N°FIN. | CALADO MIN | SEG | VIRADO MIN | SEG | CABLE ARR. | ÁNG. | TEMP(°C) 0m | SALINI. 0m | PRESIÓN ATMOSF. (hpa) | DISTANCIA COSTA (mn) | TEMP.AIRE SECA | HÚMEDA | NUMERO TRANSECTA | LOCALIDAD | SECCHI | OLAS ALT. | DIR. | VIENTO DIR. | VEL. | VISIBILIDAD | NUBES TIP. | CAN. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 05 | 12 | 3 | 20 | 19 | 22 | 34,00 | 70 | 20,0 | 320 | 03 | 297 | A06 | 678 | 1 | 42 | 1 | 30 | 100 | 23 | 16,428 | 34,690 | 10,5 | 1 | 18,5 | 17,0 | T2-T1 | Punta Cobija | | 1 | 22 | 18 | 9,2 | 10 | | 6 |
| **2** | 05 | 12 | 3 | 23 | 4 | 22 | 48,00 | 70 | 21,5 | 114 | 03 | 297 | A06 | 819 | 1 | 47 | 1 | 18 | 100 | 44 | 16,540 | 34,656 | 11,0 | 1 | 18,5 | 17,0 | T2-T1 | Punta Gualaguala | | 1 | 22 | 19 | 9,0 | 10 | | 6 |
| **3** | 05 | 12 | 4 | 4 | 33 | 23 | 7,50 | 70 | 38,0 | 794 | 03 | 297 | A06 | 710 | 1 | 36 | 1 | 22 | 100 | 27 | 16,836 | 34,626 | 11,0 | 1 | 17,2 | 16,8 | T2-T1 | Punta Baja | | 1 | 22 | 18 | 2,6 | 10 | | 8 |
| **4** | 05 | 12 | 4 | 8 | 17 | 23 | 27,80 | 70 | 40,0 | 637 | 03 | 297 | A06 | 861 | 1 | 34 | 1 | 20 | 100 | 6 | 16,471 | 34,586 | 12,5 | 1 | 17,5 | 15,5 | T2-T1 | Caleta Errázuriz | 10 | 1 | 22 | 18 | | 10 | | 8 |
| **5** | 05 | 12 | 4 | 11 | 57 | 23 | 40,00 | 70 | 26,0 | 101 | 03 | 297 | A06 | 1215 | 1 | 22 | 1 | 14 | 90 | 17 | 18,588 | 34,699 | 13,0 | 1 | 21,0 | 19,0 | T1 | Bahía Moreno | 4 | 1 | 22 | 22 | 16,0 | 10 | | 2-4 |
| **6** | 05 | 12 | 4 | 13 | 11 | 23 | 40,00 | 70 | 30,0 | 143 | 03 | 297 | A06 | 651 | 1 | 40 | 1 | 13 | 100 | 11 | 18,631 | 34,697 | 15,5 | 5 | 19,0 | 18,0 | | | 4 | 1 | 22 | 20 | 10,8 | 10 | | 1-2 |
| **7** | 05 | 12 | 4 | 14 | 35 | 23 | 40,00 | 70 | 35,5 | 438 | 03 | 297 | A06 | 700 | 1 | 45 | 1 | 33 | 100 | 21 | 17,947 | 34,621 | 12,0 | 10 | 19,0 | 18,0 | | | 5 | 1 | 22 | 21 | 10,5 | 10 | | 0 |
| **8** | 05 | 12 | 4 | 16 | 55 | 23 | 40,00 | 70 | 46,0 | 2700 | 03 | 297 | A06 | 765 | 1 | 45 | 1 | 32 | 100 | 31 | 17,499 | 34,515 | 11,0 | 20 | 19,0 | 18,0 | | | | 1 | 22 | 20 | 11,5 | 10 | | 1-2 |
| **9** | 05 | 12 | 4 | 20 | 41 | 23 | 40,00 | 71 | 7,8 | 400 | 03 | 297 | A06 | 748 | 1 | 52 | 1 | 40 | 100 | 28 | 19,269 | 34,775 | 11,0 | 40 | 19,0 | 18,0 | | | | 1 | 22 | 20 | 10,5 | 10 | | 6-8 |
| **10** | 05 | 12 | 5 | 2 | 0 | 23 | 40,00 | 71 | 40,0 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 835 | 2 | 10 | 1 | 21 | 100 | 13 | 18,925 | 34,684 | 12,2 | 70 | 17,5 | 17,0 | | | | 1 | 22 | 20 | 11,5 | 10 | | 8 |
| **11** | 05 | 12 | 5 | 6 | 50 | 23 | 40,00 | 72 | 12,7 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 784 | 1 | 57 | 1 | 30 | 100 | 19 | 18,095 | 34,627 | 12,5 | 100 | 18,0 | 17,0 | | | | 1 | 22 | 20 | | 10 | | 8 |
| **12** | 05 | 12 | 5 | 10 | 10 | 23 | 20 | 72 | 10,2 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 679 | 1 | 39 | 1 | 28 | 100 | 16 | 18,407 | 34,587 | 13,0 | 100 | 19,0 | 18,5 | T1-T2 | Caleta Bandurria del Sur | 16 | 2 | 22 | 20 | 13,2 | 10 | | 6-8 |
| **13** | 05 | 12 | 5 | 13 | 30 | 23 | 0 | 72 | 7,7 | 4300 | 03 | 297 | A06 | 642 | 1 | 40 | 1 | 36 | 100 | 15 | 18,070 | 34,529 | 12,5 | 100 | 23,0 | 23,5 | T1-T2 | Punta Chacaya | 22 | 2 | 22 | 17 | 13,8 | 10 | | 6-7 |
| **14** | 05 | 12 | 5 | 16 | 55 | 22 | 40 | 72 | 4,7 | 4200 | 03 | 297 | A06 | 615 | 1 | 29 | 1 | 21 | 100 | 10 | 19,098 | 34,728 | 11,0 | 100 | 24,5 | 25,5 | T1-T2 | Punta Tames | 21 | 2 | 22 | 18 | 10,9 | 10 | | 6-7 |
| **15** | 05 | 12 | 5 | 20 | 2 | 22 | 20 | 72 | 2 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 723 | 1 | 50 | 1 | 29 | 100 | 9 | 19,012 | 34,591 | 10,5 | 100 | 19,8 | 18,5 | T2 | Punta Copaca | | 2 | 22 | 18 | 4,8 | 10 | | 6-8 |
| **16** | 05 | 12 | 6 | 0 | 46 | 22 | 20 | 71 | 30,2 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 659 | 1 | 48 | 1 | 33 | 100 | 23 | 19,274 | 34,597 | 11,5 | 70 | 18,5 | 18,0 | | | | 2 | 22 | 18 | 8,0 | 10 | | 8 |
| **17** | 05 | 12 | 6 | 5 | 40 | 22 | 20 | 70 | 57,7 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 609 | 1 | 46 | 1 | 37 | 100 | 4 | 19,029 | 34,621 | 10,0 | 40 | 18,5 | 18,0 | | | | 2 | 22 | 18 | 4,1 | 10 | | 8 |
| **18** | 05 | 12 | 6 | 9 | 45 | 22 | 20 | 70 | 36,5 | 1252 | 03 | 297 | A06 | 553 | 1 | 50 | 1 | 34 | 100 | 9 | 17,238 | 34,612 | 10,0 | 20 | 18,5 | 18,0 | | | 10 | 2 | 22 | 18 | 3,4 | 10 | | 8 |
| **19** | 05 | 12 | 6 | 12 | 21 | 22 | 20 | 70 | 25,7 | 847 | 03 | 297 | A06 | 612 | 1 | 56 | 1 | 44 | 100 | 12 | 16,241 | 34,677 | 11,0 | 10 | 23,2 | 22,0 | | | 8 | 2 | 22 | 18 | 4,2 | 10 | | 1 |
| **20** | 05 | 12 | 6 | 14 | 8 | 22 | 20 | 70 | 20,4 | 391 | 03 | 297 | A06 | 618 | 1 | 44 | 1 | 39 | 100 | 7 | 15,758 | 34,768 | 10,0 | 5 | 23,5 | 23,0 | | | 6 | 2 | 22 | 18 | 4,0 | 10 | | 0 |
| **21** | 05 | 12 | 6 | 15 | 33 | 22 | 20 | 70 | 16,3 | 112 | 03 | 297 | A06 | 588 | 1 | 40 | 1 | 26 | 100 | 9 | 15,445 | 34,806 | 9,0 | 1 | 24,0 | 23,5 | | | 9 | 2 | 22 | 20 | 3,0 | 10 | | 1-2 |
| **22** | 05 | 12 | 6 | 18 | 37 | 22 | 0,0 | 70 | 15,0 | 232 | 03 | 297 | A06 | 659 | 1 | 32 | 1 | 15 | 100 | 18 | 19,202 | 34,676 | 8,5 | 1 | 24,0 | 22,5 | T2-T3 | Punta Aña | 9 | 1 | 22 | 18 | 9,4 | 10 | | 2-4 |
| **23** | 05 | 12 | 6 | 21 | 26 | 21 | 40,0 | 70 | 12,5 | 122 | 03 | 297 | A06 | 691 | 1 | 44 | 1 | 27 | 100 | 18 | 16,433 | 34,546 | 8,5 | 1 | 24,0 | 22,5 | T2-T3 | Punta Arenas | | 1 | 22 | 18 | 3,7 | 10 | | 2-4 |
| **24** | 05 | 12 | 7 | 0 | 11 | 21 | 0,0 | 70 | 8,7 | 94 | 03 | 297 | A06 | 593 | 1 | 30 | 1 | 17 | 85 | 5 | 15,464 | 34,786 | 10,0 | 1 | 17,5 | 17,0 | T2-T3 | Caleta Chipana | | 1 | 22 | 18 | 2,9 | 10 | | 1-2 |
| **25** | 05 | 12 | 7 | 3 | 9 | 21 | 0,0 | 70 | 11,5 | 78 | 03 | 297 | A06 | 433 | 1 | 19 | 1 | 6 | 70 | 8 | 15,600 | 34,849 | 10,0 | 1 | 17,5 | 17,0 | T3 | Punta Lobos | | 1 | 22 | 18 | 6,9 | 10 | | 0 |
| **26** | 05 | 12 | 7 | 4 | 17 | 21 | 0,0 | 70 | 15,4 | 94 | 03 | 297 | A06 | 541 | 1 | 27 | 1 | 10 | 85 | 19 | 17,588 | 34,791 | 9,5 | 5 | 17,5 | 17,0 | | | | 1 | 22 | 18 | 8,0 | 10 | | 0 |
| **27** | 05 | 12 | 7 | 5 | 37 | 21 | 0,0 | 70 | 20,5 | 106 | 03 | 297 | A06 | 611 | 1 | 44 | 1 | 18 | 95 | 12 | 17,661 | 34,699 | 0,9 | 10 | 17,5 | 17,0 | | | | 1 | 22 | 18 | 5,1 | 10 | | 0 |
| **28** | 05 | 12 | 7 | 7 | 40 | 21 | 0,0 | 70 | 31,2 | 820 | 03 | 297 | A06 | 638 | 1 | 56 | 1 | 29 | 100 | 11 | 21,026 | 35,019 | 0,8 | 20 | 17,5 | 17,0 | | | | 1 | 22 | 18 | 4,7 | 10 | | 4-6 |
| **29** | 05 | 12 | 7 | 11 | 26 | 21 | 0,0 | 70 | 52,5 | 2780 | 03 | 297 | A06 | 691 | 1 | 45 | 1 | 36 | 100 | 13 | 21,281 | 34,977 | 0,8 | 40 | 20,5 | 19,0 | | | | 1 | 22 | 18 | 5,0 | 10 | | 0 |
| **30** | 05 | 12 | 7 | 16 | 18 | 21 | 0,0 | 71 | 24,0 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 652 | 1 | 33 | 1 | 18 | 100 | 19 | 21,066 | 34,886 | 8,0 | 70 | 20,0 | 19,0 | | | | 1 | 22 | 20 | 8,5 | 10 | | 2 |
| **31** | 05 | 12 | 7 | 20 | 58 | 21 | 0,0 | 71 | 56,3 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 605 | 1 | 35 | 1 | 20 | 100 | 7 | 20,919 | 35,042 | 0,9 | 100 | 20,8 | 18,5 | | | | 1 | 22 | 18 | 16,5 | 10 | | 2-4 |
| **32** | 05 | 12 | 8 | 1 | 21 | 20 | 48,0 | 71 | 29,8 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 552 | 1 | 50 | 1 | 26 | 100 | 12 | 21,115 | 34,995 | 10,0 | 80 | 19,0 | 18,5 | T3-T4 | Punta Patache | | 1 | 22 | 18 | 9,6 | 10 | | 7-8 |
| **33** | 05 | 12 | 8 | 5 | 54 | 20 | 35,0 | 71 | 3,0 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 509 | 1 | 46 | 1 | 33 | 100 | 5 | 19,818 | 34,844 | 0,9 | 50 | 18,7 | 18,0 | T3-T4 | Caleta Ligate | | 1 | 22 | 18 | 4,8 | 10 | | 1-2 |
| **34** | 05 | 12 | 8 | 10 | 46 | 20 | 23,0 | 70 | 36,0 | 1011 | 03 | 297 | A06 | 540 | 1 | 38 | 1 | 18 | 100 | 25 | 18,688 | 34,803 | 0,9 | 20 | 21,5 | 20,0 | T3-T4 | Punta Gruesa | | 1 | 22 | 18 | 10,2 | 10 | | 1-2 |
| **35** | 05 | 12 | 10 | 17 | 36 | 19 | 40,00 | 70 | 11,5 | 74 | 03 | 297 | A06 | 354 | 1 | 3 | 0 | 45 | 65 | 6 | 18,229 | 34,886 | 7,5 | 1 | 26,0 | 26,5 | T4 | Punta Junin | 5 | 1 | 22 | 21 | 5,6 | 10 | | 0 |
| **36** | 05 | 12 | 10 | 18 | 50 | 19 | 40,00 | 70 | 15,6 | 168 | 03 | 297 | A06 | 702 | 1 | 40 | 1 | 35 | 100 | 29 | 19,070 | 34,865 | 8,0 | 5 | 26,0 | 26,5 | | | 7 | 1 | 22 | 21 | 5,6 | 10 | | 0 |
| **37** | 05 | 12 | 10 | 20 | 15 | 19 | 40,00 | 70 | 21,0 | 650 | 03 | 297 | A06 | 641 | 1 | 53 | 1 | 19 | 100 | 32 | 21,456 | 35,027 | 8,0 | 10 | 26,0 | 26,5 | | | | 1 | 22 | 21 | 6,2 | 10 | | 4-6 |
| **38** | 05 | 12 | 10 | 22 | 40 | 19 | 40,00 | 70 | 31,5 | 802 | 03 | 297 | A06 | 630 | 1 | 56 | 1 | 22 | 100 | 25 | 21,958 | 35,046 | 9,5 | 20 | 20,5 | 19,0 | | | | 1 | 22 | 21 | 4,0 | 10 | | 4-6 |
| **39** | 05 | 12 | 11 | 2 | 14 | 19 | 40,00 | 70 | 52,0 | 2215 | 03 | 297 | A06 | 603 | 1 | 30 | 1 | 13 | 100 | 4 | 22,132 | 35,216 | 8,5 | 40 | 20,0 | 19,5 | | | | 1 | 22 | | | 10 | | 7-8 |
| **40** | 05 | 12 | 11 | 7 | 26 | 19 | 40,00 | 71 | 25,0 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 561 | 1 | 41 | 1 | 13 | 100 | 11 | 22,131 | 35,102 | 8,5 | 70 | 20,0 | 19,5 | | | 18 | 1 | 22 | 19 | 1,4 | 10 | | 6-8 |
| **41** | 05 | 12 | 11 | 12 | 6 | 19 | 40,00 | 71 | 56,0 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 649 | 1 | 27 | 1 | 28 | 100 | 16 | 21,600 | 35,120 | 8,5 | 100 | 22,0 | 21,5 | | | 20 | 1 | 22 | 19 | 9,1 | 10 | | 2-3 |
| **42** | 05 | 12 | 11 | 15 | 10 | 19 | 21,50 | 71 | 57,4 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 542 | 1 | 45 | 1 | 18 | 100 | 12 | 22,010 | 35,081 | 7,0 | 100 | 28,0 | 27,0 | | Punta Camarones | 18 | 1 | 22 | 20 | 8,3 | 10 | | 2-3 |
| **43** | 05 | 12 | 11 | 18 | 28 | 19 | 2,00 | 71 | 59,4 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 549 | 1 | 35 | 1 | 23 | 100 | 23 | 22,390 | 35,161 | 7,0 | 100 | 27,0 | 25,0 | | Punta Madrid | 19 | 1 | 22 | 20 | 5,6 | 10 | | 2-3 |
| **44** | 05 | 12 | 11 | 21 | 32 | 18 | 44,00 | 72 | 2,0 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 615 | 1 | 52 | 1 | 54 | 100 | 9 | 22,099 | 35,051 | 8,0 | 100 | 26,0 | 24,5 | | Punta Pinto | | 1 | 22 | 20 | 5,8 | 10 | | 2-4 |
| **45** | 05 | 12 | 12 | 0 | 45 | 18 | 25,00 | 72 | 4,0 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 685 | 1 | 55 | 1 | 24 | 100 | 4 | 21,169 | 34,998 | 8,5 | 100 | 21,5 | 21,0 | T5 | Arica | | 1 | 22 | 20 | 8,7 | 10 | | 2-3 |
| **46** | 05 | 12 | 12 | 5 | 20 | 18 | 25,00 | 71 | 32,5 | 2000 | 03 | 297 | A06 | 622 | 1 | 56 | 1 | 30 | 100 | 9 | 22,524 | 35,247 | 7,0 | 70 | 22,0 | 21,0 | | | | 1 | 22 | 18 | 7,1 | 10 | | 8 |
| **47** | 05 | 12 | 12 | 9 | 57 | 18 | 25,00 | 71 | 1,0 | 1021 | 03 | 297 | A06 | 587 | 1 | 45 | 1 | 36 | 100 | 14 | 22,638 | 35,254 | 8,0 | 40 | 23,0 | 21,0 | | | 17 | 1 | 22 | 18 | 7,2 | 10 | | 6-8 |
| **48** | 05 | 12 | 12 | 13 | 33 | 18 | 25,00 | 70 | 40,0 | 646 | 03 | 297 | A06 | 709 | 1 | 43 | 1 | 39 | 100 | 7 | 22,034 | 35,155 | 6,5 | 20 | 25,5 | 25,0 | | | 14 | 1 | 22 | 18 | 10,5 | 10 | | 1-2 |
| **49** | 05 | 12 | 12 | 16 | 3 | 18 | 25,00 | 70 | 30,0 | 110 | 03 | 297 | A06 | 661 | 1 | 43 | 1 | 21 | 100 | 18 | 19,458 | 34,895 | 6,5 | 10 | 25,0 | 24,0 | | | 10 | 1 | 22 | 18 | 7,6 | 10 | | 1-2 |
| **50** | 05 | 12 | 12 | 17 | 25 | 18 | 25,00 | 70 | 24,7 | 63 | 03 | 297 | A06 | 367 | 0 | 58 | 0 | 48 | 55 | 16 | 20,505 | 34,906 | 6,5 | 5 | 23,5 | 22,0 | | | 7 | 1 | 22 | 18 | 8,2 | 10 | | 0 |
| **51** | 05 | 12 | 12 | 19 | 7 | 18 | 25,00 | 70 | 22,0 | 25 | 03 | 297 | A06 | 141 | 0 | 20 | 0 | 17 | 20 | 15 | 20,661 | 34,913 | 7,5 | 1 | 23,5 | 22,0 | | | 5 | 1 | 22 | 19 | | 10 | | 0 |
| **52** | 05 | 12 | 12 | 22 | 0 | 18 | 44,00 | 70 | 25,0 | 141 | 03 | 297 | A06 | 784 | 2 | 3 | 1 | 32 | 100 | 25 | 18,535 | 34,889 | 8,0 | 1 | 22,5 | 21,0 | T5-T4 | Punta Pinto | | 1 | 22 | 18 | 8,7 | 10 | | 0 |
| **53** | 05 | 12 | 13 | 1 | 11 | 19 | 3,00 | 70 | 23,0 | 385 | 03 | 297 | A06 | 604 | 1 | 57 | 1 | 35 | 100 | 4 | 18,857 | 34,886 | 9,0 | 1 | 19,5 | 19,0 | T5-T4 | Punta Madrid | | 1 | 22 | 18 | 7,3 | 10 | | 8 |
| **54** | 05 | 12 | 13 | 4 | 21 | 19 | 22,00 | 70 | 20,0 | 120 | 03 | 297 | A06 | 600 | 1 | 46 | 1 | 27 | 100 | 15 | 17,622 | 34,875 | 8,5 | 1 | 19,0 | 18,5 | T5-T4 | Punta Camarones | | 1 | 22 | 18 | 4,8 | 10 | | 8 |
| **Arica** | 05 | 12 | 12 | 18 | 22 | 18 | 23,30 | 70 | 24,8 | 35 | 03 | 297 | A06 | 191 | 0 | 38 | 0 | 30 | 28 | 14 | 21,109 | 34,927 | 7,5 | 2 | 23,5 | 22,0 | Fija | Arica | 6 | 1 | 22 | 18 | 8,2 | 10 | | 0 |
| **Iquique** | 05 | 12 | 2 | 22 | 20 | 20 | 11,00 | 70 | 10,3 | 67 | 04 | 298 | A07 | 309 | 1 | 18 | 1 | 7 | 60 | 5 | 17,200 | 34,860 | 10,0 | 2 | 19,0 | 17,0 | Fija | Iquique | | 1 | 22 | 22 | 5,0 | 10 | | 6 |
| **Mejillones** | 05 | 12 | 4 | 1 | 22 | 23 | 1,00 | 70 | 23,1 | 91 | 03 | 297 | A06 | 549 | 1 | 22 | 1 | 26 | 80 | 22 | 17,825 | 34,677 | 10,5 | 2 | 18,0 | 17,0 | Fija | Mejillones | | 1 | 22 | 21 | 5,3 | 10 | | 8 |

**Tabla 5.** Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0602 - Verano 2006.

| | | | | | | | | | | | | | | | CALADO | | VIRADO | | CABLE | | | | | | TEMP.AIRE | | NUMERO | LOCALIDAD | | OLAS | | VIENTO | | VISIBI | NUBES | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° EST | FECHA AA | MM | DD | HORA HH | MIN | LAT GR | MIN | LONG GR | MIN | PROF. ECOS. | RED CÓDIGO | MALLA | FLUJÓMETRO COD. | N°FIN. | MIN | SEG | MIN | SEG | ARR. | ÁNG. | TEMP(°C) 0m | SALINI. 0m | PRESIÓN ATMOSF. (hpa) | DISTANCIA COSTA (mn) | SECA | HÚMEDA | TRANSECTA | | SECCHI | ALT. | DIR. | DIR. | VEL. | LIDAD | TIP. | CAN. |
| 1 | 06 | 2 | 11 | 8 | 20 | 21 | 21,0 | 70 | 7,5 | 75 | 03 | 297 | A06 | 441 | 1 | 25 | 1 | 20 | 70 | 32 | 14,8 | 34,9 | 9 | 1 | 20,0 | 19,0 | T3-T4 | Cta Chipana | | 0 | 23 | 23 | 1,0 | 10 | 1 | 3 |
| 2 | 06 | 2 | 11 | 11 | 12 | 21 | 37,5 | 70 | 10,0 | 78 | 03 | 297 | A06 | 402 | 1 | 17 | 1 | 13 | 70 | 4 | 15,5 | 34,9 | 9,0 | 1 | 20,0 | 19,0 | T3-T4 | Pta Arenas | 5,5 | 0 | 23 | 23 | 1,0 | 10 | 0 | 1 |
| 3 | 06 | 2 | 11 | 15 | 10 | 22 | 0,1 | 70 | 12,4 | 64 | 03 | 297 | A06 | 427 | 1 | 19 | 1 | 0 | 55 | 11 | 14,9 | 34,8 | 8,0 | 1 | 24,0 | 23,0 | T3-T4 | Pta Aña | 6 | 0 | 23 | 23 | 1,0 | 10 | 0 | 1 |
| 4 | 06 | 2 | 11 | 20 | 58 | 22 | 33,00 | 70 | 20,0 | 155 | 03 | 297 | A06 | 911 | 1 | 42 | 1 | 41 | 100 | 23 | 15,6 | 34,6 | 7,0 | 1 | 22,5 | 21,0 | T4-T5 | Punta Cobija | | 0 | 23 | 23 | 2,0 | 10 | 0 | 1 |
| 5 | 06 | 2 | 11 | 22 | 30 | 22 | 46,00 | 70 | 20,0 | 117 | 03 | 297 | A06 | 875 | 1 | 53 | 1 | 47 | 70 | 36 | 18,9 | 34,6 | 9,0 | 1 | 20,5 | 19,0 | T4-T5 | Punta Gualaguala | | 0 | 23 | 23 | 2,0 | 10 | 0 | 1 |
| 6 | 06 | 2 | 12 | 5 | 24 | 23 | 0,70 | 70 | 37,5 | 600 | 03 | 297 | A06 | 640 | 2 | 32 | 1 | 18 | 100 | 17 | 16,2 | 34,7 | 8,6 | 1 | 19,0 | 18,3 | T4-T5 | Punta Baja | | 0 | 23 | 23 | 1,0 | 10 | 0 | 8 |
| 7 | 06 | 2 | 12 | 9 | 24 | 23 | 27,80 | 70 | 40,0 | 604 | 03 | 297 | A06 | 651 | 1 | 38 | 1 | 43 | 100 | 14 | 14,4 | 34,7 | 9,0 | 1 | 21,0 | 20,0 | T4-T5 | Caleta Errázuriz | 10,5 | 0 | 23 | 23 | 0,0 | 10 | 2 | 6 |
| 8 | 06 | 2 | 12 | 13 | 11 | 23 | 40,00 | 70 | 26,0 | 93 | 03 | 297 | A06 | 618 | 1 | 49 | 1 | 10 | 90 | 20 | 18,7 | 34,6 | 9,0 | 1 | 25,0 | 23,7 | T5 | Bahía Moreno | 3 | 0 | 23 | 23 | 4,0 | 10 | 0 | 0 |
| 9 | 06 | 2 | 12 | 14 | 34 | 23 | 40,00 | 70 | 30,0 | 141 | 03 | 297 | A06 | 612 | 1 | 34 | 1 | 38 | 100 | 20 | 19,5 | 34,6 | 9,0 | 5 | 22,0 | 21,0 | T5 | Bahía Moreno | 3,5 | 0 | 23 | 23 | 4,0 | 10 | 0 | 1 |
| 10 | 06 | 2 | 12 | 16 | 33 | 23 | 40,00 | 70 | 35,0 | 431 | 03 | 297 | A06 | 889 | 1 | 48 | 1 | 33 | 100 | 25 | 17,9 | 34,5 | 8,0 | 10 | 22,0 | 21,0 | T5 | Bahía Moreno | 7,5 | 0 | 23 | 23 | 3,0 | 10 | 2 | 8 |
| 11 | 06 | 2 | 12 | 19 | 10 | 23 | 40,00 | 70 | 46,0 | 2000 | 03 | 297 | A06 | 670 | 1 | 32 | 1 | 32 | 100 | 15 | 20,6 | 34,6 | 7,5 | 20 | 22,0 | 21,0 | T5 | Bahía Moreno | | 0 | 23 | 23 | 3,0 | 10 | 2 | 8 |
| 12 | 06 | 2 | 12 | 23 | 21 | 23 | 40,00 | 71 | 8,0 | 3000 | 03 | 297 | A06 | 659 | 1 | 48 | 1 | 35 | 100 | 16 | 22,7 | 34,7 | 7,0 | 40 | 22,0 | 21,0 | T5 | Bahía Moreno | | 0 | 23 | 23 | 3,0 | 10 | 2 | 8 |
| 13 | 06 | 2 | 13 | 4 | 55 | 23 | 40,00 | 71 | 40,0 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 632 | 1 | 41 | 1 | 23 | 100 | 7 | 22,2 | 34,7 | 8,5 | 70 | 21,0 | 20,0 | T5 | Bahía Moreno | | 0 | 23 | 18 | 1,0 | 10 | 2 | 3 |
| 14 | 06 | 2 | 13 | 10 | 5 | 23 | 40,00 | 72 | 12,0 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 700 | 1 | 51 | 1 | 38 | 100 | 6 | 22,7 | 34,9 | 8,5 | 100 | 21,5 | 20,0 | T5 | Bahía Moreno | 18 | 0 | 23 | 23 | 2,0 | 10 | 2 | 6 |
| 15 | 06 | 2 | 13 | 13 | 59 | 23 | 20 | 72 | 10,2 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 620 | 1 | 41 | 1 | 32 | 100 | 4 | 22,9 | 34,9 | 9 | 100 | 25 | 23,0 | T5-T4 | leta Bandurria del : | 20 | 0 | 23 | 23 | 3,0 | 10 | 2 | 5 |
| 16 | 06 | 2 | 13 | 17 | 38 | 23 | 0 | 72 | 7,7 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 650 | 1 | 35 | 1 | 26 | 100 | 7 | 22,8 | 34,9 | 6,0 | 100 | 28,0 | 25,0 | T5-T4 | Punta Chacaya | 24 | 0 | 23 | 23 | 2,0 | 10 | 2 | 3 |
| 17 | 06 | 2 | 13 | 21 | 10 | 22 | 40 | 72 | 4,7 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 612 | 1 | 48 | 1 | 49 | 100 | 6 | 23,3 | 34,9 | 6,5 | 100 | 29,5 | 27,0 | T5-T4 | Punta Tames | | 0 | 23 | 23 | 0,0 | 10 | 2 | 6 |
| 18 | 06 | 2 | 14 | 4 | 20 | 22 | 20 | 72 | 2 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 612 | 1 | 45 | 1 | 26 | 100 | 14 | 23,3 | 34,8 | 8,0 | 100 | 23,0 | 21,5 | T4 | Pta. Copaca | | 0 | 23 | 32 | 2,0 | 10 | 2 | 8 |
| 19 | 06 | 2 | 14 | 9 | 29 | 22 | 20 | 71 | 30,2 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 630 | 1 | 44 | 1 | 36 | 100 | 15 | 23,6 | 34,8 | 9,0 | 70 | 23,0 | 22,0 | T4 | Pta. Copaca | 19 | 0 | 23 | 5 | 1,0 | 10 | 2 | 6 |
| 20 | 06 | 2 | 14 | 14 | 36 | 22 | 20 | 70 | 57,7 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 600 | 1 | 32 | 1 | 10 | 100 | 26 | 24,4 | 35,1 | 8,0 | 40 | 27,5 | 25,0 | T4 | Pta. Copaca | 20 | 0 | 23 | 14 | 1,0 | 10 | 2 | 1 |
| 21 | 06 | 2 | 14 | 18 | 37 | 22 | 20 | 70 | 36,5 | 1581 | 03 | 297 | A06 | 630 | 1 | 35 | 1 | 33 | 100 | 4 | 21,0 | 34,6 | 8,0 | 20 | 28,0 | 26,0 | T4 | Pta. Copaca | 19 | 0 | 23 | 14 | 1,0 | 10 | 2 | 1 |
| 22 | 06 | 2 | 14 | 21 | 16 | 22 | 20 | 70 | 25,7 | 840 | 03 | 297 | A06 | 690 | 1 | 40 | 1 | 40 | 100 | 19 | 17,8 | 34,4 | 8,0 | 10 | 28,0 | 26,0 | T4 | Pta. Copaca | | 0 | 23 | 14 | 1,0 | 10 | 2 | 1 |
| 23 | 06 | 2 | 14 | 23 | 16 | 22 | 20 | 70 | 20,4 | 423 | 03 | 297 | A06 | 749 | 1 | 46 | 1 | 35 | 100 | 29 | 15,9 | 34,5 | 8,0 | 5 | 28,0 | 26,0 | T4 | Pta. Copaca | | 0 | 23 | 14 | 2,0 | 10 | 2 | 1 |
| 24 | 06 | 2 | 15 | 0 | 53 | 22 | 20 | 70 | 16,3 | 118 | 03 | 297 | A06 | 900 | 1 | 41 | 1 | 51 | 100 | 33 | 16,0 | 34,7 | 8,5 | 1 | 22,0 | 21,5 | T4 | Pta. Copaca | | 0 | 23 | 14 | 2,0 | 10 | 0 | 0 |
| 25 | 06 | 2 | 15 | 12 | 24 | 21 | 0,0 | 70 | 11,5 | 76 | 03 | 297 | A06 | 415 | 1 | 11 | 0 | 56 | 100 | 6 | 14,1 | 34,9 | 9,0 | 1 | 23,0 | 21,5 | T3 | Pta. Lobos | 4 | 0 | 23 | 23 | 3,0 | 10 | 1 | 1 |
| 26 | 06 | 2 | 15 | 13 | 43 | 21 | 0,0 | 70 | 15,4 | 94 | 03 | 297 | A06 | 590 | 1 | 28 | 1 | 15 | 100 | 11 | 16,5 | 34,7 | 9,0 | 5 | 22,0 | 20,5 | T3 | Pta. Lobos | 19 | 0 | 23 | 18 | 3,0 | 10 | 1 | 1 |
| 27 | 06 | 2 | 15 | 15 | 8 | 21 | 0,0 | 70 | 20,5 | 107 | 03 | 297 | A06 | 690 | 1 | 51 | 1 | 28 | 100 | 17 | 18,9 | 34,7 | 8,0 | 10 | 22,5 | 21,5 | T3 | Pta. Lobos | 11 | 0 | 23 | 23 | 3,0 | 10 | 1 | 1 |
| 28 | 06 | 2 | 15 | 17 | 15 | 21 | 0,0 | 70 | 31,2 | 812 | 03 | 297 | A06 | 635 | 1 | 47 | 1 | 37 | 100 | 6 | 17,3 | 34,6 | 7,0 | 20 | 24,0 | 22,5 | T3 | Pta. Lobos | 14,5 | 0 | 23 | 23 | 3,0 | 10 | 1 | 2 |
| 29 | 06 | 2 | 15 | 21 | 8 | 21 | 0,0 | 70 | 52,5 | 2670 | 03 | 297 | A06 | 720 | 1 | 45 | 1 | 32 | 100 | 19 | 22,6 | 34,7 | 7,5 | 40 | 24,0 | 22,0 | T3 | Pta. Lobos | | 0 | 23 | 23 | 0,0 | 10 | 1 | 2 |
| 30 | 06 | 2 | 16 | 2 | 39 | 21 | 0,0 | 71 | 24,0 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 665 | 1 | 45 | 1 | 32 | 100 | 5 | 24,5 | 34,9 | 8,5 | 70 | 23,0 | 22,0 | T3 | Pta. Lobos | | 0 | 23 | 23 | 3,0 | 10 | 1 | 1 |
| 31 | 06 | 2 | 16 | 7 | 52 | 21 | 0,0 | 71 | 56,3 | 5000 | 03 | 297 | A06 | 720 | 1 | 50 | 1 | 43 | 100 | 16 | 24,3 | 35,2 | 9,0 | 100 | 24,0 | 22,0 | T3 | Pta. Lobos | | 0 | 23 | 23 | 3,0 | 10 | 1 | 1 |
| 32 | 06 | 2 | 16 | 12 | 39 | 20 | 48,0 | 71 | 29,8 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 640 | 1 | 49 | 1 | 22 | 100 | 15 | 24,5 | 34,9 | 9,5 | 80 | 27,0 | 25,5 | T3-T2 | Pta. Patache | 23 | 0 | 23 | 18 | 3,0 | 10 | 1 | 2 |
| 33 | 06 | 2 | 16 | 18 | 17 | 20 | 35,0 | 71 | 3,0 | 3000 | 03 | 297 | A06 | 965 | 1 | 44 | 1 | 24 | 100 | 44 | 22,3 | 34,7 | 7,0 | 60 | 27,0 | 25,5 | T3-T2 | Caleta Ligate | 13 | 0 | 23 | 18 | 3,0 | 10 | 1 | 1 |
| 34 | 06 | 2 | 16 | 23 | 25 | 20 | 23,0 | 70 | 36,0 | 1013 | 03 | 297 | A06 | 610 | 1 | 47 | 1 | 37 | 75 | 16 | 18,1 | 34,8 | 7,0 | 40 | 27,0 | 25,5 | T3-T2 | Punta Gruesa | | 0 | 23 | 18 | 3,0 | 10 | 1 | 1 |
| 35 | 06 | 2 | 17 | 7 | 5 | 19 | 40,00 | 70 | 11,5 | 81 | 03 | 297 | A06 | 435 | 1 | 23 | 1 | 9 | 100 | 6 | 14,1 | 34,8 | 6,5 | 1 | 19,0 | 17,5 | T2 | Pta. Junin | | 0 | 23 | 14 | 0,0 | 10 | 1 | 1 |
| 36 | 06 | 2 | 17 | 8 | 23 | 19 | 40,00 | 70 | 15,6 | 319 | 03 | 297 | A06 | 632 | 1 | 41 | 1 | 37 | 100 | 16 | 13,8 | 34,9 | 7,0 | 5 | 19,0 | 17,5 | T2 | Pta. Junin | 5 | 0 | 23 | 2 | 5,6 | 10 | 1 | 1 |
| 37 | 06 | 2 | 17 | 10 | 0 | 19 | 40,00 | 70 | 21,0 | 660 | 03 | 297 | A06 | 600 | 1 | 47 | 1 | 34 | 100 | 23 | 18,0 | 34,8 | 9,5 | 10 | 20,0 | 18,0 | T2 | Pta. Junin | 11 | 0 | 23 | 2 | 6,0 | 10 | 1 | 1 |
| 38 | 06 | 2 | 17 | 12 | 31 | 19 | 40,00 | 70 | 31,5 | 798 | 03 | 297 | A06 | 750 | 1 | 44 | 1 | 31 | 100 | 22 | 18,7 | 34,8 | 8,0 | 20 | 22,0 | 21,0 | T2 | Pta. Junin | 13 | 0 | 23 | 17 | 6,2 | 10 | 1 | 1 |
| 39 | 06 | 2 | 17 | 16 | 22 | 19 | 40,00 | 70 | 52,0 | 2000 | 03 | 297 | A06 | 781 | 1 | 39 | 1 | 27 | 100 | 29 | 23,7 | 34,9 | 5,0 | 40 | 23,5 | 22,0 | T2 | Pta. Junin | 19 | 0 | 23 | 17 | 13,5 | 10 | 1 | 2 |
| 40 | 06 | 2 | 17 | 22 | 21 | 19 | 40,00 | 71 | 25,0 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 710 | 1 | 51 | 1 | 29 | 100 | 16 | 25,3 | 35,1 | 5,0 | 70 | 23,5 | 22,0 | T2 | Pta. Junin | | 0 | 23 | 23 | 14,5 | 10 | 1 | 4 |
| 41 | 06 | 2 | 18 | 3 | 39 | 19 | 40,00 | 71 | 56,0 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 670 | 1 | 45 | 1 | 31 | 100 | 9 | 25,6 | 35,3 | 8,0 | 100 | 23,0 | 22,0 | T2 | Pta. Junin | | 0 | 23 | 15 | 7,6 | 10 | 1 | 5 |
| 42 | 06 | 2 | 18 | 7 | 6 | 19 | 21,50 | 71 | 57,4 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 665 | 1 | 58 | 1 | 47 | 100 | 7 | 25,7 | 35,3 | 8,0 | 100 | 23,5 | 22,0 | T2-T1 | Pta. Camarones | | 0 | 23 | 19 | 7,5 | 10 | 1 | 6 |
| 43 | 06 | 2 | 18 | 10 | 40 | 19 | 2,00 | 71 | 59,4 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 710 | 1 | 44 | 1 | 31 | 100 | 15 | 25,9 | 35,4 | 9,0 | 100 | 25,5 | 24,0 | T2-T1 | Pta. Madrid | 17 | 0 | 23 | 23 | 8,7 | 10 | 1 | 3 |
| 44 | 06 | 2 | 18 | 14 | 9 | 18 | 44,00 | 72 | 2,0 | 6000 | 03 | 297 | A06 | 610 | 1 | 40 | 1 | 20 | 100 | 18 | 25,5 | 35,3 | 7,0 | 100 | 29,5 | 27,5 | T2-T1 | Pta. Pinto | 19 | 0 | 23 | 15 | 9,1 | 10 | 1 | 6 |
| 45 | 06 | 2 | 18 | 18 | 0 | 18 | 25,00 | 72 | 4,0 | 6000 | 03 | 297 | A06 | 665 | 1 | 38 | 1 | 26 | 100 | 15 | 25,1 | 35,0 | 5,0 | 100 | 31,0 | 29,0 | T1 | Arica | 18,5 | 0 | 23 | 21 | 10,3 | 10 | 1 | 4 |
| 46 | 06 | 2 | 18 | 23 | 55 | 18 | 25,00 | 71 | 32,5 | 4000 | 03 | 297 | A06 | 660 | 1 | 45 | 1 | 6 | **100** | **32** | 25,1 | 35,0 | 7,0 | 70 | 24,5 | 23,0 | T1 | Arica | | 0 | 23 | 21 | 10,2 | 10 | 1 | 6 |
| 47 | 06 | 2 | 19 | 5 | 31 | 18 | 25,00 | 71 | 1,0 | 974 | 03 | 297 | A06 | 750 | 1 | 29 | 1 | 27 | **100** | **29** | 23,8 | 35,0 | 8,0 | 40 | 23,0 | 22,0 | T1 | Arica | | 0 | 23 | 15 | 7,2 | 10 | 1 | 6 |
| 48 | 06 | 2 | 19 | 9 | 56 | 18 | 25,00 | 70 | 40,0 | 652 | 03 | 297 | A06 | 670 | 1 | 32 | 1 | 47 | **100** | **9** | 18,2 | 34,8 | 8,0 | 20 | 21,5 | 20,0 | T1 | Arica | 9 | 0 | 23 | 15 | 4,5 | 10 | 1 | 4 |
| 49 | 06 | 2 | 19 | 12 | 23 | 18 | 25,00 | 70 | 30,0 | 110 | 03 | 297 | A06 | 595 | 1 | 38 | 1 | 24 | **95** | **10** | 17,9 | 34,9 | 9,0 | 10 | 21,5 | 20,0 | T1 | Arica | 5,5 | 0 | 23 | 20 | 5,8 | 10 | 1 | 3 |
| 50 | 06 | 2 | 19 | 13 | 48 | 18 | 25,00 | 70 | 24,7 | 64 | 03 | 297 | A06 | 475 | 0 | 54 | 0 | 55 | **55** | **18** | 16,4 | 34,8 | 8,0 | 5 | 26,0 | 24,0 | T1 | Arica | 4 | 0 | 23 | 23 | 9,4 | 10 | 1 | 2 |
| 51 | 06 | 2 | 19 | 15 | 39 | 18 | 25,00 | 70 | 22,0 | 25 | 03 | 297 | A06 | 119 | 0 | 19 | 0 | 20 | 20 | 11 | 16,3 | 34,9 | 7,0 | 1 | 25,0 | 23,5 | T1 | Arica | | 0 | 23 | 23 | 12,0 | 10 | 1 | 2 |
| 52 | 06 | 2 | 19 | 18 | 50 | 18 | 44,00 | 70 | 25,0 | 138 | 03 | 297 | A06 | 765 | 1 | 41 | 1 | 20 | 100 | 18 | 17,1 | 34,8 | 6,5 | 2 | 22,0 | 20,5 | T1-T2 | Pta. Pinto | | 0 | 23 | 19 | 10,2 | 10 | 1 | 2 |
| 53 | 06 | 2 | 19 | 22 | 4 | 19 | 3,00 | 70 | 23,0 | 397 | 03 | 297 | A06 | 610 | 1 | 47 | 1 | 39 | 100 | 13 | 17,3 | 34,8 | 9,0 | 2 | 22,0 | 21,0 | T1-T2 | Pta. Madrid | | 0 | 23 | 19 | 0,0 | 10 | 1 | 2 |
| 54 | 06 | 2 | 19 | 1 | 25 | 19 | 22,00 | 70 | 20,0 | 120 | 03 | 297 | A06 | 670 | 1 | 41 | 1 | 39 | 100 | 17 | 17,0 | 34,8 | 9,5 | 2 | 19,0 | 18,0 | T1-T2 | Pta. Camarones | | 0 | 23 | 16 | 2,6 | 10 | 1 | 0 |
| Arica | 06 | 2 | 19 | 14 | 40 | 18 | 23,30 | 70 | 23,6 | 47 | 03 | 297 | A06 | 260 | 0 | 43 | 0 | 41 | 47 | 13 | 15,2 | 34,9 | 8,0 | 2 | 25,5 | 23,5 | Fija | Arica | 4 | 0 | 23 | 23 | 9,5 | 10 | 1 | 2 |
| Iquique | 06 | 2 | 10 | 19 | 50 | 20 | 11,00 | 70 | 10,3 | 68 | 03 | 297 | A06 | 494 | 1 | 13 | 0 | 56 | 60 | 6 | 15,2 | 34,9 | 7,5 | 2 | 26,5 | 25,5 | Fija | Iquique | | 0 | 23 | 23 | 4,8 | 10 | 1 | 1 |
| Mejillone | 06 | 2 | 12 | 2 | 13 | 23 | 1,00 | 70 | 24,8 | 96 | 03 | 297 | A06 | 538 | 2 | 35 | 1 | 44 | 90 | 3 | 15,4 | 34,7 | 9,3 | 2 | 20,5 | 19,5 | Fija | Mejillones | | 0 | 23 | 23 | 7,3 | 10 | 1 | 5 |

**Tabla 6. Categorías por densidad**

| Categoría | Intervalo (t/mn²) | Calificación de densidad |
|---|---|---|
| I | 1 - 75 | Muy baja |
| II | 76 - 150 | Baja |
| III | 151 - 300 | Densa |
| IV | 301 - > | Muy densa |

**Tabla 7.** Valores máximos y mínimos de las principales variables monitoreadas en los cruceros MOBIO de invierno y primavera de 2005 y verano de 2006.

| | VARIABLE | MÁXIMO | | | | | | MÍNIMO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | OBSERVADA | VALOR | ESTACIÓN | LATITUD | LONGITUD | TRANS | D.COST (mn) | VALOR | ESTACIÓN | LATITUD | LONGITUD | TRANS | D.COST (mn) |
| INVIERNO 2005 | Temperatura superficial (°C) | 17.42 | 16 | 18 ° 25 'S | 71 ° 2 'W | T5 | 40 | 12.015 | 95 | 31 ° 15 'S | 71 ° 40 'W | T11 | 1 |
| | Salinidad superficial (psu) | 35.12 | 14 | 18 ° 25 'S | 72 ° 4 'W | T5 | 100 | 33.751 | 101 | 32 ° 10 'S | 72 ° 54 'W | T12 | 70 |
| | Densidad superficial(sigma-t) | 26.20 | 95 | 31 ° 15 'S | 71 ° 40 'W | T11 | 1 | 25.276 | 101 | 32 ° 10 'S | 72 ° 54 'W | T12 | 70 |
| | Anomalía de temperatura sup. (°C) | 0.76 | 47 | 23 ° 30 'S | 70 ° 39 'W | inter T2-T1 | 1 | -2.432 | 32 | 21 ° 40 'S | 70 ° 10 'W | inter T4-T3 | 1 |
| | Anomalía de salinidad sup. (psu) | 0.11 | 28 | 21 ° 0 'S | 70 ° 52 'W | T3 | 40 | -0.379 | 38 | 22 ° 20 'S | 70 ° 58 'W | T2 | 40 |
| | Prof. Isoterma de 15°C (m) | 80.00 | 54 | 23 ° 40 'S | 72 ° 14 'W | T1 | 100 | 0 | 62 | 26 ° 20 'S | 72 ° 28 'W | T7 | 100 |
| | Anomalía prof. Isoterma de 15°C (m) | 36.00 | 54 | 23 ° 40 'S | 72 ° 14 'W | T1 | 100 | -36 | 37 | 22 ° 20 'S | 70 ° 37 'W | T2 | 20 |
| | Oxígeno disuelto superficial(mL/L) | 7.77 | 37 | 22 ° 20 'S | 70 ° 36.7 'W | T2 | 20 | 2.35 | 19 | 18 ° 25 'S | 70 ° 25.3 'W | T5 | 5 |
| | Espesor de la capa de mezcla (m) | 47.00 | 89 | 31 ° 15 'S | 73 ° 34 'W | 11 | 100 | 0 | 94 | 31 ° 15 'S | 71 ° 44 'W | T11 | 5 |
| | Profundidad final termoclina (m) | 91.00 | 54 | 23 ° 40 'S | 72 ° 14 'W | T5 | 100 | 5 | 70 | 27 ° 40 'S | 71 ° 8 'W | T8 | 5 |
| | Temperatura final termoclina (°C) | 15.03 | 7 | 19 ° 40 'S | 70 ° 11.8 'W | T4 | 1 | 11.47 | 79 | 29 ° 00 'S | 71° 52.9 'W | T9 | 20 |
| | Espesor de la termoclina (m) | 18.00 | 22 | 20 ° 30 'S | 70 ° 57 'W | inter T5-T3 | 45 | 0 | ** | | | | |
| | Gradiente promedio termoclina (°C/m) | 0.30 | ** | | | | | 0 | ** | | | | |
| | Prof. gradiente. máximo de la termocl (m) | 89.00 | 54 | 23 ° 40 'S | 73 ° 13.7 'W | T1 | 100 | 4 | 43 | 22 ° 50 'S | 70 ° 20.1 'W | inter T2-T1 | 1 |
| | Máximo gradiente termoclina (°C/m) | 0.72 | 29 | 21 ° 00 'S | 71 ° 24.4 'W | T3 | 70 | 0 | ** | | | | |
| | Profundidad de inicio de la capa de mínimo OD | > 300 | 88 | 30 ° 20 'S | 73 ° 36 'W | T10 | 100 | 12 | 19 | 18 ° 25 'S | 70 ° 25 'W | T5 | 5 |
| PRIMAVERA 2005 | Temperatura superficial (°C) | 22.64 | 47 | 18 ° 25 'S | 71 ° 1 'W | T5 | 40 | 15.445 | 21 | 22 ° 20 'S | 70 ° 16 'W | T2 | 1 |
| | Salinidad superficial (psu) | 35.25 | 47 | 18 ° 25 'S | 71 ° 1 'W | T5 | 40 | 34.515 | 8 | 23 ° 40 'S | 70 ° 46 'W | T1 | 20 |
| | Densidad superficial(sigma-t) | 25.72 | 21 | 22 ° 20 'S | 70 ° 16 'W | T2 | 1 | 24.229 | 44 | 18 ° 44 'S | 72 ° 2 'W | inter T5-T4 | 100 |
| | Anomalía de temperatura sup. (°C) | 3.11 | 37 | 19 ° 40 'S | 70 ° 21 'W | T4 | 10 | -3.62 | 25 | 21 ° 0 'S | 70 ° 12 'W | T3 | 1 |
| | Anomalía de salinidad sup. (psu) | 0.24 | 47 | 18 ° 25 'S | 71 ° 1 'W | T5 | 40 | -0.35 | 34 | 20 ° 23 'S | 70 ° 36 'W | inter T3-T4 | 20 |
| | Prof. Isoterma de 15°C (m) | 76.00 | 16 | 22 ° 20 'S | 71 ° 30 'W | T2 | 70 | 3 | 20 | 22 ° 20 'S | 70 ° 20 'W | T2 | 5 |
| | Anomalía prof. Isoterma de 15°C (m) | 27.00 | 16 | 22 ° 20 'S | 71 ° 30 'W | T2 | 70 | -28 | 33 | 20 ° 35 'S | 71 ° 3 'W | inter T3-T4 | 50 |
| | Oxígeno disuelto superficial(mL/L) | 8.13 | 7 | 23 ° 40 'S | 70 ° 36 'W | T1 | 10 | 2.51 | 21 | 22 ° 20 'S | 70 ° 16 'W | T2 | 1 |
| | Espesor de la capa de mezcla (m) | 32.00 | 12 | 23 ° 20 'S | 72 ° 10 'W | inter T2-T1 | 100 | 0 | ** | | | | |
| | Profundidad final termoclina (m) | 54.00 | 12 | 23 ° 20 'S | 72 ° 10 'W | inter T2-T1 | 100 | 4 | 21 | 22 ° 20 'S | 70 ° 16 'W | T2 | 1 |
| | Temperatura final termoclina (°C) | 17.90 | 10 | 23 ° 40 'S | 71 ° 40 'W | T1 | 70 | 12.98 | 2 | 22 ° 48 'S | 70 ° 21 'W | inter T2-T1 | 1 |
| | Espesor de la termoclina (m) | 43.00 | 48 | 18 ° 25 'S | 70 ° 40 'W | T5 | 20 | 2 | 21 | 22 ° 20 'S | 70 ° 16 'W | T2 | 1 |
| | Gradiente promedio termoclina (°C/m) | 0.46 | 29 | 21 ° 0 'S | 70 ° 53 'W | T3 | 40 | 0.12 | 13 - 21 | * | * | * | * |
| | Prof. gradiente. máximo de la termocl (m) | 43.00 | 12 | 23 ° 20 'S | 72 ° 10 'W | inter T2-T1 | 100 | 3 | 20 - 21 | * | * | * | * |
| | Máximo gradiente termoclina (°C/m) | 1.18 | 6 | 23 ° 40 'S | 70 ° 30 'W | T1 | 5 | 0.13 | 21 | 22 ° 20 'S | 70 ° 16 'W | T2 | 1 |
| | Profundidad de inicio de la capa de mínimo OD | 130.10 | 10 | 23 ° 40 'S | 71 ° 40 'W | T1 | 70 | 9.1 | 20 | 22 ° 20 'S | 70 ° 20 'W | T2 | 5 |
| VERANO 2006 | Temperatura superficial (°C) | 25.94 | 43 | 19 ° 2 'S | 71 ° 59 'W | inter T4-T5 | 100 | 14.656 | 7 | 23 ° 28 'S | 70 ° 40 'W | inter T2-T1 | 1 |
| | Salinidad superficial (psu) | 35.43 | 43 | 19 ° 2 'S | 71 ° 59 'W | inter T4-T5 | 100 | 34.451 | 22 | 22 ° 20 'S | 70 ° 26 'W | T2 | 10 |
| | Densidad superficial(sigma-t) | 25.81 | 7 | 23 ° 28 'S | 70 ° 40 'W | inter T2-T1 | 1 | 23.207 | 45 | 18 ° 25 'S | 72 ° 4 'W | T5 | 100 |
| | Anomalía de temperatura sup. (°C) | 3.24 | 8 | 23 ° 40 'S | 70 ° 26 'W | T1 | 1 | -4.418 | 25 | 21 ° 0 'S | 70 ° 12 'W | T3 | 1 |
| | Anomalía de salinidad sup. (psu) | 0.12 | 43 | 19 ° 2 'S | 71 ° 59 'W | inter T4-T5 | 100 | -0.421 | 21 | 22 ° 20 'S | 70 ° 36 'W | T2 | 20 |
| | Prof. Isoterma de 15°C (m) | 66.00 | 17 | 22 ° 40 'S | 72 ° 5 'W | inter T1-T2 | 100 | 4 | 35 | 19 ° 40 'S | 70 ° 12 'W | T4 | 1 |
| | Anomalía prof. Isoterma de 15°C (m) | 18.00 | 21 | 22 ° 20 'S | 70 ° 36 'W | T2 | 20 | -34 | 35 | 19 ° 40 'S | 70 ° 12 'W | T4 | 1 |
| | Oxígeno disuelto superficial(mL/L) | 9.41 | 9 | 23 ° 40 'S | 70 ° 30 'W | T1 | 5 | 4.56 | 7 | 23 ° 28 'S | 70 ° 40 'W | inter T2-T1 | 1 |
| | Espesor de la capa de mezcla (m) | 14.00 | 42 | 19 ° 21 'S | 71 ° 57 'W | inter T4-T5 | 100 | 0 ** | * | * | * | * | * |
| | Profundidad final termoclina (m) | 53.00 | 43 | 19 ° 2 'S | 71 ° 59 'W | inter T4-T5 | 100 | 6 | 3 - 6 | * | * | * | 1 - 1 |
| | Temperatura final termoclina (°C) | 17.48 | 11 | 23 ° 40 'S | 70 ° 46 'W | T1 | 20 | 13.41 | 28 | 21 ° 0 'S | 70 ° 31 'W | T3 | 20 |
| | Espesor de la termoclina (m) | 38.00 | 45 | 18 ° 25 'S | 72 ° 4 'W | T5 | 100 | 3 | 3 - 6 | 23 ° 1 'S | 70 ° 38 'W | inter T2-T1 | 1 - 1 |
| | Gradiente promedio termoclina (°C/m) | 0.74 | 4 | 22 ° 33 'S | 70 ° 20 'W | inter T2-T1 | 1 | 0.14 | 2 | 21 ° 38 'S | 70 ° 10 'W | inter T3-T2 | 1 |
| | Prof. gradiente. máximo de la termocl (m) | 31.00 | 31 | 21 ° 0 'S | 71 ° 56 'W | T3 | 100 | 4 | 23 - 35 | * | * | * | 5 - 1 |
| | Máximo gradiente termoclina (°C/m) | 2.61 | Arica | 18 ° 23 'S | 70 ° 24 'W | Fija | 2 | 0.18 | 2 | 21 ° 38 'S | 70 ° 10 'W | inter T3-T2 | 1 |
| | Profundidad de inicio de la capa de mínimo OD | 150.00 | 14 | 23 ° 40 'S | 72 ° 12 'W | T1 | 100 | 5 | 36 | 19 ° 40 'S | 70 ° 16 'W | T4 | 5 |

**Tabla 8.** Bitácora de las estaciones con medición de transparencia del agua, profundidades del 10%, 1% de penetración de luz y CM en los cruceros MOBIO de invierno y primavera de 2005 y verano de 2006.

| INVIERNO 2005 | | | | | | | | PRIMAVERA 2005 | | | | | | | | VERANO 2006 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tran | est | dcost | Hora | Secchi | 10% | 1% | CM | tran | est | dcost | Hora | Secchi | 10% | 1% | CM | tran | est | dcost | Hora | Secchi | 10% | 1% | CM |
| T4 | 4 | 20 | 8:18 | 7,0 | 9,0 | 21,0 | 3 | inter T2-T1 | 4 | 1 | 8:17 | 10,0 | 12,5 | 29,5 | 0 | inter T3-T2 | 2 | 1 | 11:12 | 5,5 | 7,0 | 17,0 | 0 |
| T4 | 6 | 5 | 12:58 | 6,0 | 7,5 | 17,5 | 0 | T1 | 5 | 1 | 11:57 | 3,5 | 5,0 | 12,0 | 3 | inter T3-T2 | 3 | 1 | 15:10 | 6,0 | 7,5 | 17,5 | 0 |
| T4 | 7 | 1 | 14:16 | 6,0 | 7,5 | 17,5 | 0 | T1 | 6 | 5 | 13:11 | 3,5 | 5,0 | 12,0 | 0 | inter T2-T1 | 7 | 1 | 9:24 | 10,0 | 13,5 | 30,5 | 4 |
| inter T4-T5 | 9 | 1 | 14:10 | 6,0 | 7,5 | 17,5 | 2 | T1 | 7 | 10 | 14:35 | 5,0 | 6,0 | 14,0 | 0 | T1 | 8 | 1 | 13:11 | 3,0 | 4,0 | 9,0 | 2 |
| inter T4-T5 | 11 | 1 | 13:33 | 10,0 | 12,5 | 29,5 | 0 | inter T1-T2 | 12 | 100 | 10:10 | 16,0 | 20,0 | 47,0 | 32 | T1 | 9 | 5 | 14:34 | 3,5 | 4,5 | 10,5 | 0 |
| T5 | 14 | 100 | 11:13 | 13,0 | 17,0 | 37,5 | 2 | inter T1-T2 | 13 | 100 | 13:30 | 22,0 | 28,0 | 64,0 | 6 | T1 | 10 | 10 | 16:33 | 7,5 | 10,0 | 23,0 | 0 |
| T5 | 20 | 1 | 8:34 | 3,5 | 5,0 | 12,0 | 0 | inter T1-T2 | 14 | 100 | 16:55 | 21,0 | 27,0 | 62,0 | 4 | T1 | 14 | 100 | 10:05 | 18,0 | 23,0 | 53,0 | 9 |
| T3 | 25 | 5 | 17:13 | 5,0 | 6,0 | 14,0 | 4 | T2 | 18 | 20 | 9:45 | 10,0 | 12,5 | 29,5 | 3 | inter T2-T1 | 15 | 100 | 13:59 | 20,0 | 25,5 | 58,0 | 2 |
| inter T3-T2 | 32 | 1 | 11:40 | 4,5 | 5,5 | 13,5 | 3 | T2 | 19 | 10 | 12:21 | 8,0 | 11,0 | 25,0 | 0 | inter T2-T1 | 16 | 100 | 17:38 | 24,0 | 30,0 | 70,0 | 0 |
| inter T3-T2 | 33 | 1 | 9:25 | 5,5 | 7,0 | 17,0 | 9 | T2 | 20 | 5 | 14:08 | 6,0 | 7,5 | 17,5 | 0 | T2 | 19 | 70 | 9:29 | 19,0 | 24,0 | 55,0 | 8 |
| T2 | 34 | 1 | 10:27 | 5,0 | 6,0 | 14,0 | 0 | T2 | 21 | 1 | 15:33 | 9,0 | 12,0 | 27,0 | 0 | T2 | 20 | 40 | 14:36 | 20,0 | 25,5 | 58,0 | 0 |
| T2 | 35 | 5 | 11:39 | 8,0 | 11,0 | 25,0 | 2 | inter T2-T3 | 22 | 1 | 18:37 | 9,0 | 12,0 | 27,0 | 0 | T2 | 21 | 20 | 18:37 | 19,0 | 24,0 | 55,0 | 0 |
| T2 | 36 | 10 | 13:11 | 11,0 | 14,0 | 32,0 | 2 | T4 | 35 | 1 | 17:36 | 4,5 | 5,5 | 13,5 | 0 | T3 | 25 | 1 | 12:24 | 4,0 | 5,0 | 12,0 | 0 |
| inter T2-T1 | 43 | 1 | 17:35 | 4,0 | 5,0 | 12,0 | 0 | T4 | 36 | 5 | 18:50 | 7,0 | 9,0 | 21,0 | 0 | T3 | 26 | 5 | 13:43 | 19,0 | 24,0 | 55,0 | 0 |
| inter T2-T1 | 44 | 60 | 10:38 | 12,0 | 14,5 | 35,0 | 12 | T4 | 40 | 70 | 7:26 | 18,0 | 23,0 | 53,0 | 2 | T3 | 27 | 10 | 15:08 | 11,0 | 14,0 | 32,0 | 0 |
| inter T2-T1 | 46 | 60 | 9:17 | 12,0 | 14,5 | 35,0 | 29 | T4 | 41 | 100 | 12:06 | 20,0 | 25,5 | 58,0 | 0 | T3 | 28 | 20 | 17:15 | 14,5 | 18,5 | 43,0 | 0 |
| T6 | 55 | 1 | 16:05 | 4,0 | 5,0 | 12,0 | 0 | inter T5-T4 | 42 | 100 | 15:10 | 18,0 | 23,0 | 53,0 | 4 | inter T3-T4 | 32 | 80 | 12:39 | 23,0 | 29,0 | 67,0 | 0 |
| T6 | 56 | 5 | 16:50 | 5,0 | 6,0 | 14,0 | 2 | inter T5-T4 | 43 | 100 | 18:28 | 19,0 | 24,0 | 55,0 | 2 | inter T3-T4 | 33 | 50 | 18:17 | 13,0 | 17,0 | 37,5 | 0 |
| T6 | 57 | 10 | 18:11 | 5,0 | 6,0 | 14,0 | 4 | T5 | 47 | 40 | 9:57 | 17,0 | 22,0 | 50,0 | 6 | T4 | 36 | 5 | 8:23 | 5,0 | 6,0 | 14,0 | 0 |
| T6 | 61 | 100 | 8:12 | 11,0 | 14,0 | 32,0 | 29 | T5 | 48 | 20 | 13:33 | 14,0 | 18,0 | 41,0 | 2 | T4 | 37 | 10 | 10:00 | 11,0 | 14,0 | 32,0 | 3 |
| T7 | 62 | 100 | 12:47 | 12,0 | 14,5 | 35,0 | 4 | T5 | 49 | 10 | 16:03 | 10,0 | 12,5 | 29,5 | 0 | T4 | 38 | 20 | 12:31 | 13,0 | 17,0 | 37,5 | 0 |
| T7 | 63 | 70 | 17:17 | 10,0 | 12,5 | 29,5 | 0 | T5 | 50 | 5 | 17:25 | 6,5 | 8,0 | 18,0 | 0 | T4 | 39 | 40 | 16:22 | 19,0 | 24,0 | 55,0 | 3 |
| T8 | 69 | 1 | 13:28 | 8,0 | 11,0 | 25,0 | 0 | T5 | 51 | 1 | 19:07 | 5,0 | 6,0 | 14,0 | 2 | inter T4-T5 | 43 | 100 | 10:40 | 17,0 | 17,0 | 37,5 | 13 |
| T8 | 70 | 5 | 14:17 | 9,0 | 12,0 | 27,0 | 0 | Fija | Arica | 2 | 18:22 | 6,0 | 7,5 | 17,5 | 0 | inter T4-T5 | 44 | 100 | 14:09 | 19,0 | 24,0 | 55,0 | 0 |
| T8 | 71 | 10 | 15:30 | 9,0 | 12,0 | 27,0 | 0 | | | | | | | | | T5 | 45 | 100 | 18:00 | 18,5 | 23,5 | 54,0 | 3 |
| T8 | 72 | 20 | 17:12 | 9,0 | 12,0 | 27,0 | 10 | | | | | | | | | T5 | 48 | 20 | 9:56 | 9,0 | 12,0 | 27,0 | 2 |
| T9 | 76 | 100 | 15:16 | 11,0 | 14,0 | 32,0 | 6 | | | | | | | | | T5 | 49 | 10 | 12:23 | 5,5 | 7,0 | 17,0 | 0 |
| T9 | 77 | 70 | 19:36 | 8,0 | 11,0 | 25,0 | 19 | | | | | | | | | T5 | 50 | 5 | 13:48 | 4,0 | 5,0 | 12,0 | 0 |
| T10 | 82 | 1 | 18:00 | 6,0 | 7,5 | 17,5 | 8 | | | | | | | | | T5 | 51 | 1 | 15:39 | 4,5 | 5,5 | 13,5 | 0 |
| T10 | 83 | 5 | 18:59 | 6,0 | 7,5 | 17,5 | 12 | | | | | | | | | T4-T5 | 52 | 1 | 18:50 | 6,5 | 8,0 | 18,0 | 0 |
| T10 | 87 | 70 | 8:08 | 9,0 | 12,0 | 27,0 | 24 | | | | | | | | | Fija | Arica | 2 | 14:40 | 4,0 | 5,0 | 12,0 | 3 |
| T10 | 88 | 100 | 13:45 | 12,0 | 14,5 | 35,0 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T11 | 91 | 40 | 8:09 | 9,0 | 12,0 | 27,0 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T11 | 92 | 20 | 11:00 | 13,0 | 17,0 | 37,5 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T11 | 93 | 10 | 12:50 | 9,0 | 12,0 | 27,0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T11 | 94 | 5 | 14:07 | 7,0 | 9,0 | 21,0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T11 | 95 | 1 | 15:07 | 12,0 | 14,5 | 35,0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T12 | 101 | 70 | 9:45 | 6,0 | 7,5 | 17,5 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T12 | 102 | 100 | 14:09 | 10,0 | 12,5 | 29,5 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Tabla 9.** Parámetros estimados, tamaño de muestra, valor del estadístico y p-value de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para el análisis distribucional de la variable clorofila. Cruceros realizados en invierno y primavera de 2005 y verano de 2006, área: Arica - Bahía Moreno.

| Hipótesis distribucional | Variable | Parámetros | | Tamaño de muestra | Estadístico | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | meanlog | sdlog | | | |
| Lognormal | Clorofila | -0,578 | 1,62 | 216 | 0,048 | 0,71 |
| | Clorofila Int | 3,670 | 1,08 | 216 | 0,063 | 0,36 |

**Tabla 10.** Selección paso a paso de un modelo de efectos principales a partir de un modelo con interacción, basado en el criterio de información de Akaike. Cruceros realizados en invierno y primavera de 2005 y verano de 2006, área: Arica - Bahía Moreno.

**Clorofila**

| Modelo | AIC | $R^2$ |
|---|---|---|
| LogClor ~ CM * Estacion + Capa.Fotica * Estacion | 86,8 | 0,753 |
| LogClor ~ CM + Estacion + Capa.Fotica + Capa.Fotica:Estacion | 84,2 | 0,750 |
| LogClor ~ CM + Estacion + Capa.Fotica | 82,2 | 0,746 |

**Clorofila Integrada**

| Modelo | AIC | $R^2$ |
|---|---|---|
| LogCloInt ~ MaxGrad.Ter * Estacion + Espesor.Ter * Estacion | 207 | 0,230 |
| LogCloInt ~ MaxGrad.Ter + Estacion + Espesor.Ter + Espesor.Ter:Estacion | 204 | 0,227 |
| LogCloInt ~ Estacion + Espesor.Ter + Espesor.Ter:Estacion | 203 | 0,225 |

**Tabla 11.** Análisis de varianza para los efectos principales, ajustados a la concentración de clorofila. Cruceros realizados en invierno y primavera de 2005 y verano de 2006, área: Arica - Bahía Moreno.

**Modelo: Log(Clorofila) = $\beta_0 + \beta_1$xCM + $\beta_2$Prim + $\beta_3$Ver + $\beta_4$xCF**

Suma de Cuadrados tipo III

| | GL | SSC | CCM | F | P(F) |
|---|---|---|---|---|---|
| CM | 1 | 4,6 | 4,6 | 6 | < 0,05 |
| Estacion | 2 | 43,4 | 21,7 | 26 | < 0,01 |
| CF | 1 | 99 | 99 | 119 | < 0,01 |
| Residuos | 89 | 73,8 | 0,8 | | |

**Tabla 12.** Hipótesis respecto a diferencias por estación respecto al intercepto en el modelo seleccionado, área: Arica - Bahía Moreno.

| Hipotesis | Wa | Chi | df | p.v. |
|---|---|---|---|---|
| Ho: Inv = Pri = Ver | 127,1 | 5,99 | 2 | < 0,001 |
| Ho: Pri = Ver | 19,37 | 3,84 | 1 | < 0,001 |
| Ho: Inv = Prim | 7,17 | 3,84 | 1 | < 0,05 |
| Ho: Inv = Ver | 51,06 | 3,84 | 1 | < 0,001 |

**Tabla 13.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

| Especie | Crucero | Número Estaciones Positivas | Número de Huevos | Densidad Promedio Estaciones Totales | Densidad Promedio Estaciones Positivas | Constancia o Frecuencia (%) | Dominancia Numérica (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Sardinops sagax* | Invierno | 2 | 90 | 1 | 45 | 2.0 | 0.0 |
| | Primavera | 0 | | | | | |
| | Verano | 0 | | | | | |
| | Total | 2 | 90 | 0 | 45 | 1.0 | 0.0 |
| | | | | | | | |
| *Engraulis ringens* | Invierno | 32 | 452200 | 4433 | 14131 | 31.4 | 94.2 |
| | Primavera | 27 | 186356 | 3451 | 6902 | 50.0 | 77.0 |
| | Verano | 24 | 240776 | 4459 | 10032 | 44.4 | 94.8 |
| | Total | 83 | 879332 | 4187 | 10594 | 39.5 | 90.1 |
| | | | | | | | |
| *Trachurus murphyi* | Invierno | 20 | 6274 | 62 | 314 | 19.6 | 1.3 |
| | Primavera | 3 | 2390 | 44 | 797 | 5.6 | 1.0 |
| | Verano | 7 | 364 | 7 | 52 | 13.0 | 0.1 |
| | Total | 30 | 9028 | 43 | 301 | 14.3 | 0.9 |
| | | | | | | | |
| *Scomber japonicus* | Invierno | 1 | 151 | 1 | 151 | 1.0 | 0.0 |
| | Primavera | 5 | 912 | 17 | 182 | 9.3 | 0.4 |
| | Verano | 0 | | | | | |
| | Total | 6 | 1063 | 5 | 177 | 2.9 | 0.1 |
| | | | | | | | |
| Otras especies | Invierno | 63 | 21506 | 211 | 341 | 61.8 | 4.5 |
| | Primavera | 39 | 52240 | 967 | 1339 | 72.2 | 21.6 |
| | Verano | 29 | 12784 | 237 | 441 | 53.7 | 5.0 |
| | Total | 131 | 86530 | 412 | 661 | 62.4 | 8.9 |
| | | | | | | | |
| Total Larvas | Invierno | 76 | 480222 | 4708 | 6319 | 74.5 | 100.0 |
| | Primavera | 49 | 241897 | 4480 | 4937 | 90.7 | 100.0 |
| | Verano | 45 | 253924 | 4702 | 5643 | 83.3 | 100.0 |
| | Total | 170 | 976043 | 4648 | 5741 | 81.0 | 100.0 |

**Tabla 14.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

| Especie | Crucero | Número Estaciones Positivas | Número de Larvas | Densidad Promedio Estaciones Totales | Densidad Promedio Estaciones Positivas | Constancia o Frecuencia (%) | Dominancia Numérica (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Sardinops sagax* | Invierno | 0 | | | | | |
| | Primavera | 0 | | | | | |
| | Verano | 0 | | | | | |
| | Total | 0 | | | | | |
| | | | | | | | |
| *Engraulis ringens* | Invierno | 59 | 122474 | 1201 | 2076 | 57.8 | 71.2 |
| | Primavera | 34 | 64839 | 1201 | 1907 | 63.0 | 80.6 |
| | Verano | 31 | 74736 | 1384 | 2411 | 57.4 | 87.5 |
| | Total | 124 | 262049 | 1248 | 2113 | 59.0 | 77.6 |
| | | | | | | | |
| *Trachurus murphyi* | Invierno | 4 | 758 | 7 | 190 | 3.9 | 0.4 |
| | Primavera | 2 | 83 | 2 | 42 | 3.7 | 0.1 |
| | Verano | 1 | 46 | 1 | 46 | 1.9 | 0.1 |
| | Total | 7 | 887 | 4 | 127 | 3.3 | 0.3 |
| | | | | | | | |
| *Scomber japonicus* | Invierno | 1 | 48 | 0 | 48 | 1.0 | 0.0 |
| | Primavera | 3 | 702 | 13 | 234 | 5.6 | 0.9 |
| | Verano | 1 | 31 | 1 | 31 | 1.9 | 0.0 |
| | Total | 5 | 781 | 4 | 156 | 2.4 | 0.2 |
| | | | | | | | |
| Otras especies | Invierno | 96 | 48758 | 478 | 508 | 94.1 | 28.3 |
| | Primavera | 43 | 14803 | 274 | 344 | 79.6 | 18.4 |
| | Verano | 42 | 10606 | 196 | 253 | 77.8 | 12.4 |
| | Total | 181 | 74167 | 353 | 410 | 86.2 | 22.0 |
| | | | | | | | |
| Total Larvas | Invierno | 102 | 172038 | 1687 | 1687 | 100.0 | 100.0 |
| | Primavera | 50 | 80428 | 1489 | 1609 | 92.6 | 100.0 |
| | Verano | 53 | 85420 | 1582 | 1612 | 98.1 | 100.0 |
| | Total | 205 | 337886 | 1609 | 1648 | 97.6 | 100.0 |

**Tabla 15.** Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

| Huevos | Invierno 2005 | Primavera 2005 | Verano 2006 |
|---|---|---|---|
| | | | |
| N° Total Estaciones | 102 | 54 | 54 |
| N° Estaciones positivas | 32 | 27 | 24 |
| Abundancia (H/10m$^2$) | 452200 | 186356 | 240776 |
| Mínimo Est (+) | 47 | 36 | 25 |
| Máximo Est (+) | 240403 | 93748 | 43534 |
| Std.Dev. | 43603,84 | 18013,95 | 13668,50 |
| Media Estaciones Positivas | 14131 | 6902 | 10032 |
| Media Estaciones Totales | 4433 | 3451 | 4459 |
| Constancia (%) | 31,3 | 50,0 | 44,4 |
| Dominancia numérica (%) | 94,1 | 77,0 | 94,8 |
| CV(%) | 3,09 | 2,61 | 1,36 |
| | | | |
| Larvas | Invierno 2005 | Primavera 2005 | Verano 2006 |
| | | | |
| N° Total Estaciones | 102 | 54 | 54 |
| N° Estaciones positivas | 59 | 34 | 31 |
| Abundancia (L/10m$^2$) | 122474 | 64839 | 74736 |
| Mínimo Est (+) | 33 | 37 | 30 |
| Máximo Est (+) | 18510 | 19663 | 20613 |
| Std.Dev. | 3486,94 | 3825,75 | 4108,75 |
| Media Estaciones Positivas | 2076 | 1907 | 2411 |
| Media Estaciones Totales | 1201 | 1201 | 1384 |
| Constancia (%) | 57,8 | 62,9 | 57,4 |
| Dominancia numérica (%) | 71,1 | 80,6 | 87,4 |
| CV(%) | 1,68 | 2,01 | 1,70 |
| | | | |

**Tabla 16.** Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta, ***Engraulis ringens*** Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

| Huevos | Invierno 2005 | Primavera 2005 | Verano 2006 |
|---|---|---|---|
| | | | |
| Media Estaciones Totales | 8303 | 3451 | 4459 |
| V (Media Est. Totales) | 21522216,09 | 3172673,03 | 19703030,66 |
| CV(%) | 56,0 | 52,0 | 31,0 |
| | | | |
| Media Distribución Delta | 9252 | 4165 | 9829 |
| V (Media Distr. Delta) | 31763697,80 | 5070000,27 | 36797670,40 |
| CV(%) | 60,9 | 54,0 | 61,0 |
| | | | |
| Larvas | Invierno 2005 | Primavera 2005 | Verano 2006 |
| | | | |
| Media Estaciones Totales | 2187 | 1201 | 1384 |
| V (Media Est. Totales) | 243215,26 | 184764,05 | 203772,27 |
| CV(%) | 23,0 | 36,0 | 33,0 |
| | | | |
| Media Distribución Delta | 2319 | 1260 | 1832 |
| V (Media Distr. Delta) | 397292,07 | 255796,48 | 639817,91 |
| CV(%) | 27,1 | 40,0 | 43,0 |
| | | | |

**Tabla 17.** Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, ***Trachurus murphyi***. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

| Huevos | Invierno 2005 | Primavera 2005 | Verano 2006 |
|---|---|---|---|
| | | | |
| N° Total Estaciones | 102 | 54 | 54 |
| N° Estaciones positivas | 20 | 3 | 7 |
| Abundancia (H/10m$^2$) | 6274 | 2390 | 364 |
| Mínimo Est (+) | 37 | 109 | 23 |
| Máximo Est (+) | 2775 | 1467 | 143 |
| Std.Dev. | 650,51 | 679,19 | 41,91 |
| Media Estaciones Positivas | 314 | 797 | 52 |
| Media Estaciones Totales | 62 | 44 | 7 |
| Constancia (%) | 19,6 | 5,6 | 12,9 |
| Dominancia numérica (%) | 1,3 | 0,9 | 0,1 |
| CV(%) | 2,07 | 0,85 | 0.81 |
| | | | |
| Larvas | Invierno 2005 | Primavera 2005 | Verano 2006 |
| | | | |
| N° Total Estaciones | 102 | 54 | 54 |
| N° Estaciones positivas | 4 | 2 | 1 |
| Abundancia (L/10m$^2$) | 758 | 83 | 46 |
| Mínimo Est (+) | 42 | 34 | |
| Máximo Est (+) | 592 | 49 | |
| Std.Dev. | 268,85 | 10,38 | |
| Media Estaciones Positivas | 190 | 42 | |
| Media Estaciones Totales | 7 | 2 | |
| Constancia (%) | 3,9 | 3,7 | 1,85 |
| Dominancia numérica (%) | 0,4 | 0,1 | 0,05 |
| CV(%) | 1,42 | 0,25 | |
| | | | |

**Tabla 18.** Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, ***Scomber japonicus***. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

| Huevos | Invierno 2005 | Primavera 2005 | Verano 2006 |
|---|---|---|---|
| | | | |
| N° Total Estaciones | 102 | 54 | 54 |
| N° Estaciones positivas | 1 | 5 | |
| Abundancia (H/10m$^2$) | 151 | 912 | |
| Mínimo Est (+) | | 39 | |
| Máximo Est (+) | | 293 | |
| Std.Dev. | | 113,36 | |
| Media Estaciones Positivas | | 182 | |
| Media Estaciones Totales | | 17 | |
| Constancia (%) | | 9.2 | |
| Dominancia numérica (%) | | 0.3 | |
| CV(%) | | 0.62 | |
| | | | |
| Larvas | Invierno 2005 | Primavera 2005 | Verano 2006 |
| | | | |
| N° Total Estaciones | 102 | 54 | 54 |
| N° Estaciones positivas | 1 | 3 | 1 |
| Abundancia (L/10m$^2$) | 48 | 702 | 31 |
| Mínimo Est (+) | | 32 | |
| Máximo Est (+) | | 631 | |
| Std.Dev. | | 343.95 | |
| Media Estaciones Positivas | | 234 | |
| Media Estaciones Totales | | 13 | |
| Constancia (%) | | 5.6 | |
| Dominancia numérica (%) | | 0.9 | |
| CV(%) | | 1.47 | |
| | | | |

**Tabla 19.** Abundancia de huevos y larvas de anchoveta recolectados a diferentes estratos de profundidad en la zona Arica – Antofagasta. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

| Huevos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Intervalo de profundidad (m) | N° Estaciones positivas | Media Est (+) | Mínimo Est (+) | Máximo Est (+) | D.S. |
| Invierno 2005 | | | | | |
| 0 – 10 | 12 | 2792 | 16 | 28265 | 8046,5 |
| 10 – 25 | 9 | 968 | 31 | 2743 | 1080,0 |
| 25 – 50 | 7 | 1699 | 28 | 6239 | 2368,6 |
| | | | | | |
| Primavera 2005 | | | | | |
| 0 – 10 | 9 | 1811 | 30 | 7536 | 2663,0 |
| 10 – 25 | 8 | 1927 | 29 | 7651 | 2905,9 |
| 25 – 50 | 9 | 1514 | 14 | 6735 | 2735,2 |
| | | | | | |
| Verano 2006 | | | | | |
| 0 – 10 | 13 | 2455 | 14 | 13738 | 3867,0 |
| 10 – 25 | 9 | 4429 | 64 | 20432 | 6987,5 |
| 25 – 50 | 5 | 6763 | 67 | 32838 | 14576,8 |
| | | | | | |
| Larvas | | | | | |
| Intervalo de profundidad (m) | N° Estaciones positivas | Media Est (+) | Mínimo Est (+) | Máximo Est (+) | D.S. |
| Invierno 2005 | | | | | |
| 0 – 10 | 20 | 684 | 7 | 3311 | 754,7 |
| 10 – 25 | 18 | 416 | 30 | 1855 | 462,4 |
| 25 – 50 | 14 | 749 | 28 | 2987 | 1058,9 |
| | | | | | |
| Primavera 2005 | | | | | |
| 0 – 10 | 8 | 243 | 14 | 800 | 294,6 |
| 10 – 25 | 8 | 532 | 37 | 2844 | 947,7 |
| 25 – 50 | 7 | 513 | 10 | 1922 | 681,9 |
| | | | | | |
| Verano 2006 | | | | | |
| 0 – 10 | 10 | 375 | 15 | 1377 | 504,9 |
| 10 – 25 | 9 | 552 | 32 | 1897 | 651,4 |
| 25 – 50 | 5 | 739 | 36 | 2450 | 979,7 |

**Tabla 20.** Abundancia de huevos y larvas de las especies ícticas recolectadas mediante la bomba de huevos Cufes en la zona Arica – Antofagasta. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006 (A= Anchoveta, J= Jurel, S= Sardina, C= Caballa).

| Huevos | Invierno 2005 | Primavera 2005 | | | Verano 2006 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | A | J | C | A | J | S |
| N° Total Estaciones | 115 | 168 | 168 | 168 | 162 | 162 | 162 |
| N° Estaciones positivas | 30 | 80 | 2 | 11 | 67 | 10 | 2 |
| Abundancia (H/10m$^2$) | 7.166 | 3.913 | 19 | 944 | 3655 | 47 | 3 |
| Mínimo | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Máximo | 2.145 | 505 | 16 | 418 | 521 | 18 | 2 |
| Media Estaciones Totales | 64 | 23 | 6 | | 23 | | |
| | | | | | | | |
| Larvas | Invierno 2005 | Primavera 2005 | | | Verano 2006 | | |
| | | A | C | J | | | |
| N° Total Estaciones | | 168 | 168 | 168 | | | |
| N° Estaciones positivas | | 26 | 7 | 4 | | | |
| Abundancia (H/10m$^2$) | | 128 | 30 | 4 | | | |
| Mínimo | | | | 1 | | | |
| Máximo | | | | 1 | | | |
| Media Estaciones Totales | | | | | | | |

Tabla 21. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Zona Arica - Antofagasta Serie Invierno 1993/2005.

| Crucero | N | Mínimo | Máximo | Promedio | Sd | CV(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 362(3)93CP | 118 | 57 | 1123 | 249 | 205,58 | 0,85 |
| 370(3)94CP | 118 | 14 | 4002 | 471 | 479,35 | 1,02 |
| 383(3)95CP | 118 | 8 | 1016 | 253 | 178,33 | 0,71 |
| 394(2)96CP | 34 | 79 | 484 | 240 | 103,24 | 0,43 |
| 404(3)97CP | 34 | 61 | 534 | 197 | 95,12 | 0,48 |
| 416(3)98CP | 35 | 47 | 2551 | 299 | 457,50 | 1,53 |
| 425(3)99CP | 50 | 54 | 701 | 254 | 131,60 | 0,52 |
| 436(3)00CP | 47 | 24 | 354 | 139 | 79,18 | 0,57 |
| 447(3)01CP | 61 | 4 | 552 | 216 | 120,60 | 0,56 |
| 456(3)02CP | 43 | 85 | 1215 | 375 | 210,84 | 0,56 |
| 464(3)03CP | 53 | 80 | 921 | 304 | 181,90 | 0,60 |
| 471(3)04CP | 54 | 73 | 2135 | 375 | 330,79 | 0,88 |
| 477(3)05CPAM | 54 | 28 | 988 | 318 | 231,15 | 0,73 |

**Tabla 22.** Valores de la biomasa zooplanctónica por estrato de profundidad para la zona Arica - Antofagasta. Cruceros estacionales MOBIO 2005/2006.

| Intervalo de profundidad (m) | N° Estaciones | Media | Mínimo | Máximo | D.S. |
|---|---|---|---|---|---|
| Invierno 2005 | | | | | |
| 0 – 10 | 24 | 581 | 29 | 3.518 | 708,06 |
| 10 – 25 | 23 | 435 | 38 | 1.650 | 441,85 |
| 25 – 50 | 24 | 296 | 35 | 947 | 245,42 |
| | | | | | |
| Primavera 2005 | | | | | |
| 0 – 10 | 25 | 249 | 9 | 622 | 152,11 |
| 10 – 25 | 24 | 378 | 44 | 921 | 247,03 |
| 25 – 50 | 24 | 229 | 5 | 649 | 191,40 |
| | | | | | |
| Verano 2006 | | | | | |
| 0 – 10 | 25 | 235 | 10 | 867 | 230,47 |
| 10 – 25 | 24 | 254 | 5 | 863 | 196,73 |
| 25 – 50 | 24 | 212 | 32 | 780 | 198,67 |
| | | | | | |

**Tabla 23.** Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Primavera 1993/2005.

| Crucero | Fecha | N | Mínimo | Máximo | Promedio | Sd | CV(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 364(4)93 AM | 23/11 - 29/11 | 70 | 17 | 911 | 263 | 174,4 | 0,66 |
| 1994 | | | | | | | |
| 1995 | | | | | | | |
| 396(4)96 AM | 11/12 - 16/12 | 35 | 165 | 1682 | 585 | 377,2 | 0,65 |
| 408(4)97 CP | 12/12 - 19/12 | 35 | 63 | 1331 | 450 | 318,6 | 0,71 |
| 319(4)98CP | 12/12 - 18/12 | 47 | 26 | 685 | 202 | 133,9 | 0,66 |
| 427(4)99CP | 30/11 - 10/12 | 41 | 93 | 6622 | 621 | 1052,2 | 1,69 |
| 438(4)00CP | | 47 | 38 | 955 | 256 | 164 | 0,64 |
| 449(4)01CP | 11/12 - 18/12 | 47 | 46 | 1436 | 331 | 226,0 | 0,68 |
| 457(4)02CP | 10/12 - 17/12 | 50 | 71 | 767 | 347 | 157,1 | 0,45 |
| 465(4)03CP | 9/12 - 19/12 | 53 | 13 | 1344 | 240 | 302,2 | 1,26 |
| 2004 | | | | | | | |
| 478(4)05 CP | 2/12 - 13/12 | 52 | 54 | 862 | 321 | 179,1 | 0,56 |

**Tabla 24.** Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Verano 1993/2006.

| Crucero | Fecha | N | Mínimo | Máximo | Promedio | Sd | CV(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1993 | | | | | | | |
| 365(1)94 AM | 28/02-10/03 | 69 | 53 | 1792 | 280 | | |
| 1995 | | | | | | | |
| 398(1)97 CP | 18/03-26/03 | 35 | 72 | 1082 | 258 | 189 | 1 |
| 410(1)98CP | 28/02-08/03 | 35 | 66 | 456 | 176 | 85 | 0 |
| 420(1)99 AM | 22/02-02/03 | 49 | 54 | 1268 | 270 | 224 | 1 |
| 430(1)00CP | 25/02-03/03 | 47 | 68 | 1933 | 374 | 359 | 1 |
| 441(1)01CP | 26/02-08/03 | 47 | 84 | 726 | 304 | 130 | 0 |
| 451(1)02CP | 27/02-07/03 | 47 | 15 | 993 | 263 | 177 | 1 |
| 460(1)03AM | 10/03 - 19/03 | 50 | 75 | 3193 | 392 | 432 | 1 |
| 467(1)04CP | 10/04 - 19/04 | 52 | 50 | 1033 | 351 | 236 | 1 |
| 481(1)06CP | 10/06 - 20/06 | 53 | 64 | 2027 | 247 | 302,54 | 1,23 |

**Tabla 25.** Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en invierno de 1984 - 2005.

| Año | Indice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|---|---|---|---|---|---|
| 84 | 1,61E+11 | 2,15E+21 | 0,0797 | 7,00E+10 | 2,52E+11 |
| 85 | 2,16E+13 | 6,29E+25 | 0,1265 | 6,05E+12 | 3,72E+13 |
| 86 | 6,40E+12 | 1,36E+24 | 0,0327 | 4,11E+12 | 8,68E+12 |
| 87 | 1,68E+12 | 2,11E+23 | 0,0721 | 7,80E+11 | 2,58E+12 |
| 88 | 4,19E+12 | 5,96E+23 | 0,0334 | 2,77E+12 | 5,61E+12 |
| 89 | 8,86E+12 | 8,33E+24 | 0,1009 | 3,54E+12 | 1,42E+13 |
| 90 | 3,15E+12 | 1,21E+24 | 0,1151 | 1,00E+12 | 5,30E+12 |
| 91 | 8,16E+11 | 3,67E+22 | 0,0537 | 4,40E+11 | 1,19E+12 |
| 92 | 3,29E+12 | 3,19E+23 | 0,0290 | 2,18E+12 | 4,40E+12 |
| 93 | 8,08E+12 | 7,04E+23 | 0,0107 | 6,44E+12 | 9,73E+12 |
| 94 | 1,84E+13 | 1,07E+25 | 0,0311 | 1,20E+13 | 2,48E+13 |
| 95 | 5,09E+12 | 8,32E+23 | 0,0316 | 3,31E+12 | 6,88E+12 |
| 96 | 5,42E+12 | 7,03E+24 | 0,2146 | 2,21E+11 | 1,06E+13 |
| 97 | 6,84E+12 | 4,37E+24 | 0,0893 | 2,74E+12 | 1,09E+12 |
| 98 | 1,20E+12 | 4,47E+23 | 0,2703 | -1,11E+11 | 2,51E+12 |
| 99 | 3,62E+12 | 2,40E+24 | 0,1682 | 5,84E+11 | 6,65E+12 |
| ´00 | 4,18E+12 | 8,47E+23 | 0,0473 | 2,37E+12 | 5,98E+12 |
| ´01 | 2,47E+12 | 4,89E+23 | 0,0771 | 1,10E+12 | 3,84E+12 |
| ´02 | 5,72E+12 | 4,51E+24 | 0,1291 | 1,56E+12 | 9,88E+12 |
| ´03 | 9,28E+12 | 1,27E+25 | 0,1376 | 2,30E+12 | 1,63E+13 |
| ´04 | 5,23E+12 | 1,07E+24 | 0,0384 | 3,21E+12 | 7,26E+12 |
| ´05 | 5,94E+12 | 2,08E+24 | 0,0574 | 3,11E+12 | 8,76E+12 |

**Tabla 26.** Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Aricaen invierno de 1983 - 2005.

| Año | Indice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|---|---|---|---|---|---|
| 83 | 1,74E+12 | 3,92E+23 | 0,1218 | 5,13E+11 | 2,97E+12 |
| 84 | 6,08E+11 | 2,77E+11 | 0,0000 | 2,81E+11 | 9,34E+11 |
| 85 | 2,43E+11 | 7,71E+21 | 0,1227 | 7,05E+10 | 4,15E+11 |
| 86 | 8,40E+11 | 5,56E+22 | 0,0758 | 3,77E+11 | 1,30E+12 |
| 87 | 6,38E+11 | 1,41E+23 | 0,2974 | -9,76E+10 | 1,37E+12 |
| 88 | 5,22E+11 | 2,19E+22 | 0,0773 | 2,32E+11 | 8,12E+11 |
| 89 | 3,03E+11 | 9,61E+21 | 0,0996 | 1,11E+11 | 4,95E+11 |
| 90 | 2,34E+11 | 5,46E+21 | 0,0951 | 8,97E+10 | 3,79E+11 |
| 91 | 4,60E+10 | 8,73E+20 | 0,3454 | -1,17E+10 | 1,04E+11 |
| 92 | 1,70E+11 | 1,34E+21 | 0,0453 | 9,82E+10 | 2,41E+11 |
| 93 | 1,07E+11 | 2,08E+21 | 0,1669 | 1,76E+10 | 1,96E+11 |
| 94 | 1,24E+11 | 2,08E+21 | 0,1269 | 3,43E+10 | 2,13E+11 |
| 95 | 4,90E+10 | 1,96E+20 | 0,0785 | 2,15E+10 | 7,64E+10 |
| 96 | 2,00E+10 | 1,93E+20 | 0,3937 | -7,29E+09 | 4,72E+10 |
| 97 | 3,30E+10 | 5,83E+20 | 0,4288 | -1,40E+10 | 8,06E+10 |
| 98 | 2,90E+10 | 4,17E+20 | 0,4027 | -1,09E+10 | 6,91E+10 |
| 99 | 1,58E+11 | 1,47E+22 | 0,4630 | -7,91E+10 | 3,96E+11 |
| ´00 | 5,10E+10 | 1,72E+21 | 0,5076 | -3,06E+10 | 1,32E+11 |
| ´01 | 1,82E+11 | 1,67E+22 | 0,4082 | -7,14E+10 | 4,35E+11 |
| ´02 | - | - | - | - | - |
| ´03 | - | - | - | - | - |
| ´04 | 4,00E+09 | 8,62E+18 | 0,431 | -1,56E+09 | 9,95E+09 |
| ´05 | - | - | - | - | - |

**Tabla 27.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel. Area Comparativa: Antofagasta - Coquimbo 0 – 100 m.n. Invierno 1983 – 2005

| ESPECIE | Año | Número de estaciones positivas | Número de huevos | Densidad promedio por estaciones | | Constancia o Frecuencia (%) | Dominancia numérica (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Totales | Positivas | | |
| Sardinops sagax | 1983 | 12 | 12336 | 649 | 1028 | 63,2 | 67,4 |
| | 1984 | 8 | 13455 | 336 | 1682 | 20,0 | 60,4 |
| | 1986 | 7 | 4465 | 223 | 638 | 35,0 | 19,5 |
| | 1987 | 16 | 6970 | 162 | 436 | 37,2 | 12,8 |
| | 1991 | 11 | 4138 | 61 | 376 | 16,2 | 34,9 |
| | 1993 | 9 | 3218 | 34 | 358 | 9,5 | 3,9 |
| | 1994 | 29 | 9139 | 79 | 315 | 25,2 | 2,3 |
| | 1995 | 17 | 5008 | 44 | 295 | 14,8 | 1,5 |
| | 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 2005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| Engraulis ringens | 1983 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1984 | 14 | 3127 | 78 | 223 | 35,0 | 14,0 |
| | 1986 | 15 | 17379 | 869 | 1159 | 75,0 | 75,8 |
| | 1987 | 21 | 26427 | 615 | 1258 | 48,8 | 48,6 |
| | 1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1993 | 8 | 23893 | 252 | 2987 | 8,4 | 29,1 |
| | 1994 | 32 | 347088 | 3018 | 10847 | 27,8 | 87,4 |
| | 1995 | 27 | 289577 | 2518 | 10725 | 23,5 | 86,3 |
| | 2004 | 15 | 7623 | 212 | 508 | 41,7 | 52,9 |
| | 2005 | 6 | 3817 | 80 | 636 | 12,5 | 22,6 |
| Trachurus murphyi | 1983 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1984 | 1 | 43 | 1 | 43 | 2,5 | 0,2 |
| | 1986 | 1 | 32 | 2 | 32 | 5,0 | 0,1 |
| | 1987 | 13 | 1790 | 42 | 138 | 30,2 | 3,3 |
| | 1991 | 4 | 649 | 10 | 162 | 5,9 | 5,5 |
| | 1993 | 13 | 1373 | 14 | 106 | 13,7 | 1,7 |
| | 1994 | 43 | 11936 | 104 | 278 | 37,4 | 3,0 |
| | 1995 | 4 | 387 | 3 | 97 | 3,5 | 0,1 |
| | 2004 | 4 | 851 | 24 | 213 | 11,1 | 5,9 |
| | 2005 | 11 | 4265 | 89 | 388 | 22,9 | 25,2 |

**Tabla 28.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel. Area Comparativa: Antofagasta - Coquimbo 0 - 100m.n. Invierno: 1983 - 2005

| ESPECIE | Año | Número de estaciones positivas | Número de larvas | Densidad promedio por estaciones | | Constancia o Frecuencia (%) | Dominancia numérica (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Totales | Positivas | | |
| Sardinops sagax | 1983 | 14 | 5492 | 289 | 392 | 73,7 | 44,6 |
| | 1984 | 6 | 5317 | 133 | 886 | 15,0 | 35,7 |
| | 1986 | 6 | 927 | 46 | 155 | 30,0 | 4,0 |
| | 1987 | 16 | 2050 | 48 | 128 | 37,2 | 5,1 |
| | 1991 | 20 | 3584 | 53 | 179 | 29,4 | 14,3 |
| | 1993 | 28 | 1659 | 17 | 59 | 29,5 | 3,1 |
| | 1994 | 24 | 4230 | 37 | 176 | 20,9 | 2,3 |
| | 1995 | 10 | 877 | 8 | 88 | 8,7 | 0,9 |
| | 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 2005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| Engraulis ringens | 1983 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1984 | 22 | 1423 | 36 | 65 | 55,0 | 9,6 |
| | 1986 | 14 | 16009 | 800 | 1144 | 70,0 | 69,8 |
| | 1987 | 33 | 23616 | 549 | 716 | 76,7 | 59,0 |
| | 1991 | 10 | 1015 | 15 | 0 | 14,7 | 4,0 |
| | 1993 | 42 | 9660 | 102 | 230 | 44,2 | 18,1 |
| | 1994 | 85 | 138691 | 1206 | 1632 | 73,9 | 76,6 |
| | 1995 | 68 | 62400 | 543 | 918 | 59,1 | 61,6 |
| | 2004 | 30 | 11032 | 306 | 368 | 83,3 | 42,7 |
| | 2005 | 12 | 4392 | 92 | 366 | 25,0 | 11,6 |
| Trachurus murphyi | 1983 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1984 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1986 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1987 | 5 | 504 | 12 | 101 | 11,6 | 1,3 |
| | 1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1993 | 5 | 303 | 3 | 61 | 5,3 | 0,6 |
| | 1994 | 28 | 2866 | 25 | 102 | 24,3 | 1,6 |
| | 1995 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| | 2005 | 4 | 758 | 16 | 190 | 8,3 | 2,0 |

**Tabla 29. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1985 - 2005.**

| Año | Indice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1985 | 1,98E+12 | 2,48E+23 | 0,0616 | 9,99E+11 | 2,95E+12 |
| 1986 | 1,61E+12 | 2,72E+23 | 0,0997 | 5,89E+11 | 2,63E+12 |
| 1987 | 1,91E+11 | 9,91E+21 | 0,2403 | -3,76E+09 | 3,86E+11 |
| 1988 | 1,75E+12 | 8,24E+23 | 0,2380 | -2,86E+10 | 3,53E+12 |
| 1989 | | | | | |
| 1990 | 5,02E+11 | 2,40E+22 | 0,0910 | 1,99E+11 | 8,06E+11 |
| 1991 | 2,17E+11 | 1,16E+22 | 0,2202 | 5,77E+09 | 4,29E+11 |
| 1992 | 7,54E+11 | 7,25E+22 | 0,1200 | 2,26E+11 | 1,28E+12 |
| 1993 | 3,25E+11 | 8,01E+21 | 0,0731 | 1,50E+11 | 5,01E+11 |
| 1994 | | | | | |
| 1995 | | | | | |
| 1996 | 2,69E+12 | 1,98E+24 | 0,2417 | -6,37E+10 | 5,45E+12 |
| 1997 | 9,74E+11 | 1,35E+23 | 0,1330 | 2,53E+11 | 1,69E+12 |
| 1998 | 1,20E+12 | 2,69E+23 | 0,1702 | 1,87E+11 | 2,22E+12 |
| 1999 | 5,15E+12 | 1,20E+25 | 0,3731 | -1,63E+12 | 1,19E+13 |
| 2000 | 1,08E+12 | 1,19E+23 | 0,0971 | 4,06E+11 | 1,76E+12 |
| 2001 | 1,24E+12 | 2,17E+23 | 0,1328 | 3,23E+11 | 2,15E+12 |
| 2002 | 8,54E+11 | 9,59E+22 | 0,1235 | 2,47E+11 | 1,46E+12 |
| 2003 | 6,64E+11 | 4,55E+22 | 0,0982 | 2,46E+11 | 1,08E+12 |
| 2004 | | | | | |
| 2005 | 3,29E+12 | 1,33E+24 | 0,1162 | 1,02E+12 | 5,55E+12 |

**Tabla 30. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1983 - 2005.**

| Año | Indice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1983 | 4,60E+10 | 7,40E+20 | 0,2999 | -7,19E+09 | 9,98E+10 |
| 1984 | | | | | |
| 1985 | 1,15E+11 | 2,93E+21 | 0,2001 | 8,49E+09 | 2,21E+11 |
| 1986 | 1,31E+12 | 1,23E+23 | 0,0695 | 6,20E+11 | 1,99E+12 |
| 1987 | 8,52E+11 | 1,64E+23 | 0,2037 | 5,83E+10 | 1,65E+12 |
| 1988 | 2,28E+11 | 8,39E+21 | 0,1496 | 4,80E+10 | 4,07E+11 |
| 1989 | | | | | |
| 1990 | 4,20E+10 | 3,27E+20 | 0,1701 | 6,13E+09 | 7,70E+10 |
| 1991 | 1,32E+11 | 2,92E+21 | 0,1549 | 2,65E+10 | 2,38E+11 |
| 1992 | 9,70E+10 | 1,43E+21 | 0,1415 | 2,30E+10 | 1,71E+11 |
| 1993 | | | | | |
| 1994 | | | | | |
| 1995 | | | | | |
| 1996 | | | | | |
| 1997 | 6,50E+10 | 1,32E+21 | 0,2719 | -6,52E+09 | 1,36E+11 |
| 1998 | 2,20E+10 | 1,60E+20 | 0,2856 | -2,68E+09 | 4,69E+10 |
| 1999 | 2,32E+11 | 4,88E+22 | 0,6454 | -2,01E+11 | 6,65E+11 |
| 2000 | 5,00E+09 | 2,32E+19 | 0,6565 | -4,62E+09 | 1,43E+10 |
| 2001 | | | | | |
| 2002 | | | | | |
| 2003 | | | | | |
| 2004 | | | | | |
| 2005 | | | | | |

**Tabla 31.** Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1987 - 2006.

| Año | Indice 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 |
| 93 | | | | | |
| 94 | 9,12E+11 | 1,56E+23 | 0,1719 | 1,37E+11 | 1,69E+12 |
| 95 | | | | | |
| 96 | | | | | |
| 97 | 1,07E+12 | 6,52E+22 | 0,0550 | 5,73E+11 | 1.57e+12 |
| 98 | 4,37E+11 | 4,28E+22 | 0,2022 | 3,14E+10 | 8,42E+11 |
| 99 | 1,62E+12 | 1,76E+23 | 0,0650 | 7,98E+11 | 2,44E+12 |
| ´00 | 5,33E+12 | 7,42E+24 | 0,2322 | -1,05E+10 | 1,07E+13 |
| ´01 | 2,25E+12 | 7,28E+23 | 0,1339 | 5,82E+11 | 3,93E+12 |
| ´02 | 1,82E+12 | 4,08E+23 | 0,1160 | 5,69E+11 | 3,07E+12 |
| ´03 | 6,63E+12 | 1,15E+25 | 0,2326 | -1,95E+10 | 1,33E+13 |
| ´04 | 8,56E+11 | 1,00E+23 | 0,1279 | 2,35E+11 | 1,48E+12 |
| ´05 | | | | | |
| ´06 | 4,89E+12 | 2,31E+24 | 0,0922 | 1,91E+12 | 7,87E+12 |

**Tabla 32.** Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1987 - 2006.

| Año | Indice 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 |
| 93 | | | | | |
| 94 | | | | | |
| 95 | | | | | |
| 96 | | | | | |
| 97 | 1,30E+10 | 1,03E+20 | 0,4759 | -6,93E+09 | 3,28E+10 |
| 98 | | | | | |
| 99 | 1,25E+11 | 1,55E+21 | 0,0946 | 4,76E+10 | 2,02E+11 |
| ´00 | 5,76E+11 | 3,12E+23 | 0,6629 | -5,19E+11 | 1,67E+12 |
| ´01 | 1,69E+11 | 2,53E+22 | 0,6344 | -1,43E+11 | 4,80E+11 |
| ´02 | 5,00E+09 | 2,32E+19 | 0,6565 | -4,62E+09 | 1,43E+10 |
| ´03 | 1,80E+10 | 3,28E+20 | 0,6993 | -1,74E+10 | 5,36E+10 |
| ´04 | | | | | |
| ´05 | | | | | |
| ´06 | | | | | |

**Tabla 33.** Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos y larvas de anchoveta y densidad media de las estaciones positivas, Cruceros realizados en la I y II Región, en la estación de invierno.

| | AÑO | | | | | | | | | | | | | Promedio histórico |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | |
| Estaciones | 83 | 116 | 118 | 34 | 34 | 35 | 49 | 47 | 60 | 59 | 52 | 54 | 54 | 61 |
| Estac. sin huevos | 35 | 56 | 69 | 25 | 20 | 33 | 40 | 27 | 49 | 35 | 33 | 28 | 28 | 37 |
| Estac. con huevos | 48 | 60 | 49 | 9 | 14 | 2 | 9 | 20 | 11 | 24 | 19 | 26 | 26 | 24 |
| Densidad media de huevos / 10 $m^2$ | 2355,6 | 6149,8 | 3476,5 | 5123,6 | 3086,8 | 404,0 | 431,7 | 2564,2 | 5521,5 | 4649,5 | 3433,3 | 4424,7 | 17245,0 | 4528,2 |
| Estac. sin larvas | 5 | 11 | 5 | 1 | 0 | 15 | 16 | 8 | 32 | 11 | 11 | 0 | 7 | 9 |
| Estac. con larvas | 78 | 105 | 113 | 33 | 34 | 20 | 33 | 39 | 28 | 48 | 41 | 54 | 47 | 52 |
| Densidad media de larvas / 10 $m^2$ | 2486,1 | 4480,4 | 1503,0 | 1572,3 | 1780,0 | 550,7 | 1503,1 | 1493,9 | 1825,3 | 2289,1 | 2731,4 | 1547,5 | 2511,9 | 2021,1 |

**Tabla 34.** Resumen de estadísticas descriptivas por año para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región, en la estación de invierno.

| | | Año | | | | | | | | | | | | | Promedio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | histórico |
| Longitud (° W) | Min | -72,16 | -72,22 | -72,39 | -72,07 | -72,22 | -72,04 | -72,09 | -72,08 | -72,07 | -73,60 | -72,22 | -72,22 | -72,07 | -72,26 |
| | Max | -70,12 | -70,12 | -70,12 | -70,18 | -70,19 | -70,18 | -70,17 | -70,13 | -70,19 | -70,14 | -70,11 | -70,13 | -70,12 | -70,15 |
| | Range | 2,04 | 2,10 | 2,27 | 1,88 | 2,03 | 1,86 | 1,93 | 1,94 | 1,87 | 3,46 | 2,11 | 2,09 | 1,94 | 2,12 |
| | Mean | -70,84 | -70,82 | -70,86 | -70,88 | -70,86 | -70,63 | -70,68 | -70,81 | -70,71 | -70,97 | -70,79 | -70,88 | -70,74 | -70,80 |
| | Median | -70,59 | -70,60 | -70,61 | -70,62 | -70,60 | -70,42 | -70,50 | -70,59 | -70,51 | -70,67 | -70,53 | -70,61 | -70,56 | -70,57 |
| | S.D. | 0,61 | 0,60 | 0,62 | 0,59 | 0,61 | 0,50 | 0,57 | 0,59 | 0,57 | 0,77 | 0,60 | 0,64 | 0,53 | 0,60 |
| Latitud (° S) | Min | -23,67 | -23,67 | -23,67 | -23,67 | -23,67 | -22,33 | -23,67 | -23,67 | -24,33 | -24,33 | -23,67 | -23,67 | -23,67 | -23,67 |
| | Max | -18,38 | -18,40 | -18,40 | -18,42 | -18,42 | -18,42 | -18,42 | -18,42 | -18,42 | -18,42 | -18,42 | -18,42 | -18,42 | -18,41 |
| | Range | 5,29 | 5,27 | 5,27 | 5,25 | 5,25 | 3,92 | 5,25 | 5,25 | 5,92 | 5,92 | 5,25 | 5,25 | 5,25 | 5,26 |
| | Mean | -20,11 | -20,88 | -20,98 | -20,90 | -21,02 | -20,35 | -20,73 | -20,81 | -20,91 | -21,27 | -21,44 | -21,06 | -21,10 | -20,89 |
| | Median | -20,00 | -20,67 | -21,00 | -21,00 | -21,00 | -19,67 | -21,00 | -21,00 | -21,00 | -21,00 | -21,67 | -21,00 | -21,00 | -20,85 |
| | S.D. | 1,17 | 1,63 | 1,63 | 1,87 | 1,92 | 1,56 | 1,65 | 1,71 | 1,97 | 2,00 | 1,75 | 1,83 | 1,79 | 1,73 |
| Temperatura superficial (° C) | Min | 15,22 | 14,13 | 13,39 | 13,96 | 17,51 | 14,07 | 14,85 | 14,63 | 13,92 | 14,468 | 14,049 | 13,356 | 13,625 | 14,40 |
| | Max | 18,71 | 17,58 | 17,18 | 16,68 | 20,55 | 18,16 | 18,42 | 17,51 | 17,74 | 17,776 | 17,539 | 19,175 | 17,118 | 18,01 |
| | Range | 3,49 | 3,45 | 3,79 | 2,72 | 3,04 | 4,09 | 3,57 | 2,88 | 3,82 | 3,308 | 3,49 | 5,819 | 3,493 | 3,61 |
| | Mean | 17,08 | 16,43 | 15,61 | 15,75 | 19,31 | 15,67 | 16,83 | 16,32 | 16,20 | 16,45 | 15,91 | 16,60 | 15,46 | 16,43 |
| | Median | 17,12 | 16,55 | 15,62 | 15,73 | 19,49 | 15,35 | 16,82 | 16,41 | 16,28 | 16,49 | 15,82 | 16,52 | 15,41 | 16,43 |
| | S.D. | 0,73 | 0,72 | 0,86 | 0,63 | 0,78 | 1,17 | 0,96 | 0,71 | 0,96 | 0,80 | 0,92 | 1,36 | 0,95 | 0,89 |
| Salinidad superficial (psu) | Min | 34,91 | 34,74 | 34,51 | 34,37 | 34,76 | 34,62 | 34,66 | 34,56 | 34,58 | 34,63 | 34,68 | 34,50 | 34,51 | 34,62 |
| | Max | 35,38 | 35,22 | 35,06 | 34,91 | 35,26 | 35,27 | 35,17 | 35,00 | 35,07 | 35,18 | 35,10 | 35,09 | 35,12 | 35,14 |
| | Range | 0,472 | 0,482 | 0,552 | 0,541 | 0,505 | 0,645 | 0,515 | 0,440 | 0,488 | 0,548 | 0,418 | 0,588 | 0,615 | 0,524 |
| | Mean | 35,13 | 34,94 | 34,82 | 34,74 | 35,15 | 34,82 | 34,83 | 34,82 | 34,81 | 34,89 | 34,83 | 34,85 | 34,84 | 34,88 |
| | Median | 35,10 | 34,92 | 34,85 | 34,77 | 35,19 | 34,80 | 34,78 | 34,84 | 34,79 | 34,88 | 34,82 | 34,84 | 34,86 | 34,88 |
| | S.D. | 0,15 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,12 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,13 |
| Densidad de huevos/10 $m^2$ | Min | 23 | 28 | 27 | 67 | 26 | 30 | 30 | 25 | 43 | 42 | 31 | 38 | 47 | 35 |
| | Max | 12232 | 31247 | 29490 | 29539 | 15525 | 778 | 1268 | 11357 | 30369 | 25036 | 23103 | 31894 | 240402 | 37095 |
| | Range | 12209 | 31219 | 29463 | 29472 | 15499 | 748 | 1238 | 11332 | 30326 | 24994 | 23072 | 31856 | 240355 | 37060 |
| | Mean | 2356 | 6150 | 3476 | 5124 | 3087 | 404 | 432 | 2564 | 5522 | 4650 | 3433 | 4425 | 17245 | 4528 |
| | Median | 895 | 1235 | 747 | 1265 | 900 | 404 | 134 | 506 | 85 | 1650 | 538 | 1009 | 2308 | 898 |
| | S.D. | 2980 | 8328 | 6281 | 9473 | 4503 | 529 | 515 | 3724 | 11343 | 6513 | 6067 | 8048 | 47995 | 8946 |
| Densidad de larvas/10 $m^2$ | Min | 35 | 2 | 28 | 20 | 55 | 21 | 31 | 35 | 32 | 38 | 37 | 20 | 32 | 30 |
| | Max | 9443 | 28334 | 15447 | 19916 | 17614 | 5005 | 18737 | 12047 | 8592 | 30801 | 29124 | 10320 | 18509 | 17222 |
| | Range | 9408 | 28332 | 15419 | 19896 | 17559 | 4984 | 18706 | 12012 | 8560 | 30763 | 29087 | 10300 | 18477 | 17193 |
| | Mean | 2486 | 4480 | 1503 | 1572 | 1780 | 551 | 1503 | 1494 | 1825 | 2289 | 2731 | 1547 | 2512 | 2021 |
| | Median | 1805 | 2801 | 528 | 371 | 550 | 114 | 254 | 1015 | 735 | 520 | 617 | 529 | 1086 | 840 |
| | S.D. | 2369 | 5364 | 2786 | 4181 | 3369 | 1260 | 3599 | 2066 | 2339 | 5149 | 6034 | 2296 | 3781 | 3430 |

**Tabla 35.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los odelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde los años 1993 a 2005.

Modelo binomial presencia/ausencia de huevos

| Predictores | Df | Df Npar | F | Pr(F) |
|---|---|---|---|---|
| Intercepto | 1 | | | |
| Año | 12 | | | |
| s(Lat) | 1 | 2 | 4,99 | 0,007 |
| s(Lon) | 1 | 1,9 | 5,41 | 0,006 |
| s(TSM) | 1 | 2 | 1,76 | 0,173 |
| s(Sal) | 1 | 2 | 4,64 | 0,010 |

| | |
|---|---|
| Devianza modelo nulo | 184 sobre 758 grados de libertad |
| Devianza residual | 156 sobre 734 grados de libertad |
| Parámetro de dispersión | 0,212 |
| Pseudo R2 | 0,151 |

Modelo binomial presencia/ausencia de larvas

| Predictores | Df | Df Npar | F | Pr(F) |
|---|---|---|---|---|
| Intercepto | 1 | | | |
| Año | 10 | | | |
| s(Lat) | 1 | 1,9 | 3,50 | 0,032 |
| s(Lon) | 1 | 1,9 | 3,84 | 0,023 |
| s(TSM) | 1 | 2 | 0,53 | 0,587 |
| s(Sal) | 1 | 1,9 | 2,83 | 0,062 |

| | |
|---|---|
| Devianza modelo nulo | 100,6 sobre 694 grados de libertad |
| Devianza residual | 59,3 sobre 672 grados de libertad |
| Parámetro de dispersión | 0,088 |
| Pseudo R2 | 0,411 |

**Tabla 36.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde los años 1993 a 2005.

Densidad de huevos

| Predictores | Df | Df Npar | F | Pr(F) |
|---|---|---|---|---|
| Intercepto | 1 | | | |
| Año | 12 | | | |
| s(Lat) | 1 | 2 | 3,48 | 0,032 |
| s(Lon) | 1 | 2 | 0,51 | 0,601 |
| s(TSM) | 1 | 2 | 1,49 | 0,226 |
| s(Sal) | 1 | 2 | 3,04 | 0,050 |

| | |
|---|---|
| Devianza modelo nulo | 1318,6 sobre 310 grados de libertad |
| Devianza residual | 1086,9 sobre 287 grados de libertad |
| Parámetro de dispersión | 3,60 |
| Pseudo R2 | 0,176 |

Densidad de larvas

| Predictores | Df | Df Npar | F | Pr(F) |
|---|---|---|---|---|
| Intercepto | 1 | | | |
| Año | 12 | | | |
| s(Lat) | 1 | 2 | 2,73 | 0,067 |
| s(Lon) | 1 | 2 | 5,09 | 0,007 |
| s(TSM) | 1 | 2 | 1,43 | 0,240 |
| s(Sal) | 1 | 2 | 4,09 | 0,018 |

| | |
|---|---|
| Devianza modelo nulo | 1898,7 sobre 659 grados de libertad |
| Devianza residual | 1421,5 sobre 635 grados de libertad |
| Parámetro de dispersión | 1,99 |
| Pseudo R2 | 0,251 |

**Tabla 37.** Resultados históricos de las calibraciones del sistema acústico EK-500 del B/I Carlos Porter y del B/C Abate Molina, en frecuencia de 38 Khz.

## a) 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 | Laguna Verde | 27,1 | 28,1 | 28,1 | 27,4 | 27,8 | 28,1 |
| 19.08.94 | Mejillones | 27,4 | 28,2 | 28,4 | 27,3 | 28,2 | 28,6 |
| 06.08.95 | Mejillones | 27,1 | 28,1 | 28,3 | 27,2 | 28,1 | 28,4 |
| 01.06.96 | Mejillones | 27,2 | 28,2 | 28,3 | 27,2 | 28,2 | 28,4 |
| 19.03.97 | Mejillones | 27,2 | 28,2 | 28,3 | 27,2 | 27,9 | 28,4 |
| 15.08.97 | Mejillones | 27,1 | 28,2 | 28,3 | 27,2 | 27,9 | 28,4 |
| 12.12.97 | Mejillones | 27,2 | 28,2 | 28,3 | 27,3 | 27,9 | 28,5 |
| 21.05.98 | Mejillones | 27,3 | 28,2 | 28,4 | 27,4 | 27,9 | 28,7 |
| 27.08.98 | Mejillones | 27,3 | 28,4 | 28,5 | 27,3 | 28,1 | 28,7 |
| 16.09.99 | Mejillones | 27,3 | 28,3 | 28,5 | 27,5 | 28,3 | 28,8 |
| 24.02.00 | Mejillones | 27,3 | 28,4 | 28,5 | 27,4 | 28,5 | 28,7 |
| 17.05.00 | Mejillones | 27,3 | 28,4 | 28,5 | 27,3 | 28,1 | 28,7 |
| 14.09.00 | Mejillones | | 28,18 | | | 27,90 | |
| 28.02.01 | Mejillones | 26,87 | 28,08 | 28,56 | 27,09 | 27,75 | 28,16 |
| 21.05.01 | Mejillones | 27,01 | 28,09 | 28,71 | 27,26 | 27,96 | 28,34 |
| 18.09.01 | Mejillones | 26,77 | 28,18 | 28,86 | 27,26 | 27,96 | 28,46 |
| 28.02.02 | Mejillones | | 28,00 | | | 27,90 | |
| 02.10.02 | Mejillones | 27,07 | 28,05 | 28,28 | 27,34 | 27,94 | 27,98 |
| 24.09.03 | Mejillones Norte | 26,89 | 28,26 | | 27,07 | 27,76 | |
| 11.12.03 | Mejillones | 26,58 | 27,99 | 29,26 | 27,08 | 28,17 | 28,81 |
| 11.03.04 | Mejillones | 26,93 | 28,11 | 28,57 | 27,14 | 27,90 | 28,10 |
| 15.08.04 | Mejillones | 26,68 | 28,15 | 28,76 | 26,61 | 27,43 | 28,42 |

Continuación **Tabla 37**

**b) B/C Abate Molina**

| Lugar | Fecha | TS - Transducer Gain | | | Sv - Transducer Gain | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Corto | Medio | Largo | Corto | Medio | Largo |
| Valparaíso | 1993-11-09 | 26,50 | 27,20 | 27,38 | 26,92 | 27,24 | 27,57 |
| Mejillones | 1994-02-26 | 26,00 | 27,00 | 26,95 | 26,10 | 26,72 | 27,02 |
| Mejillones | 1994-05-15 | 26,10 | 27,13 | 27,10 | 26,19 | 27,04 | 27,24 |
| Valparaíso | 1994-07-13 | 25,70 | 26,50 | 26,50 | 25,84 | 26,28 | 26,70 |
| Talcahuano | 1994-08-21 | 26,00 | 26,70 | 26,65 | 25,98 | 26,72 | |
| Mejillones | 1995-01-05 | 27,03 | 27,90 | 27,75 | 27,08 | 27,74 | 28,13 |
| Valparaíso | 1995-07-12 | 27,10 | 28,10 | 28,00 | 27,17 | 28,04 | 28,15 |
| Puerto Yates | 1996-09-04 | 26,65 | 27,90 | 27,90 | 26,98 | 27,48 | 28,13 |
| Mejillones | 1996-11-19 | 26,72 | 27,92 | 27,92 | 26,93 | 27,68 | 27,99 |
| Valparaíso | 1997-04-18 | 26,81 | 27,50 | 27,59 | 27,31 | 27,68 | 27,83 |
| Valparaíso | 1997-12-29 | 26,81 | 27,73 | 27,73 | 27,23 | 27,46 | 27,91 |
| Valparaíso | 1998-11-21 | 26,90 | 27,35 | 27,20 | 27,13 | 27,18 | 27,33 |
| Talcahuano | 1999-05-15 | 26,96 | 27,78 | 27,58 | 27,24 | 27,69 | 27,68 |
| Valparaíso | 1999-07-21 | 26,47 | 27,62 | 27,69 | 27,26 | 27,54 | 27,49 |
| Iquique | 1999-09-16 | 26,60 | 27,51 | 27,68 | 27,15 | 27,45 | 27,25 |
| Valparaíso | 1999-12-22 | 26,38 | 27,52 | | 27,02 | 27,32 | |
| Valparaíso | 2000-01-13 | 26,47 | 27,64 | 27,40 | 26,82 | 27,43 | 27,09 |
| Valparaíso | 2000-12-02 | 26,34 | 27,65 | | 26,86 | 27,38 | |
| Valparaíso | 2001-06-28 | 26,47 | 27,69 | 28,34 | 26,81 | 27,50 | 27,85 |
| Valparaíso | 2001-11-01 | 26,35 | 27,69 | 28,57 | 26,89 | 27,54 | 28,15 |
| Valparaíso | 2001-12-27 | 26,57 | 27,67 | 28,35 | 26,97 | 27,53 | 28,01 |
| Valparaíso | 2002-04-24 | 26,62 | 27,80 | 28,21 | 26,94 | 27,58 | 27,94 |
| Valparaíso | 2002-10-16 | 25,98 | 27,30 | | 26,36 | 27,23 | |
| Valparaíso | 2003-01-02 | 25,98 | 27,30 | 28,01 | 26,52 | 27,23 | 27,63 |
| Valparaíso | 2003-05-07 | 26,13 | 27,56 | 28,36 | 26,77 | 27,48 | 27,94 |
| Valparaíso | 2003-11-27 | 26,34 | 27,36 | 28,03 | 26,63 | 27,31 | 27,80 |
| Valparaíso | 2004-05-24 | 26,32 | 27,52 | | 26,69 | 27,41 | |
| Puerto Ballena | 2004-09-29 | 26,44 | 28,00 | 28,76 | 27,30 | 28,00 | 28,40 |
| Valparaíso | 2004-12-29 | 26,44 | 27,84 | 28,76 | 26,87 | 27,63 | 28,33 |
| Valparaíso | 2005-03-11 | 26,38 | 27,78 | 28,13 | 26,73 | 27,29 | 27,75 |
| Valparaíso | 2005-05-27 | 26,44 | 27,62 | 28,15 | 26,89 | 27,37 | 27,78 |

**Tabla 38.** Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en los cruceros Mobio 0508/09; 0512 y 0602 respecto a las variables profundidad, temperatura, salinidad y densidad acústica.

| | | Profundidad | | | | Temperatura | | | | Salinidad | | | | Sa | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Especie | $\bar{X}$ | Máx | Mín | V ( $\bar{X}$ ) | $\bar{X}$ | Máx | Mín | V ( $\bar{X}$ ) | $\bar{X}$ | Máx | Mín | V ( $\bar{X}$ ) | $\bar{X}$ | Máx | Mín | V ( $\bar{X}$ ) |
| MOBIO 0508/09 | Jurel | 22,00 | 79,50 | 8,00 | 91,93 | 15,74 | 17,10 | 13,02 | 0,74 | 34,84 | 35,16 | 30,32 | 75,88 | 378,28 | 8.136,00 | 3,00 | 447.767,87 |
| | Anchoveta | 16,35 | 46,00 | 6,50 | 28,39 | 15,46 | 17,29 | 12,69 | 1,26 | 34,84 | 35,17 | 30,31 | 204,80 | 1.543,60 | 47.712,00 | 11,00 | 10.763.300,05 |
| | Caballa | 15,78 | 27,00 | 9,00 | 16,87 | 16,26 | 17,17 | 13,77 | 1,00 | 34,99 | 35,17 | 34,56 | 241,01 | 89,97 | 352,00 | 12,00 | 8.307,85 |
| | Pez linterna | 92,73 | 249,00 | 26,00 | 4.126,32 | 13,66 | 15,42 | 10,41 | 1,59 | 34,79 | 34,94 | 34,51 | 98,09 | 1.448,48 | 12.562,00 | 59,00 | 2.871.007,62 |
| | Langostino | 22,71 | 46,00 | 14,50 | 41,60 | 15,48 | 16,52 | 13,51 | 0,57 | 34,92 | 34,98 | 34,67 | 0,00 | 1.140,77 | 7.905,00 | 101,00 | 2.285.541,11 |
| MOBIO 0512 | Jurel | 23,99 | 128,00 | 9,50 | 189,87 | 16,09 | 21,10 | 12,58 | 2,94 | 34,58 | 35,12 | 30,13 | 0,96 | 286,41 | 5.826,00 | 5,00 | 345.631,68 |
| | Anchoveta | 13,91 | 32,00 | 8,00 | 19,35 | 15,73 | 20,79 | 13,14 | 2,46 | 34,62 | 35,14 | 30,03 | 0,64 | 1.414,55 | 35.979,00 | 11,00 | 9.530.092,57 |
| | Caballa | 13,14 | 17,50 | 11,00 | 4,14 | 17,15 | 20,18 | 15,41 | 4,43 | 34,70 | 34,92 | 34,51 | 0,04 | 39,86 | 71,00 | 20,00 | 418,48 |
| | Pez linterna | 64,81 | 183,50 | 18,00 | 2.030,30 | 15,31 | 20,41 | 11,98 | 8,01 | 34,82 | 35,14 | 34,72 | 0,01 | 1.086,58 | 3.547,00 | 60,00 | 1.523.753,47 |
| | Langostino | 13,05 | 14,00 | 10,50 | 0,60 | 15,88 | 16,06 | 15,53 | 0,01 | 34,87 | 34,88 | 34,84 | 0,00 | 366,57 | 679,00 | 124,00 | 18.066,25 |
| MOBIO 0602 | Jurel | 27,92 | 120,00 | 7,50 | 309,86 | 17,67 | 24,52 | 12,69 | 8,10 | 34,72 | 35,02 | 34,46 | 0,01 | 164,79 | 8.681,00 | 5,00 | 264.070,02 |
| | Anchoveta | 12,21 | 55,50 | 7,00 | 25,12 | 15,76 | 21,23 | 13,31 | 1,43 | 34,77 | 34,95 | 34,49 | 0,01 | 467,72 | 25.721,00 | 10,00 | 3.219.519,87 |
| | Caballa | 14,28 | 23,50 | 9,00 | 13,06 | 17,28 | 24,36 | 13,81 | 6,76 | 34,74 | 34,89 | 34,54 | 0,01 | 76,44 | 690,00 | 9,00 | 13.783,14 |
| | Jibia | 15,07 | 23,00 | 9,50 | 22,12 | 19,55 | 23,44 | 14,20 | 14,80 | 34,78 | 34,84 | 34,73 | 0,00 | 80,43 | 255,00 | 28,00 | 6.879,95 |

**Tabla 39.** Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el período 1994-2003 por estación respecto a las variables densidad acústica (Sa), profundidad, temperatura y salinidad. Se ha descartado el año 1997 por presentarse fuera de rango en la mayoría de las variables.

| | | Otoño s/1997 y 1998 | | | | | | | Invierno s/1997 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | especie | Sardina | Jurel | Anchoveta | Caballa | Linterna | Langostino | Bacaladillo | Sardina | Jurel | Anchoveta | Caballa | Linterna | Langostino | Bacaladillo |
| Sa | $\overline{X}$ | 2.726,43 | 999,96 | 2.127,17 | 509,13 | 315,00 | 450,33 | 312,50 | 2877 | 579 | 2148,25 | 356,11 | 3488,80 | 4647,73 | 3429,47 |
| | Máx. | 59.028 | 59.647 | 84.095 | 6.545 | 1.516 | 2.500 | 854 | 20051 | 7655 | 40213,00 | 4422,00 | 20409,00 | 74749,00 | 71438,00 |
| | Mín. | 38 | 2 | 1 | 0 | 11 | 34 | 84 | 150 | 3 | 10 | 10 | 54 | 50 | 8 |
| | $S^2(\overline{X})$ | 69.043.589,54 | 7.634.008,05 | 34.046.415,52 | 1.076.409,09 | 100.038,83 | 428.332,75 | 53.138,00 | 31333835,78 | 710050,28 | 13247687,58 | 345201,59 | 20061032,90 | 79243531,57 | 107483032,87 |
| | CV | 3,05 | 2,76 | 2,74 | 2,04 | 1,00 | 1,45 | 0,74 | 1,95 | 1,45 | 1,69 | 1,65 | 1,28 | 1,92 | 3,02 |
| Profundidad | $\overline{X}$ | 15,48 | 52,71 | 19,51 | 25,25 | 91,32 | 99,21 | 13,44 | 26,47 | 24,94 | 17,01 | 14,17 | 81,33 | 34,37 | 22,32 |
| | Máx. | 33,00 | 233,00 | 93,00 | 68,00 | 194,50 | 198,00 | 15,00 | 41 | 91,5 | 52 | 103,5 | 240,5 | 121 | 34,5 |
| | Mín. | 8,00 | 5,00 | 6,00 | 4,50 | 31,50 | 33,50 | 13,00 | 18 | 5 | 5,5 | 6,5 | 21,5 | 14,5 | 11 |
| | $S^2(\overline{X})$ | 26,95 | 2.697,33 | 219,83 | 186,81 | 1.222,30 | 2.639,85 | 0,53 | 43,98 | 151,58 | 37,70 | 108,85 | 2645,60 | 514,37 | 40,13 |
| | CV | 0,34 | 0,99 | 0,76 | 0,54 | 0,38 | 0,52 | 0,05 | 0,25 | 0,49 | 0,36 | 0,74 | 0,63 | 0,66 | 0,28 |
| Temperatura | $\overline{X}$ | 17,96 | 15,05 | 16,20 | 16,78 | 13,67 | 15,04 | 14,61 | 15,29 | 15,40 | 15,25 | 16,07 | 13,74 | 15,73 | 13,98 |
| | Máx. | 21,57 | 21,78 | 21,39 | 21,31 | 17,18 | 19,10 | 16,27 | 15,66 | 18,27 | 18,238 | 17,69 | 16,42 | 17,43 | 15,23 |
| | Mín. | 14,08 | 11,70 | 12,75 | 12,95 | 11,56 | 11,15 | 14,02 | 14,27 | 12,11 | 12,74 | 13,11 | 11,17 | 12,43 | 13,23 |
| | $S^2(\overline{X})$ | 4,97 | 4,25 | 3,69 | 4,62 | 2,22 | 8,26 | 1,02 | 0,19 | 1,20 | 1,07 | 1,35 | 1,05 | 2,26 | 0,39 |
| | CV | 0,12 | 0,14 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,19 | 0,07 | 0,03 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,10 | 0,04 |
| Salinidad | $\overline{X}$ | 34,918 | 34,592 | 34,748 | 34,817 | 34,748 | 34,517 | 34,732 | 34,686 | 34,803 | 34,808 | 34,884 | 34,841 | 34,855 | 34,844 |
| | Máx. | 35,693 | 35,711 | 35,577 | 35,545 | 34,884 | 34,829 | 34,775 | 34,813 | 35,184 | 35,21 | 35,185 | 34,962 | 35,055 | 34,902 |
| | Mín. | 34,510 | 33,937 | 34,180 | 34,501 | 34,599 | 33,780 | 34,715 | 34,507 | 34,293 | 34,394 | 34,643 | 34,678 | 34,572 | 34,774 |
| | $S^2(\overline{X})$ | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,09 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| | CV | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,006 | 0,002 | 0,009 | 0,001 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Continuación **Tabla 39**

| | | primavera s/1997 | | | | | | | Verano s/1998 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sardina | Jurel | Anchoveta | Caballa | Linterna | Langostino | Bacaladillo | Sardina | Jurel | Anchoveta | Caballa | Linterna | Langostino |
| Sa | $\overline{X}$ | 4355,01 | 748,10 | 1752,25 | 685,47 | 3300,20 | 2795,24 | 2775,52 | 1773,53 | 713,52 | 1838,29 | 685,70 | 930,30 | 1279,63 |
| | Máx. | 34404 | 24924 | 53152 | 4975 | 80400 | 40800 | 77260 | 20137,00 | 23298,00 | 99812,00 | 8587,00 | 9501,00 | 2365,00 |
| | Mín. | 416,9 | 3 | 3 | 3 | 11 | 5 | 3 | 27,00 | 19,00 | 5,00 | 5,00 | 27,00 | 250,00 |
| | $S^2(\overline{X})$ | 42230845,78 | 3344559,49 | 16190573,52 | 1033846,25 | 78478223,45 | 33787858,66 | 46295535,33 | 8082887,88 | 2297317,14 | 20215288,95 | 1029542,18 | 2434158,12 | 448841,13 |
| | CV | 1,49 | 2,44 | 2,30 | 1,48 | 2,68 | 2,08 | 2,45 | 1,60 | 2,12 | 2,45 | 1,48 | 1,68 | 0,52 |
| Profundidad | $\overline{X}$ | 16,36 | 30,29 | 14,49 | 16,32 | 100,89 | 17,87 | 130,41 | 14,66 | 21,35 | 12,83 | 14,77 | 89,47 | 43,69 |
| | Máx. | 35 | 184,5 | 117 | 35,5 | 280,5 | 57,5 | 248 | 35,50 | 241,50 | 69,50 | 62,50 | 178,00 | 73,00 |
| | Mín. | 7 | 7 | 3,5 | 7,5 | 5 | 4 | 7,5 | 6,00 | 5,00 | 3,50 | 3,50 | 17,50 | 24,00 |
| | $S^2(\overline{X})$ | 32,99 | 630,31 | 188,24 | 49,48 | 7837,40 | 88,59 | 5427,87 | 41,49 | 415,55 | 23,87 | 71,53 | 2153,70 | 216,42 |
| | CV | 0,35 | 0,83 | 0,95 | 0,43 | 0,88 | 0,53 | 0,56 | 0,44 | 0,95 | 0,38 | 0,57 | 0,52 | 0,34 |
| Temperatura | $\overline{X}$ | 17,05 | 15,99 | 16,07 | 16,56 | 14,51 | 16,17 | 13,77 | 18,12 | 17,25 | 16,87 | 17,77 | 14,70 | 16,64 |
| | Máx. | 21,3 | 23,29 | 22,19 | 22,63 | 21,94 | 19,81 | 22,11 | 24,80 | 25,62 | 25,49 | 24,27 | 28,28 | 19,73 |
| | Mín. | 14,1 | 11,8 | 12,8 | 13,89 | 10,81 | 13,16 | 11,02 | 13,69 | 12,10 | 12,90 | 12,97 | 12,03 | 14,21 |
| | $S^2(\overline{X})$ | 3,269 | 3,96 | 2,59 | 3,72 | 11,02 | 2,82 | 7,79 | 9,56 | 8,11 | 5,78 | 5,63 | 8,81 | 4,27 |
| | CV | 0,11 | 0,13 | 0,10 | 0,12 | 0,23 | 0,10 | 0,20 | 0,17 | 0,17 | 0,14 | 0,13 | 0,20 | 0,12 |
| Salinidad | $\overline{X}$ | 34,833 | 34,776 | 34,762 | 34,826 | 34,781 | 34,801 | 34,783 | 34,745 | 34,695 | 34,700 | 34,692 | 34,686 | 34,852 |
| | Máx. | 35,39 | 35,532 | 35,491 | 35,381 | 35,06 | 34,934 | 35,175 | 35,430 | 35,488 | 35,420 | 35,067 | 35,746 | 35,037 |
| | Mín. | 34,509 | 34,285 | 34,292 | 34,429 | 34,564 | 34,573 | 34,403 | 34,383 | 34,167 | 34,362 | 34,416 | 34,449 | 34,761 |
| | $S^2(\overline{X})$ | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,042 | 0,031 | 0,020 | 0,013 | 0,042 | 0,008 |
| | CV | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |

**Tabla 40.** Indices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn2) de jurel, anchoveta y caballa estimados por zona en el crucero Mobio 0508/09.

| | Arica-Antofagasta | | Antofagasta-Pichidangui | |
|---|---|---|---|---|
| Especie | IC (%). | ID (t/mn2). | IC (%). | ID (t/mn2). |
| Jurel | 4,66 | 19,36 | 3,73 | 16,99 |
| Anchoveta | 6,43 | 133,14 | 2,35 | 266,65 |
| Caballa | 1,2 | 2,48 | | |
| Langostino | 0,07 | 205,32 | | |
| Vicinguerria | 1,62 | 165,57 | | |

**Nota:**

Anchoveta: L = 15,0 cm (Arica-Antofagasta)
L = 13 cm (Antofagasta-Pichidangui)
TS 20 Log L – 73,58 (Castillo & Robotham, 2004)
Peso = 0,00571 $L^{3,06229}$, $R^2$=0,95 (2004).

Jurel : L = 18 cm (ambas zonas)
TS =20,11 Log L-68,67 (Córdova, com. Pers.)
Peso = 0,01182 $L^{2,96789}$, $R^2$= 0,92 (2004).

Caballa : L = 26 cm (ambas zonas).
Peso = 0,0029 $L^{3,4306}$, $R^2$=0,81 (2004)

Langostino y Vicinguerria: $TS_{kg}$ = 0,14 dB/kg

**Tabla 41.** Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn$^2$) de jurel, anchoveta, caballa, Vicinguerria y langostino estimados en el crucero Mobio 0512.

| Especie | Jurel | Anchoveta | Caballa | Vicinguerria | Langostino |
|---|---|---|---|---|---|
| N Total | 2.421 | 2.421 | 2.421 | 2.421 | 2.421 |
| N + | 194 | 477 | 6 | 22 | 46 |
| Sa | 57.850,9 | 690.285,3 | 278,9 | 26.074,8 | 16.862,2 |
| % | 7,31 | 87,23 | 0,04 | 3,29 | 2,13 |
| IC (%) | 8 | 19,7 | 0,2 | 0,9 | 1,9 |
| ID(Sa/N+) | 298,2 | 1.447,14 | 46,48 | 1.185,22 | 366,57 |
| ID(t/mn2) | 36,3 | 275,69 | 6,88 | 175,41 | 54,25 |
| PESO= a L $^b$ | | | | | |
| L (cm) | 20 | 15,5 | | | |
| A | 0,01182 | 0,00571 | | | |
| B | 2,96789 | 3,06229 | | | |
| TS=α+β Log(L) | | | | | |
| A | -68,67(1) | -73,58 (2) | | | |
| B | 20,11(1) | 20 (2) | | | |
| Peso | 85,89 | 25,22 | | | |
| TS | -42,51 | -49,77 | | | |
| TSkg | -31,85 | -33,79 | | | |
| TSton | -1,85 | -3,79 | | | |
| Cb | 0,1217 | 0,1905 | 0,148 | 0,148 | 0,148 |

(1) Córdova, com. Pers,

(2) (Castillo & Robotham**,** 2004)

**Tabla 42.** Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn$^2$) de jurel, anchoveta y caballa estimados en el crucero Mobio 0602.

| | Jurel | Anchoveta | Caballa | Jibia | Total esp |
|---|---|---|---|---|---|
| N | 2.272 | 2.272 | 2.272 | 2.272 | 2.272 |
| Suma Sa(s/23) | 53.612,9 | 336.771,2 | 5.608,5 | 629,7 | 396.622,3 |
| % | 13,52 | 84,91 | 1,41 | 0,16 | |
| N+ | 203 | 378 | 56 | 7 | 617 |
| **IC(N+/N)** | **0,0893** | **0,1664** | **0,0246** | **0,0031** | **0,2716** |
| ID(Sa/N+) | 264,102 | 890,929 | 100,151 | 89,957 | 642,823 |
| L | 23 | 12 | 28 | | |
| **TS=a+bLog L** | | | | | |
| A | -68,67 | -73,58 | | | |
| B | 20,11 | 20 | | | |
| TS | -41,285 | -51,996 | | | |
| TS kg | -32,426 | -32,610 | | | |
| **w=a L¨b** | | | | | |
| A | 0,01182 | 0,00571 | | | |
| B | 2,96789 | 3,06229 | | | |
| w(g) | 130,0 | 11,5 | | | |
| Cb(t/mn2) | 0,13916 | 0,1451 | 0,148 | 0,148 | 0,148 |
| **ID(t/mn2)** | **36,7** | **129,3** | **14,8** | **13,3** | |

(3) Córdova, com. Pers,
(4) (Castillo & Robotham, 2004)

**Tabla 43.** Valores de temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-***a*** (µg/L) en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones obtenidos desde junio de 2005 a marzo de 2006.

| DATOS FISICOS | | | | | | | DATOS QUIMICOS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| localidad | Arica | | Iquique | | Mejillones | | Arica | | Iquique | | Mejillones | |
| fecha | 9-Jun-05 | | 17-Jun-05 | | 11-Jun-05 | | 9-Jun-05 | | 17-Jun-05 | | 11-Jun-05 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 5 | 16,60 | | 15,71 | | 15,92 | | 6,26 | 1,12 | 3,12 | 3,13 | 4,62 | 3,76 |
| 10 | 16,20 | | 15,60 | | 15,75 | | 5,19 | 1,68 | 1,77 | 1,08 | 4,39 | 4,37 |
| 20 | 15,60 | | 15,48 | | 15,58 | | 2,66 | 0,59 | 1,11 | 0,22 | 1,55 | 1,01 |
| 30 | 15,20 | | 14,30 | | 14,05 | | 2,65 | 0,05 | 0,49 | 0,03 | 0,21 | 0,14 |
| 50 | 13,40 | | 13,82 | | 13,90 | | 1,16 | 0,08 | 0,16 | 0,12 | 0,27 | 0,12 |
| fecha | 12-Jul-05 | | 9-Jul-05 | | 15-Jul-05 | | 12-Jul-05 | | 9-Jul-05 | | 15-Jul-05 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 0 | 16,44 | 34,91 | 16,18 | 34,89 | 16,10 | | 8,84 | 8,97 | 4,97 | 1,42 | 7,06 | 4,31 |
| 5 | 16,31 | 34,89 | 15,93 | 34,85 | 15,50 | | 8,45 | 14,51 | 4,01 | 2,22 | 5,86 | 3,77 |
| 10 | 15,92 | 34,87 | 15,23 | 34,78 | 15,21 | | 5,38 | 23,54 | 0,68 | 0,48 | 4,65 | 2,28 |
| 20 | 15,50 | 34,84 | 14,96 | 34,92 | 14,65 | | 2,92 | 1,58 | 0,43 | 0,01 | 2,05 | 0,88 |
| 30 | 15,08 | 34,82 | 14,58 | 34,92 | 14,26 | | 1,93 | 1,65 | 0,37 | 0,17 | 1,02 | 0,67 |
| 50 | 14,31 | 34,89 | 13,77 | 34,88 | 13,95 | | 0,42 | 0,08 | 0,32 | 0,14 | 0,77 | 0,24 |
| fecha | 13-Ago-05 | | 11-Ago-05 | | 5-Ago-05 | | 13-Ago-05 | | 11-Ago-05 | | 5-Ago-05 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 0 | 17,10 | 34,91 | 16,54 | 34,90 | 15,65 | 34,80 | 8,02 | 2,89 | 6,66 | 2,44 | 8,63 | 7,91 |
| 2 | | | 16,47 | 34,89 | | | | | | | | |
| 4 | | | 16,32 | 34,90 | | | | | | | | |
| 5 | 16,80 | 34,90 | 16,23 | 34,91 | 15,45 | | 8,01 | 14,40 | 5,21 | 1,98 | 6,87 | 10,50 |
| 6 | | | 16,17 | 34,91 | | | | | | | | |
| 8 | | | 16,08 | 34,91 | | | | | | | | |
| 10 | 15,90 | 34,89 | 15,99 | 34,90 | 14,60 | 34,75 | 3,84 | 2,74 | 1,33 | 0,24 | 3,90 | 0,65 |
| 15 | | | 15,81 | 34,88 | | | | | | | | |
| 20 | 14,80 | 34,90 | 15,46 | 34,87 | 14,45 | 34,78 | 0,83 | 0,30 | 1,35 | 0,27 | 3,42 | 0,56 |
| 25 | | | 14,77 | 34,85 | | | | | | | | |
| 30 | 14,30 | 34,90 | 14,33 | 34,81 | 14,15 | 34,77 | 0,37 | 0,09 | 0,52 | 0,30 | 3,29 | 0,21 |
| 35 | | | 14,17 | 34,81 | | | | | | | | |
| 40 | | | 14,00 | 34,82 | | | | | | | | |
| 45 | | | 13,82 | 34,84 | | | | | | | | |
| 50 | 14,20 | 34,91 | 13,74 | 34,85 | 13,98 | 34,88 | 0,43 | 0,06 | 0,37 | 0,10 | 1,65 | 0,14 |
| fecha | 7-Sep-05 | | 11-Sep-05 | | 24-Sep-05 | | 7-Sep-05 | | 11-Sep-05 | | 24-Sep-05 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 1 | 14,93 | 34,89 | 14,87 | 34,88 | 14,55 | 34,81 | 4,79 | | 4,33 | | 7,16 | |
| 2 | 14,87 | 34,89 | 14,86 | 34,88 | 14,54 | 34,81 | | | | | | |
| 4 | 14,68 | 34,89 | 14,79 | 34,88 | 14,50 | 34,81 | | | | | | |
| 5 | 14,54 | 34,89 | 14,75 | 34,88 | 14,44 | 34,81 | 2,12 | | 4,05 | | 6,94 | |
| 6 | 14,40 | 34,89 | 14,71 | 34,88 | 14,36 | 34,81 | | | | | | |
| 8 | 14,22 | 34,89 | 14,52 | 34,88 | 14,09 | 34,80 | | | | | | |
| 10 | 14,14 | 34,89 | 14,28 | 34,89 | 13,77 | 34,79 | 1,45 | | 1,74 | | 5,55 | |
| 15 | 13,99 | 34,89 | 13,86 | 34,89 | 13,21 | 34,75 | | | | | | |
| 20 | 13,90 | 34,89 | 13,64 | 34,89 | 12,93 | 34,74 | 0,68 | | 0,91 | | 2,35 | |
| 25 | 13,77 | 34,89 | 13,49 | 34,89 | 12,73 | 34,73 | | | | | | |
| 30 | 13,63 | 34,89 | 13,40 | 34,89 | 12,65 | 34,73 | | | 0,65 | | 1,34 | |
| 35 | 13,53 | 34,90 | 13,32 | 34,89 | 12,63 | 34,76 | | | | | | |
| 40 | 13,44 | 34,90 | 13,27 | 34,89 | 12,63 | 34,79 | 0,24 | | | | | |
| 45 | | | 13,22 | 34,89 | 12,64 | 34,80 | | | | | | |
| 50 | | | 13,05 | 34,90 | 12,64 | 34,81 | | | 0,45 | | 0,49 | |
| fecha | 7-Oct-05 | | 5-Oct-05 | | 8-Oct-05 | | 7-Oct-05 | | 5-Oct-05 | | 8-Oct-05 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 0 | 16,23 | 34,91 | 15,73 | 34,90 | 14,93 | 34,79 | 6,50 | 0,68 | 8,85 | 9,91 | 5,62 | 10,44 |
| 5 | 15,66 | 34,73 | 14,35 | 34,82 | 13,66 | 34,77 | 6,85 | 1,54 | 6,28 | 17,05 | 0,99 | 4,90 |
| 10 | 13,97 | 34,84 | 13,63 | 34,86 | 12,81 | 34,81 | 3,79 | 10,68 | 0,67 | 2,67 | 0,67 | 0,38 |
| 15 | 13,41 | 34,87 | 13,34 | 34,88 | 12,70 | 34,81 | | | | | | |
| 20 | 13,16 | 34,88 | 13,20 | 34,87 | 12,69 | 34,82 | 0,59 | 9,50 | 0,68 | 2,21 | 0,31 | 0,23 |
| 25 | 13,06 | 34,87 | 13,11 | 34,86 | 12,69 | 34,82 | | | | | | |
| 30 | 13,00 | 34,88 | 12,93 | 34,87 | 12,69 | 34,83 | 0,32 | 1,88 | 0,31 | 0,53 | 0,37 | 0,21 |
| 35 | 12,95 | 34,88 | 12,84 | 34,87 | 12,67 | 34,84 | | | | | | |
| 40 | 12,90 | 34,88 | 12,76 | 34,87 | 12,65 | 34,84 | | | | | | |
| 45 | 12,81 | 34,88 | 12,67 | 34,88 | 12,62 | 34,84 | | | | | | |
| 50 | 12,71 | 34,88 | 12,57 | 34,87 | 12,60 | 34,84 | 0,42 | 0,51 | 0,43 | 0,41 | 0,32 | 0,06 |
| fecha | 3-Nov-05 | | 4-Nov-05 | | 6-Nov-05 | | 3-Nov-05 | | 4-Nov-05 | | 6-Nov-05 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 0 | 14,989 | 34,87 | | | | | 6,46 | 2,83 | 7,7 | 3,72 | 7,91 | 2,64 |
| 2 | 14,953 | 34,834 | 14,607 | 34,811 | | | | | | | | |
| 4 | 14,593 | 34,853 | 14,376 | 34,832 | | | | | | | | |
| 5 | 14,34 | 34,701 | 14,149 | 34,809 | | | 6,12 | 5,07 | 3,94 | 13,33 | 7,74 | 7,91 |
| 6 | 13,571 | 34,796 | 13,903 | 34,772 | | | | | | | | |
| 8 | 13,402 | 34,884 | 13,249 | 34,829 | | | | | | | | |
| 10 | 13,188 | 34,854 | 13,165 | 34,816 | | | 2,99 | 7,32 | 2,91 | 12,33 | 3,46 | 1,42 |
| 15 | 12,926 | 34,874 | 12,897 | 34,855 | | | | | | | | |
| 20 | 12,779 | 34,889 | 12,851 | 34,854 | | | 0,21 | 0,40 | 0,32 | 0,97 | 0,42 | 1,06 |
| 25 | 12,731 | 34,892 | 12,84 | 34,856 | | | | | | | | |
| 30 | 12,66 | 34,89 | 12,83 | 34,86 | | | 0,37 | 0,12 | 0,26 | 0,85 | 0,37 | 0,64 |
| 35 | 12,62 | 34,89 | 12,68 | 34,86 | | | | | | | | |
| 40 | 12,58 | 34,88 | 12,53 | 34,85 | | | | | | | | |
| 45 | 12,52 | 34,88 | 12,46 | 34,86 | | | | | | | | |
| 50 | 12,49 | 34,88 | 12,29 | 34,86 | | | 0,37 | 0,12 | 0,37 | 0,71 | 0,32 | 0,18 |

Continuación **Tabla 43**

| DATOS FISICOS | | | | | | | DATOS QUIMICOS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| localidad | Arica | | Iquique | | Mejillones | | Arica | | Iquique | | Mejillones | |
| fecha | 12-Dic-05 | | 2-Dic-05 | | 4-Dic-05 | | 12-Dic-05 | | 2-Dic-05 | | 4-Dic-05 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 1 | 21,11 | 34,93 | 17,20 | 34,86 | 17,82 | 34,68 | 5,52 | 0,42 | 4,73 | 1,15 | 6,26 | 1,71 |
| 2 | 21,10 | 34,93 | 17,16 | 34,86 | 17,71 | 34,68 | | | | | | |
| 4 | 21,07 | 34,93 | 17,04 | 34,86 | 17,13 | 34,67 | | | | | | |
| 5 | 21,03 | 34,92 | 16,92 | 34,86 | 16,76 | 34,66 | 5,58 | 0,37 | 4,51 | 2,66 | 5,64 | 2,71 |
| 6 | 20,96 | 34,92 | 16,78 | 34,86 | | | | | | | | |
| 8 | 20,69 | 34,92 | 16,32 | 34,86 | 15,26 | 34,60 | | | | | | |
| 10 | 20,00 | 34,91 | 15,99 | 34,87 | 14,50 | 34,56 | 5,85 | 1,44 | 4,41 | 5,49 | 3,55 | 1,22 |
| 15 | 17,61 | 34,88 | 15,04 | 34,87 | 13,51 | 34,56 | | | | | | |
| 20 | 15,92 | 34,87 | 14,21 | 34,88 | 13,23 | 34,63 | 1,74 | 2,44 | 4,21 | 4,01 | 1,22 | 1,06 |
| 25 | 14,87 | 34,86 | 13,81 | 34,87 | 13,10 | 34,69 | | | | | | |
| 30 | 14,49 | 34,86 | 13,66 | 34,87 | 13,20 | 34,76 | | | 0,52 | 2,96 | 0,53 | 0,50 |
| 35 | | | 13,55 | 34,87 | 12,95 | 34,77 | | | | | | |
| 40 | | | 13,42 | 34,87 | 12,89 | 34,82 | | | | | | |
| 45 | | | 13,34 | 34,87 | 12,81 | 34,83 | | | | | | |
| 50 | | | 13,32 | 34,88 | 12,79 | 34,83 | | | 0,3 | 0,96 | 0,21 | 0,15 |
| fecha | 6-Ene-06 | | 31-Ene-06 | | 10-Ene-06 | | 6-Ene-06 | | 11-Ene-06 | | 10-Ene-06 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 1 | 19,93 | 34,89 | | | 21,07 | 34,63 | 7,67 | 0,64 | 5,47 | 0,57 | 7,80 | 0,05 |
| 2 | 19,88 | 34,88 | 16,82 | 34,73 | 20,90 | 34,64 | | | | | | |
| 4 | 19,79 | 34,89 | 16,12 | 34,75 | 20,24 | 34,62 | | | | | | |
| 5 | 19,71 | 34,88 | 15,90 | 34,78 | 19,85 | 34,60 | 8,21 | 0,84 | 5,44 | 1,21 | 6,23 | 0,04 |
| 6 | 19,60 | 34,86 | 15,85 | 34,80 | | | | | | | | |
| 8 | 18,44 | 34,82 | 15,83 | 34,80 | 16,89 | 34,58 | | | | | | |
| 10 | 16,81 | 34,79 | 15,79 | 34,80 | 15,58 | 34,61 | 7,85 | 1,20 | 3,92 | 2,06 | 4,02 | 0,07 |
| 15 | 15,62 | 34,86 | 15,53 | 34,81 | 15,12 | 34,60 | | | | | | |
| 20 | 14,27 | 34,81 | 14,28 | 34,79 | 14,28 | 34,62 | 1,20 | 0,48 | 0,42 | 1,82 | 2,19 | 0,06 |
| 25 | 13,88 | 34,82 | 13,90 | 34,83 | 14,21 | 34,65 | | | | | | |
| 30 | 13,65 | 34,82 | 13,56 | 34,84 | 13,90 | 34,67 | 0,52 | 0,22 | 0,26 | 0,20 | 0,69 | 0,02 |
| 35 | 13,43 | 34,86 | 13,45 | 34,85 | 13,63 | 34,69 | | | | | | |
| 40 | 13,38 | 34,86 | 13,30 | 34,85 | 13,33 | 34,70 | | | | | | |
| 45 | 13,25 | 34,87 | 13,22 | 34,85 | 13,26 | 34,74 | | | | | | |
| 50 | 13,20 | 34,88 | 13,00 | 34,86 | 13,04 | 34,79 | 0,27 | 0,13 | 0,43 | 0,12 | 0,16 | 0,29 |
| fecha | 19-Feb-06 | | 10-Feb-06 | | 12-Feb-06 | | 19-Feb-06 | | 10-Feb-06 | | 12-Feb-06 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 1 | 21,62 | 34,79 | 16,91 | 34,80 | 19,68 | 34,70 | 6,31 | 2,02 | 6,94 | 1,83 | 7,09 | 0,74 |
| 2 | 21,63 | 34,80 | 16,88 | 34,83 | 19,66 | 34,70 | | | | | | |
| 4 | 21,52 | 34,82 | 16,49 | 34,85 | 19,64 | 34,72 | | | | | | |
| 5 | 20,12 | 34,83 | 16,04 | 34,86 | 19,59 | 34,73 | 6,67 | 6,79 | 5,34 | 4,37 | 7,72 | 0,86 |
| 6 | 17,51 | 34,84 | 15,81 | 34,86 | 19,41 | 34,75 | | | | | | |
| 8 | 16,24 | 34,87 | 15,41 | 34,87 | 18,27 | 34,75 | | | | | | |
| 10 | 15,15 | 34,90 | 15,15 | 34,88 | 15,40 | 34,72 | 2,26 | 3,67 | 2,48 | 2,83 | 4,51 | 9,97 |
| 15 | 14,43 | 34,88 | 14,17 | 34,89 | 13,47 | 34,67 | | | | | | |
| 20 | 14,15 | 34,88 | 13,94 | 34,89 | 13,27 | 34,70 | 0,85 | 1,37 | 1,52 | 1,48 | 1,80 | 2,77 |
| 25 | 13,69 | 34,88 | 13,83 | 34,88 | 12,83 | 34,74 | | | | | | |
| 30 | 13,67 | 34,87 | 13,52 | 34,88 | 12,92 | 34,79 | 0,43 | 1,43 | 1,22 | 0,92 | 0,80 | 0,15 |
| 35 | 13,66 | 34,87 | 13,32 | 34,88 | 12,93 | 34,81 | | | | | | |
| 40 | 13,66 | 34,87 | 13,26 | 34,89 | 12,84 | 34,82 | | | | | | |
| 45 | | | 13,23 | 34,89 | 12,85 | 34,84 | | | | | | |
| 50 | | | 13,14 | 34,89 | 12,85 | 34,85 | | | 1 | 0,70 | 0,54 | 0,09 |
| fecha | 10-Mar-06 | | 9-Mar-06 | | 11-Mar-06 | | 10-Mar-06 | | 9-Mar-06 | | 11-Mar-06 | |
| prof/variable | tem | Sali | tem | Sali | tem | Sali | oxi | cloa | oxi | cloa | oxi | cloa |
| 1 | 20,30 | 34,60 | 16,83 | 34,74 | 17,22 | 34,51 | 8,06 | 1,02 | 7,91 | 2,29 | | 2,06 |
| 2 | 20,25 | 34,68 | 16,60 | 34,69 | 15,62 | 34,51 | | | | | | |
| 4 | 19,21 | 34,73 | 16,06 | 34,77 | 13,85 | 34,61 | | | | | | |
| 5 | 18,74 | 34,76 | 15,95 | 34,80 | 13,70 | 34,64 | 8,30 | 1,18 | 6,07 | 9,09 | | 9,56 |
| 6 | 18,71 | 34,76 | 15,89 | 34,80 | 13,66 | 34,63 | | | | | | |
| 8 | 18,40 | 34,73 | 15,84 | 34,80 | 13,44 | 34,68 | | | | | | |
| 10 | 17,48 | 34,76 | 15,76 | 34,80 | 13,39 | 34,69 | 7,73 | 1,26 | 3,92 | 15,05 | | 1,31 |
| 15 | 15,16 | 34,73 | 15,50 | 34,80 | 13,13 | 34,73 | | | | | | |
| 20 | 14,69 | 34,75 | 14,90 | 34,80 | 13,09 | 34,76 | 2,19 | 0,58 | 1,2 | 1,97 | | 0,48 |
| 25 | 14,24 | 34,78 | 14,44 | 34,77 | 13,06 | 34,80 | | | | | | |
| 30 | 14,13 | 34,79 | 13,93 | 34,81 | 13,05 | 34,82 | 0,69 | 0,53 | 1,1 | 1,03 | | 0,37 |
| 35 | 13,95 | 34,80 | 13,73 | 34,82 | 13,02 | 34,82 | | | | | | |
| 40 | 13,73 | 34,82 | 13,62 | 34,83 | 12,97 | 34,81 | | | | | | |
| 45 | 13,51 | 34,84 | 13,47 | 34,83 | 12,96 | 34,82 | | | | | | |
| 50 | | | 13,32 | 34,85 | | | 0,26 | 0,84 | 0,49 | 0,58 | | 0,50 |

**Tabla 44.** Valores de concentración (µg/L) de clorofila total (cloat) de las estaciones de vigilancia con su fecha de realización y rango de concentración de clorofila satelital (cloas) de la imagen correspondiente la fecha más próxima. Se indica además, si la concentración de cloat estuvo en el rango, si fue sobreestimado o subestimado de acuerdo al rango de valores de cloas entregado por la imagen. El asterisco señala cuando los muestreos no coinciden en la misma fecha. La indicación "nubes", señala cuando no hubo comparación de los valores de cloat y cloas por presencia de estas en el sector de muestreo.c

| DATOS CLOAT- IMAGENES DE COLOR | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arica | | | Iquique | | | Mejillones | | |
| clot | rango cloas | cloat => cloas | clot | rango cloas | cloat => cloas | clot | rango cloas | cloat => cloas |
| 9-Jun-05 | | | 17-Jul-05 | 16-Jul-05 | * | 11-Jun-05 | | |
| 2,50 | 2 a 2,9 | en el rango | 18,43 | nubes | | 4,00 | 3 a 3,9 | subestimado |
| 12-Jul-05 | | | 9-Jul-05 | | | 15-Jul-05 | 12-Jul-05 | * |
| 10,82 | 5 a 9,9 | subestimado | 2,39 | 5 a 9,9 | sobreestimado | 5,85 | nubes | |
| 13-Ago-05 | 11-Ago-05 | * | 11-Ago-05 | | | 5-Ago-05 | | |
| 4,62 | 3 a 4,9 | en el rango | 3,28 | 2 a 3,9 | en el rango | 11,41 | nubes | |
| 7-Oct-05 | | | 5-Oct-05 | | | 08-Oct-05 | 07-Oct-05 | * |
| 2,62 | nubes | | 15,91 | 5 a 9,9 | subestimado | 15,80 | 5 a 9,9 | subestimado |
| 3-Nov-05 | | | 04-Nov-05 | 03-Nov-05 | * | 06-Nov-05 | 07-Nov-05 | * |
| 6,03 | 5 a 9,9 | en el rango | 8,78 | 5 a 9,9 | en el rango | 4,70 | 4 a 4,9 | en el rango |
| 12-Dic-05 | | | 2-Dic-05 | | | 4-Dic-05 | | |
| 0,75 | 0,5 a 1,9 | en el rango | 2,91 | 1 a 1,9 | subestimado | 2,70 | 4 a 4,9 | sobreestimado |
| 6-Ene-06 | | | 11-Ene-06 | 10-Ene-06 | * | 10-Ene-06 | | |
| 1,14 | 1 a 1,9 | en el rango | 1,89 | 2 a 2,9 | sobreestimado | 0,39 | 0,2 a 0,49 | en el rango |
| 19-Feb-06 | 17-Feb-06 | * | 10-Feb-06 | | | 12-Feb-06 | 10-Feb-06 | * |
| 2,68 | 3 a 3,9 | sobreestimado | 3,33 | 2 a 2,9 | subestimado | 1,19 | 2 a 2,9 | sobreestimado |
| 10-Mar-06 | | | 09-Mar-06 | 10-Mar-06 | * | 11-Mar-06 | 10-Mar-06 | * |
| 1,45 | 1 a 1,9 | en el rango | 4,87 | 2 a 2,9 | subestimado | 2,83 | nubes | |

**Tabla 45.** Valores históricos de la biomasa zooplanctónica registrados en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones, entre junio y marzo de los años 2001/2006.

| Arica | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Junio | 320 | 108 | 162 | 27 | 99 | |
| Julio | 158 | 75 | 110 | 39 | 75 | |
| Agosto | | 263 | 155 | 45 | 39 | |
| Septiembre | 128 | 148 | 774 | 244 | 288 | |
| Octubre | 278 | 90 | 491 | 301 | 620 | |
| Noviembre | 148 | 164 | 118 | 202 | 623 | |
| Diciembre | 159 | 115 | 282 | 123 | 679 | |
| Enero | | 356 | 360 | 16 | 87 | 87 |
| Febrero | | 187 | 421 | 25 | 75 | 362 |
| Marzo | | 166 | 978 | 54 | 39 | 65 |
| | | | | | | |
| Iquique | | | | | | |
| Junio | 304 | 239 | 309 | 35 | 162 | |
| Julio | 77 | 334 | 158 | 67 | 136 | |
| Agosto | | 350 | 183 | 110 | 142 | |
| Septiembre | 442 | 308 | 477 | 246 | 204 | |
| Octubre | 219 | | 366 | | 602 | |
| Noviembre | 166 | 243 | 230 | 43 | 567 | |
| Diciembre | 105 | 391 | 67 | 518 | | |
| Enero | | 44 | 141 | 54 | 281 | 163 |
| Febrero | | 715 | 350 | 59 | 197 | 150 |
| Marzo | | 173 | 466 | 96 | 49 | 136 |
| | | | | | | |
| Mejillones | | | | | | |
| Junio | 211 | 142 | 171 | 20 | 126 | |
| Julio | 16 | 100 | 65 | 50 | 149 | |
| Agosto | 44 | 145 | 67 | 91 | 28 | |
| Septiembre | 187 | 524 | 351 | 212 | 129 | |
| Octubre | 83 | 107 | 185 | 378 | 820 | |
| Noviembre | | 299 | 347 | 10 | 744 | |
| Diciembre | 780 | 202 | 174 | 35 | 25 | |
| Enero | | 24 | 110 | 101 | 124 | 143 |
| Febrero | | 91 | 102 | 42 | 172 | 254 |
| Marzo | | 78 | 209 | 111 | 45 | 37 |

Tabla 46. Análisis de devianza entre un modelo saturado (n parámetros) y un modelo propuesto (p parámetros), para los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde los años 1993 a 2005.

| Modelo | G.L. Residual | Devianza Residual | Devianza | F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Huevos | | | | | |
| Pres.Huevos ~ 1 | 758 | 184 | | | |
| Pres.Huevos ~ s(Lat)+s(Lon)+s(TSM)+s(Sal)+Año | 734 | 156 | 28 | 5,48 | < 0,001 |
| Log(Huevos) ~ 1 | 310 | 1319 | | | |
| Log(Huevos) ~ s(Lat)+s(Lon)+s(TSM)+s(Sal)+Año | 286 | 1087 | 232 | 2,69 | < 0,001 |
| Larvas | | | | | |
| Pres.Larvas ~ 1 | 694 | 101 | | | |
| Pres.Larvas ~ s(Lat)+s(Lon)+s(TSM)+s(Sal)+Año | 672 | 59 | 42 | 21,5 | < 0,001 |
| Log(Larvas) ~ 1 | 659 | 1899 | | | |
| Log(Larvas) ~ s(Lat)+s(Lon)+s(TSM)+s(Sal)+Año | 635 | 1421 | 478 | 10 | < 0,001 |

# A N E X O S

# A N E X O  1

## Personal articipante por actividad (HH)

# PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

| | |
|---|---|
| Hernán Reyes R. | Oceanógrafo<br>Oceanografía, Participación Crucero, toma de datos, procesamiento muestras de salinidad, análisis de información histórica, preparación de informe y boletines mensuales. |
| José Raúl Cañon C. | Oceanógrafo - CORPESCA<br>Embarcado, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo. Apoyo logístico. Preparación Boletines mensuales Componente “Condiciones Ambientales Regionales” |
| Victor Catasti B. | Ingeniero Pesquero<br>Participación crucero, procesamiento y análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar, semanales y mensuales y su asociación con huevos y larvas de peces, preparación de informe y boletines mensuales. |
| Mauricio Braun A. | Biólogo<br>Jefe de Proyecto, Jefe de Crucero, Colecta de muestras, procesamiento y análisis de datos ictioplancton y zooplancton, identificación mensual y estacional de huevos y larvas de peces, análisis de información histórica, coordinación general, preparación de informe y boletines mensuales. |
| Vivian Valenzuela C. | Biólogo Marino<br>Participación crucero, colecta de muestras zooplanctónicas, procesamiento y análisis de zooplancton, medición biomasa zooplanctónica, procesamiento y análisis estaciones costeras de monitoreo. |
| Guillermo Galindo P. | Técnico<br>Participación Crucero, colecta de muestras de zooplancton, separación de huevos y larvas de peces. |
| Elisa Pizarro R. | Oceanógrafo<br>Procesamiento y análisis de clorofila ***a*** y contenido de oxígeno disuelto, análisis de información histórica, preparación de informe y boletines mensuales. |
| Jorge Toro M. | Técnico Pesquero - CORPESCA<br>Toma de datos en estaciones fijas de monitoreo. |

| | |
|---|---|
| Jorge Castillo P. | Ingeniero Pesquero<br>Participación Crucero, toma y proceso de datos acústicos, análisis de datos, preparación de informe. |
| Manuel Rojas R. | Técnico Marino<br>Preparación y participación crucero, toma y proceso de datos acústicos. |
| Juan Saavedra N. | Master en Estadístico<br>Análisis estadístico y modelación numérica. |

# HORAS/HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL

| PERSONAL | CRUCERO ESTACIONES COSTERAS | PROCESAMIENTO | ANÁLISIS | INFORMES | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| **OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1** | | | | | |
| H. REYES | 249 | 50 | 50 | 22 | 371 |
| E. PIZARRO | 238 | 50 | 40 | 32 | 360 |
| **OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2** | | | | | |
| M. BRAUN | 60 | 143 | 200 | 150 | 553 |
| J. SAAVEDRA | | 50 | 67 | 68 | 185 |
| V. CATASTI | 230 | 39 | 40 | 25 | 334 |
| V. VALENZUELA | 170 | 50 | 20 | 20 | 260 |
| G.GALINDO | 229 | 70 | | | 299 |
| **OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3** | | | | | |
| J. CASTILLO | 240 | 40 | 100 | 106 | 486 |
| M. ROJAS | 170 | | | | 170 |
| **OBJETIVO ESPECÍFICO N°4** | | | | | |
| M. BRAUN | | 80 | 100 | 110 | 290 |
| H. REYES | | 25 | 50 | 30 | 105 |
| V. CATASTI | | 30 | 46 | 25 | 101 |
| E. PIZARRO | | 50 | 60 | 40 | 150 |
| V. VALENZUELA | | 50 | 22 | 23 | 95 |
| J. CAÑON | 450 | 40 | 90 | 150 | 730 |
| J. TORO | 450 | 40 | | | 490 |
| G. GALINDO | | 70 | | | 70 |

# A N E X O  2

## Resultados de control del CTD

# RESULTADOS DE CONTROL DEL EQUIPO CTD

Durante los cruceros, se realizaron mediciones de temperatura con termómetros y toma de muestras de salinidad para el análisis en salinómetro en laboratorio de los niveles más profundos y del nivel superficial. Las estaciones y transectas donde se realizaron estas mediciones en cada crucero se indican en las **Tablas 1, 2 y 3**. En ellas se señala, además de los datos de identificación, la profundidad de muestreo, el valor observado de ambas variables por los equipos de control y el valor entregado por el CTD y las diferencias entre ambos equipos.

Estas mediciones tienen como objetivo asegurar que el equipo CTD no presente, durante el trabajo en terreno, variaciones en las mediciones de una o ambas variables debido a un mal funcionamiento de los sensores que se traduzcan en un valor errado de medición. En el caso de existir una diferencia constante en los registros de alguna variable del CTD, ésta podría ser medida y posteriormente corregida de los datos. En el caso de un corrimiento constante, se consideraría como valor límite para la corrección una diferencia de 0,05°C en temperatura y 0,01 psu en salinidad, ya que este es el rango de precisión de los equipos de control.

En el caso de la información medida en el crucero se indica que no se registraron en forma sistemática valores mayores a este límite. Las diferencias mayores a este valor pueden deberse a diferentes causas, como a un error en la medición del termómetro, diferencias en la profundidad de muestreo entre ambos equipos, error de lectura del termómetro y en el caso de la salinidad un problema en el almacenaje de la muestra. En todo caso, esas situaciones no representaron más del 10% de las mediciones y se registraron aisladamente.

Durante el crucero de primavera y verano, las temperaturas y salinidades discretas se hicieron en duplicado, entregándose en las tablas sólo el valor promedio.

**Tabla 1.** Información de las estaciones y valores de temperatura y salinidad con que se realizó el control de funcionamiento del CTD en el crucero de invierno 2005.

| dist costa mn | n° tran | n° estación | profundidad (m) | termómetro (°C) | temp ctd (°C) | dif temp (°C) | Sali análisis (psu) | Sali ctd (psu) | dif Sali (psu) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | **5** | **14** | 0 | 17,10 | 17,118 | -0,02 | 35,143 | 35,123 | 0,020 |
| 100 | **5** | **14** | 199 | 12,15 | 12,113 | 0,04 | 34,875 | 34,857 | 0,018 |
| 100 | **5** | **14** | 299 | 10,75 | 10,757 | -0,01 | 34,742 | 34,753 | -0,011 |
| 100 | **5** | **14** | 398 | 9,40 | 9,314 | **0,09** | 34,655 | 34,666 | -0,011 |
| 100 | **5** | **14** | 498 | 7,73 | 7,698 | 0,03 | 34,566 | 34,550 | 0,016 |
| 70 | **5** | **15** | 199 | 12,15 | 12,131 | 0,02 | 34,836 | 34,855 | -0,019 |
| 70 | **5** | **15** | 298 | 10,47 | 10,499 | -0,03 | 34,733 | 34,744 | -0,011 |
| 100 | **4** | **1** | 0 | 16,60 | 16,614 | -0,01 | 35,102 | 35,085 | 0,017 |
| 100 | **4** | **1** | 5 | 16,63 | 16,609 | 0,02 | 35,110 | 35,086 | 0,024 |
| 100 | **4** | **1** | 276 | 10,99 | 10,969 | 0,02 | 34,770 | 34,777 | -0,007 |
| 100 | **4** | **1** | 460 | 8,30 | 8,323 | -0,02 | 34,642 | 34,605 | 0,037 |
| 100 | **4** | **1** | 644 | 6,34 | 6,318 | 0,02 | 34,501 | 34,493 | 0,008 |
| 70 | **4** | **2** | 0 | 16,50 | 16,531 | -0,03 | 35,148 | 35,104 | 0,044 |
| 70 | **4** | **2** | 5 | 16,52 | 16,526 | -0,01 | 35,150 | 35,105 | 0,045 |
| 70 | **4** | **2** | 198 | 11,65 | 11,630 | 0,02 | | | |
| 70 | **4** | **2** | 297 | 10,60 | 10,573 | 0,03 | | | |

Continuación **Tabla 1**

| dist costa mn | n° tran | n° estación | profundidad (m) | termómetro (°C) | temp ctd (°C) | dif temp (°C) | Sali análisis (psu) | Sali ctd (psu) | dif Sali (psu) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 70 | **3** | **29** | 0 | 15,80 | 15,793 | 0,01 | 34,900 | 34,869 | 0,031 |
| 70 | **3** | **29** | 5 | 15,82 | 15,795 | 0,03 | 34,851 | 34,868 | -0,017 |
| 70 | **3** | **29** | 181 | 11,80 | 11,778 | 0,02 | 34,853 | 34,830 | 0,023 |
| 70 | **3** | **29** | 272 | 10,50 | 10,424 | **0,08** | | | |
| 100 | **3** | **30** | 0 | 15,95 | 15,946 | 0,00 | 34,969 | 34,962 | 0,007 |
| 100 | **3** | **30** | 4 | | | | 34,970 | 34,960 | 0,010 |
| 100 | **3** | **30** | 265 | 10,90 | 10,897 | 0,00 | 34,788 | 34,771 | 0,017 |
| 100 | **3** | **30** | 441 | 8,21 | 8,299 | **-0,09** | 34,608 | 34,594 | 0,014 |
| 100 | **3** | **30** | 618 | 6,45 | 6,424 | 0,03 | 34,522 | 34,488 | 0,034 |
| 70 | **2** | **39** | 0 | 15,15 | 15,133 | 0,02 | 34,699 | 34,709 | -0,010 |
| 70 | **2** | **39** | 4 | 15,15 | 15,133 | 0,02 | 34,701 | 34,709 | -0,008 |
| 70 | **2** | **39** | 180 | 11,75 | 11,736 | 0,01 | | | |
| 70 | **2** | **39** | 270 | 10,50 | 10,486 | 0,01 | 34,742 | 34,731 | 0,011 |
| 100 | **2** | **40** | 0 | 15,81 | 15,801 | 0,01 | 34,838 | 34,829 | 0,009 |
| 100 | **2** | **40** | 5 | 15,81 | 15,803 | 0,01 | 34,838 | 34,829 | 0,010 |
| 100 | **2** | **40** | 290 | 10,05 | 10,041 | 0,01 | 34,702 | 34,682 | 0,020 |
| 100 | **2** | **40** | 483 | 7,33 | 7,294 | 0,04 | | | |
| 100 | **2** | **40** | 676 | 5,82 | 5,795 | 0,02 | 34,499 | 34,463 | 0,036 |
| 70 | **1** | **53** | 0 | 15,57 | 15,555 | 0,01 | 34,477 | 34,492 | -0,015 |
| 70 | **1** | **53** | 5 | 15,58 | 15,549 | 0,03 | 34,475 | 34,492 | -0,017 |
| 70 | **1** | **53** | 199 | 11,40 | 11,411 | -0,01 | 34,728 | 34,759 | -0,031 |
| 70 | **1** | **53** | 298 | 9,38 | 9,424 | -0,04 | 34,554 | 34,593 | -0,039 |
| 100 | **1** | **54** | 0 | 15,95 | 15,960 | -0,01 | 34,588 | 34,603 | -0,015 |
| 100 | **1** | **54** | 5 | 15,95 | 15,955 | -0,01 | 34,589 | 34,603 | -0,014 |
| 100 | **1** | **54** | 287 | 10,25 | 10,216 | 0,03 | | | |
| 100 | **1** | **54** | 478 | 7,05 | 6,998 | 0,05 | 34,475 | 34,462 | 0,013 |
| 100 | **1** | **54** | 669 | 5,65 | 5,607 | 0,04 | 34,459 | 34,445 | 0,014 |
| 40 | **6** | **60** | 0 | 15,56 | 15,531 | 0,03 | 34,576 | 34,583 | -0,007 |
| 70 | **6** | **60** | 5 | 15,55 | 15,531 | 0,02 | 34,574 | 34,583 | -0,009 |
| 70 | **6** | **60** | 181 | 10,70 | 10,653 | 0,05 | 34,701 | 34,677 | 0,025 |
| 70 | **6** | **60** | 272 | 9,51 | 9,475 | 0,04 | | | |
| 100 | **6** | **61** | 0 | 15,30 | 15,294 | 0,01 | 34,515 | 34,534 | -0,019 |
| 100 | **6** | **61** | 4 | 15,32 | 15,294 | 0,03 | 34,511 | 34,534 | -0,023 |
| 100 | **6** | **61** | 168 | 11,50 | 11,518 | -0,02 | 34,701 | 34,668 | 0,034 |
| 100 | **6** | **61** | 252 | | | | 34,688 | 34,674 | 0,014 |
| 100 | **7** | **62** | 0 | 14,95 | 14,916 | 0,03 | 34,426 | 34,439 | -0,013 |
| 100 | **7** | **62** | 191 | 12,00 | 11,962 | 0,04 | 34,785 | 34,771 | 0,014 |
| 100 | **7** | **62** | 287 | 10,65 | 10,572 | **0,08** | 34,710 | 34,692 | 0,018 |
| 70 | **7** | **63** | 0 | 14,45 | 14,427 | 0,02 | | | |
| 70 | **7** | **63** | 5 | 14,33 | 14,350 | -0,02 | 34,436 | 34,457 | -0,021 |
| 70 | **7** | **63** | 196 | 11,20 | 11,204 | 0,00 | 34,780 | 34,761 | 0,019 |
| 70 | **7** | **63** | 293 | 9,90 | 9,834 | **0,07** | 34,675 | 34,662 | 0,013 |
| 40 | **7** | **64** | 1 | 14,85 | 14,836 | 0,01 | 34,589 | 34,602 | -0,013 |
| 40 | **7** | **64** | 5 | 14,82 | 14,828 | -0,01 | 34,580 | 34,602 | -0,022 |
| 40 | **7** | **64** | 191 | 10,78 | 10,765 | 0,02 | 34,702 | 34,672 | 0,030 |
| 40 | **7** | **64** | 287 | 9,58 | 9,522 | **0,06** | | | |
| 100 | **8** | **75** | 1 | 14,65 | 14,599 | 0,05 | 34,388 | 34,379 | 0,009 |
| 100 | **8** | **75** | 5 | 14,62 | 14,598 | 0,02 | 34,390 | 34,378 | 0,012 |
| 100 | **8** | **75** | 194 | 10,55 | 10,585 | -0,04 | 34,631 | 34,635 | -0,004 |
| 100 | **8** | **75** | 291 | 9,38 | 9,389 | -0,01 | 34,603 | 34,613 | -0,010 |
| 100 | **9** | **76** | 1 | 14,50 | 14,521 | -0,02 | 34,212 | 34,221 | -0,009 |
| 100 | **9** | **76** | 4 | 14,50 | 14,520 | -0,02 | 34,221 | 34,222 | -0,001 |
| 100 | **9** | **76** | 173 | 11,63 | 11,616 | 0,01 | 34,699 | 34,688 | 0,011 |
| 100 | **9** | **76** | 260 | 10,45 | 10,433 | 0,02 | 34,662 | 34,653 | 0,009 |
| 100 | **10** | **88** | 2 | | | | 34,288 | 34,296 | -0,008 |
| 100 | **10** | **88** | 5 | 14,70 | 14,710 | -0,01 | 34,290 | 34,297 | -0,007 |
| 100 | **10** | **88** | 196 | 10,15 | 10,135 | 0,02 | | | |
| 100 | **10** | **88** | 293 | 8,70 | 8,684 | 0,02 | 34,498 | 34,509 | -0,011 |
| 100 | **11** | **89** | 2 | 14,30 | 14,311 | -0,01 | 34,172 | 34,161 | 0,011 |
| 100 | **11** | **89** | 5 | 14,30 | 14,314 | -0,01 | 34,169 | 34,160 | 0,009 |
| 100 | **11** | **89** | 181 | 10,50 | 10,461 | 0,04 | 34,569 | 34,561 | 0,008 |
| 100 | **11** | **89** | 272 | 9,15 | 9,106 | 0,04 | | | |
| 100 | **12** | **102** | 1 | 13,85 | 13,885 | -0,04 | 33,915 | 33,910 | 0,005 |
| 100 | **12** | **102** | 4 | 13,86 | 13,883 | -0,02 | 33,923 | 33,911 | 0,012 |
| 100 | **12** | **102** | 175 | 10,93 | 10,881 | 0,05 | 34,608 | 34,604 | 0,004 |
| 100 | **12** | **102** | 262 | 9,75 | 9,703 | 0,05 | 34,568 | 34,584 | -0,016 |

**Tabla 2.** Información de las estaciones y valores de temperatura y salinidad con que se realizó el control de funcionamiento del CTD en el crucero de primavera 2005.

| dist costa mn | n° tran | n° estación | profundidad (m) | termómetro (°C) | temp ctd (°C) | dif temp (°C) | Sali análisis (psu) | Sali ctd (psu) | dif Sali (psu) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | **1** | **8** | 1 | 17,55 | 17,4989 | 0,05 | 34,502 | 34,5149 | -0,013 |
| 20 | **1** | **8** | 4 | 17,45 | 17,4932 | -0,04 | 34,502 | 34,5145 | -0,012 |
| 20 | **1** | **8** | 226 | 11,65 | 11,6652 | -0,02 | 34,832 | 34,8212 | 0,011 |
| 100 | **1** | **11** | 1 | 18,12 | 18,0949 | 0,03 | 34,640 | 34,6266 | 0,013 |
| 100 | **1** | **11** | 4 | 18,1 | 18,0938 | 0,01 | 34,621 | 34,6262 | -0,005 |
| 100 | **1** | **11** | 360 | 9,19 | 9,1521 | 0,04 | 34,620 | 34,6351 | -0,015 |
| 100 | **1** | **11** | 449 | 7,98 | 7,9987 | -0,02 | | | |
| 1 | **inter 1-2** | **22** | 1 | 19,25 | 19,2024 | 0,05 | 34,669 | 34,6762 | -0,007 |
| 1 | **inter 1-2** | **22** | 4 | 18,6 | 18,6381 | -0,04 | 34,707 | 34,6995 | 0,008 |
| 100 | **3** | **31** | 1 | 20,9 | 20,9192 | -0,02 | 35,033 | 35,0417 | -0,009 |
| 100 | **3** | **31** | 5 | 20,95 | 20,9175 | 0,03 | 35,032 | 35,0419 | -0,010 |
| 100 | **3** | **31** | 380 | 8,92 | 8,9385 | -0,02 | 34,633 | 34,6217 | 0,011 |
| 100 | **3** | **31** | 476 | 7,63 | 7,6959 | | 34,561 | 34,5491 | 0,012 |
| 1 | **4** | **35** | 1 | 18,27 | 18,2295 | 0,04 | | | |
| 1 | **4** | **35** | 5 | | | | 34,861 | 34,8724 | -0,011 |
| 1 | **4** | **35** | 50 | 12,97 | 12,9997 | -0,03 | 34,895 | 34,8868 | 0,008 |
| 100 | **inter 4-5** | **42** | 1 | | | | 35,073 | 35,0811 | -0,008 |
| 100 | **inter 4-5** | **42** | 5 | 22,03 | 21,9761 | 0,05 | 35,067 | 35,0794 | -0,012 |
| 100 | **inter 4-5** | **42** | 371 | 9,3 | 9,3166 | -0,02 | 34,650 | 34,6585 | -0,008 |
| 100 | **inter 4-5** | **42** | 464 | 8,1 | 8,0626 | 0,04 | 34,597 | 34,5861 | 0,011 |

**Tabla 3.** Información de las estaciones y valores de temperatura y salinidad con que se realizó el control de funcionamiento del CTD en el crucero de verano 2006.

| dist costa mn | n° tran | n° estación | profundidad (m) | termómetro (°C) | temp ctd (°C) | dif temp (°C) | Sali análisis (psu) | Sali ctd (psu) | dif Sali (psu) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **inter 2-3** | **1** | 1 | 18,19 | 18,1187 | **0,07** | 34,839 | 34,8314 | 0,008 |
| 1 | **inter 2-3** | **1** | 5 | 16,28 | 16,3145 | -0,03 | 34,850 | 34,8432 | 0,007 |
| 100 | **1** | **14** | 1 | 22,69 | 22,6751 | 0,01 | 34,864 | 34,8763 | -0,012 |
| 100 | **1** | **14** | 5 | 22,68 | 22,6718 | 0,01 | 34,882 | 34,8764 | 0,006 |
| 100 | **1** | **14** | 300 | 10,15 | 10,1695 | -0,02 | 34,679 | 34,6877 | -0,009 |
| 100 | **1** | **14** | 399 | 8,65 | 8,5945 | **0,06** | 34,573 | 34,5841 | -0,011 |
| 100 | **1** | **14** | 499 | 7,60 | 7,5618 | 0,04 | 34,504 | 34,5281 | -0,024 |
| 70 | **2** | **19** | 1 | 23,70 | 23,6008 | **0,10** | 34,802 | 34,7913 | 0,011 |
| 70 | **2** | **19** | 5 | 23,57 | 23,5981 | -0,03 | 34,770 | 34,7824 | -0,012 |
| 70 | **2** | **19** | 200 | 11,99 | 12,0351 | -0,05 | 34,834 | 34,8504 | -0,016 |
| 70 | **2** | **19** | 300 | 10,85 | 10,8073 | 0,04 | 34,760 | 34,7721 | -0,012 |
| 100 | **3** | **31** | 1 | 24,38 | 24,3556 | 0,02 | 35,195 | 35,1853 | 0,010 |
| 100 | **3** | **31** | 5 | 24,40 | 24,3563 | 0,04 | 35,194 | 35,1855 | 0,009 |
| 100 | **3** | **31** | 285 | 10,32 | 10,2798 | 0,04 | 34,662 | 34,6986 | -0,037 |
| 100 | **3** | **31** | 380 | 8,73 | 8,7641 | -0,03 | 34,607 | 34,5964 | 0,011 |
| 100 | **3** | **31** | 476 | 7,80 | 7,7091 | **0,09** | 34,557 | 34,5455 | 0,012 |
| 100 | **4** | **41** | 1 | 25,68 | 25,6527 | 0,03 | 35,291 | 35,2799 | 0,011 |
| 100 | **4** | **41** | 5 | 25,63 | 25,6461 | -0,02 | 35,299 | 35,2911 | 0,008 |
| 100 | **4** | **41** | 191 | 12,53 | 12,5337 | 0,00 | 34,908 | 34,8987 | 0,009 |
| 100 | **4** | **41** | 287 | 11,40 | 11,3667 | 0,03 | 34,791 | 34,8066 | -0,016 |
| 100 | **4** | **41** | 383 | 9,99 | 9,9701 | 0,02 | 34,725 | 34,7149 | 0,010 |
| 40 | **5** | **47** | 1 | 23,88 | 23,9124 | -0,03 | 35,038 | 35,0273 | 0,011 |
| 40 | **5** | **47** | 4 | 23,88 | 23,9113 | -0,03 | 35,014 | 35,0271 | -0,013 |
| 40 | **5** | **47** | 120 | 12,82 | 12,8569 | -0,04 | 34,929 | 34,8996 | 0,029 |
| 40 | **5** | **47** | 160 | 12,47 | 12,4927 | -0,02 | 34,894 | 34,8850 | 0,009 |
| 40 | **5** | **47** | 240 | 11,68 | 11,6399 | 0,04 | 34,819 | 34,8302 | -0,011 |

## Pruebas estadísticas

Se realizó una prueba estadística para evaluar sí las diferencias, entre las mediciones entre el CTD y los equipos de control, son significativas.

## Prueba de normalidad

Los resultados **(Tabla 4)** indican que no existe evidencia muestral para rechazar la hipótesis de normalidad en los datos de cada período, excepto en la variable temperatura del crucero de invierno 2005.

**Tabla 4.** Resumen de prueba de kolmogorov-Smirnov para contraste distribucional normal, en muestras con instrumento control y CTD de cada período estacional.

| | | INVIERNO | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Temperatura | | Salinidad | |
| | | Control | CTD | Control | CTD |
| | N | 79 | 82 | 71 | 74 |
| Parámetros normales(a,b) | Media | 12,21 | 12,25 | 34,63 | 34,62 |
| | Des. Est. | 3,044 | 3,045 | 0,252 | 0,243 |
| Diferencias más extremas | Absoluta | 0,158 | 0,165 | 0,090 | 0,094 |
| | Positiva | 0,099 | 0,102 | 0,072 | 0,070 |
| | Negativa | -0,158 | -0,165 | -0,090 | -0,094 |
| Z de Kolmogorov-Smirnov | | 1,41 | 1,50 | 0,76 | 0,81 |
| Sig. asintót. (bilateral) | | 0,04 | 0,02 | 0,62 | 0,53 |
| | | **PRIMAVERA** | | | |
| | | Temperatura | | Salinidad | |
| | | Control | CTD | Control | CTD |
| | N | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Parámetros normales(a,b) | Media | 15,32 | 15,31 | 34,75 | 34,75 |
| | Des. Est. | 5,213 | 5,198 | 0,191 | 0,196 |
| Diferencias más extremas | Absoluta | 0,247 | 0,254 | 0,208 | 0,200 |
| | Positiva | 0,176 | 0,176 | 0,208 | 0,200 |
| | Negativa | -0,247 | -0,254 | -0,133 | -0,132 |
| Z de Kolmogorov-Smirnov | | 1,10 | 1,14 | 0,93 | 0,89 |
| Sig. asintót. (bilateral) | | 0,18 | 0,15 | 0,35 | 0,40 |
| | | **VERANO** | | | |
| | | Temperatura | | Salinidad | |
| | | Control | CTD | Control | CTD |
| | N | 26 | 26 | 26 | 26 |
| Parámetros normales(a,b) | Media | 16,23 | 16,22 | 34,86 | 34,86 |
| | Des. Est. | 6,709 | 6,713 | 0,215 | 0,209 |
| Diferencias más extremas | Absoluta | 0,233 | 0,230 | 0,138 | 0,189 |
| | Positiva | 0,233 | 0,230 | 0,138 | 0,189 |
| | Negativa | -0,217 | -0,217 | -0,096 | -0,096 |
| Z de Kolmogorov-Smirnov | | 1,19 | 1,17 | 0,70 | 0,97 |
| Sig. asintót. (bilateral) | | 0,12 | 0,13 | 0,71 | 0,31 |

## Contraste respecto a diferencia en los instrumentos

De acuerdo a los resultados anteriores, respecto a la distribución probabilística de las muestras, se utilizó la prueba paramétrica t para contrastar si las diferencias de medias son estadísticamente distintas de cero en las unidades de cada variable. Los resultados indican que el supuesto de igualdad de varianza y el contraste respecto a las medias no es rechazado **(Tabla 5)**.

**Tabla 5.** Prueba de Levenne de igualdad de varianzas y prueba T de igualdad de medias, para las muestras provenientes desde el CTD y los instrumentos de control en mediciones de salinidad en el crucero de invierno y temperatura y salinidad en los cruceros de primavera 2005 y verano 2006.

| | **INVIERNO** | | **PRIMAVERA** | | | | **VERANO** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Salinidad | | Temperatura | | Salinidad | | Temperatura | | Salinidad | |
| | Estadístico | Sig. | Estadístico | Sig. | Estadístico | Sig. | Estadístico | Sig. | Estadístico | Sig. |
| Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | 0,116 | 0,734 | 0,000 | 0,987 | 0,057 | 0,813 | 0,000 | 0,999 | 0,027 | 0,870 |
| Prueba T para la igualdad de medias | 0,185 | 0,854 | 0,001 | 0,999 | -0,043 | 0,966 | 0,007 | 0,994 | -0,010 | 0,992 |

Con el mismo objetivo, se realizó una prueba no paramétrica para los datos de temperatura del período de invierno. Los resultados indican que el contraste respecto a que las diferencias son estadísticamente distintas de cero no es rechazado **(Tabla 6)**.

**Tabla 6.** Pruebas no paramétricas para las muestras provenientes desde el CTD y el instrumento de control (termómetros de inversión) en mediciones de temperatura del crucero de invierno 2005.

| | **INVIERNO** |
|---|---|
| | Temperatura |
| U de Mann-Whitney | 3236 |
| W de Wilcoxon | 6639 |
| Z | -0,010 |
| Sig. asintót. (bilateral) | 0,992 |

# A N E X O 3

## Criterio de Análisis de las Condiciones Oceanográficas Superficiales

Uno de los análisis de la condición oceanográfica superficial estacional de la zona de estudio, hace uso de valores de anomalía de temperatura y salinidad obtenidos de los datos de crucero y de promedios de datos históricos para el mes. Así, los valores de estas variables, registrados en el sector oceánico de la zona de estudio y que comprenden el rango ±1°C y ±0,1 psu, respectivamente, no son significativos, ya que están en el rango de 1 desviación estándar, por lo tanto, se encuentran dentro lo que se considera como variación normal del sistema. En el caso del sector costero, en promedio, éste rango aumenta al doble, es decir ±2°C y ±0,2 psu.

La importancia de identificar un proceso local como generador de anomalías térmicas y salinas a nivel superficial radica en que éstos pueden abarcar un área menor de la zona de estudio dentro de un período de tiempo que va de horas a meses. Como procesos locales de corta duración (horas a días), se puede indicar el viento, el cual gobierna la intensidad de la surgencia y el espesor de la capa de mezcla. En los de mayor duración (semanas a meses), se encuentran los giros de mesoescala que provocan ascensos o hundimientos de agua y que afectan la distribución vertical de las variables físicas y químicas, incluso hasta profundidades mayores a 500 m (Narváez, 2000), definiendo también la distribución de oxígeno y la producción fitoplanctónica. Los procesos que provocan los cambios señalados se pueden clasificar como de procesos locales de frecuencia intraestacional.

Procesos no locales en la zona de estudio, como lo son el paso de ondas atrapadas a la costa (**OAC**), pueden producir cambios en el valor de la TSM en la frecuencia intraestacional (Hormazabal, ***et al.***, 2001). Las características del muestreo y la información recopilada durante los cruceros no permiten distinguir el paso de las OAC.

El uso de promedios de temperatura y salinidad provenientes de una serie de datos de más de 30 años (Braun ***et al.***, 2002), obtenidos mediante la metodología descrita por Blanco ***et al.*** (2001), como también la utilización de un criterio de "anomalía significativa" y el análisis de otras variables complementarias busca distinguir condiciones oceanográficas que pueden denominarse "anormales" para la zona y que pueden afectar la distribución y abundancia de los recursos pesqueros. También se busca distinguir el proceso que origina las anomalías, tanto las significativas como las que no lo son.

# A N E X O  4

## Talleres de difusión y lista de asistentes

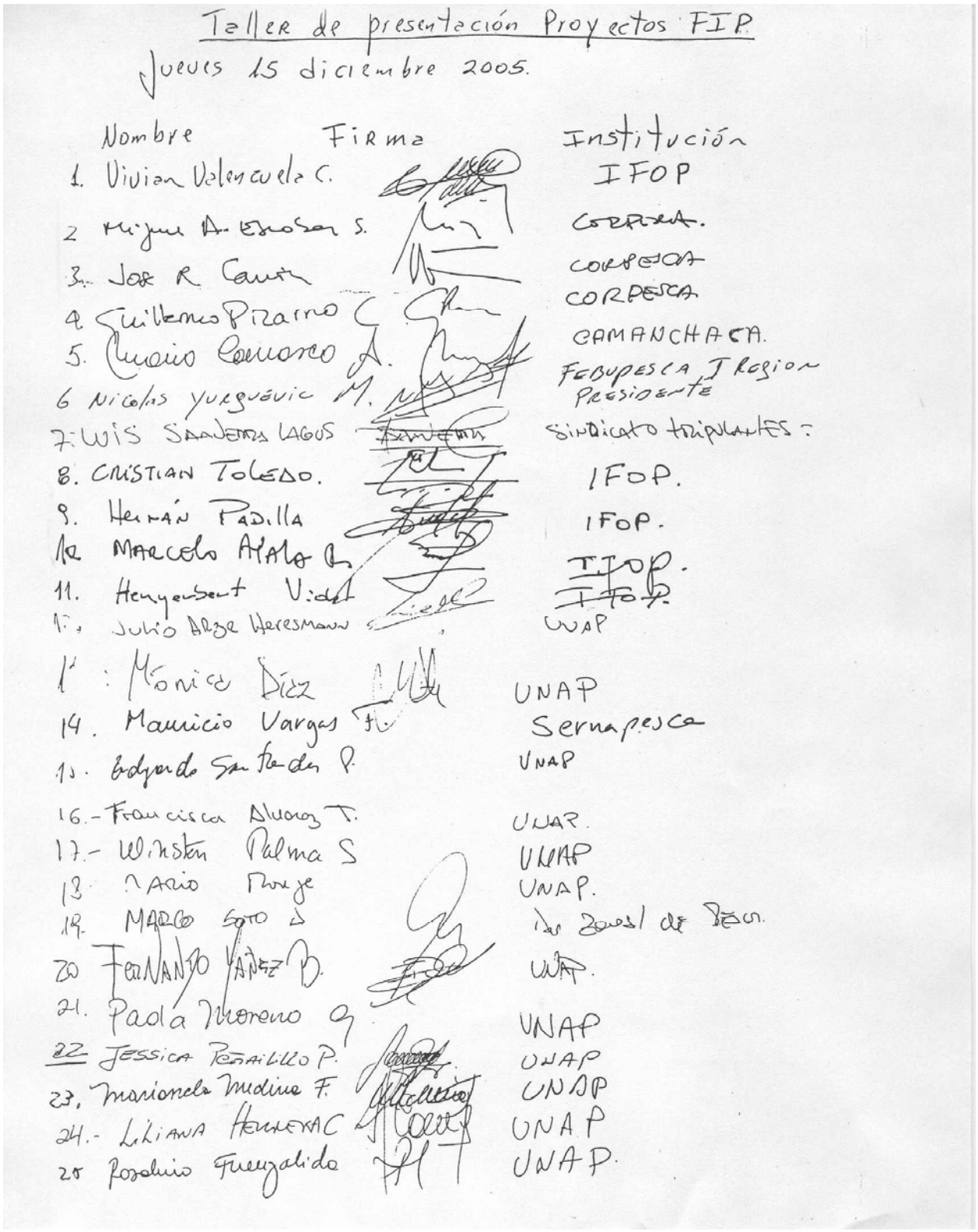
# TALLER DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

**Proyectos FIP 2005, Zona Norte de Chile**
**Jueves 15 de Diciembre de 2005.**

**UNIVERSIDAD ARTURO PRAT, IQUIQUE.**

## AGENDA

| | |
|---|---|
| 11:00 - 11:10 | Palabras de bienvenida de la Universidad<br>Sr. Carlos Merino Pinochet – Rector |
| 11:10 - 11:20 | Introducción al Taller<br>Sr. Rubén Pinochet Pollastri – Secretario Ejecutivo del FIP |
| 11:20 - 12:00 | Presentación del Proyecto FIP 2005-10<br>"Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2005".<br>Sra. Vivian Valenzuela – IFOP<br>Sr. Hernán Reyes – IFOP |
| 12:00 - 13:00 | Presentación del Proyecto FIP 2003-33<br>"Análisis integrado histórico ambiente recursos, I y II Regiones"<br>Dr. Eleuterio Yánez – PUCV |
| 13:00 - 13:15 | Preguntas y discusión |
| 15:00 - 15:30 | Presentación del Proyecto FIP 2003-22<br>"Caracterización ecológica y pesquera del área de reserva artesanal entre la I y II Regiones"<br>Sr. Jorge González – IFOP |
| 15:30 - 16:45 | Presentación del Proyecto FIP 2005-04<br>"Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2005 y año 2004"<br>Sra. Vivian Valenzuela – IFOP<br>Sr. Gabriel Claramunt – UNAP |
| 16:45 - 17:15 | Presentación del Proyecto FIP 2004 – 38<br>"Validación de la edad de anchoveta en la costa de Chile"<br>Sr. Miguel Araya – UNAP |
| 17:15 - 18:00 | Discusión y conclusiones |



Taller de presentación Proyectos FIP

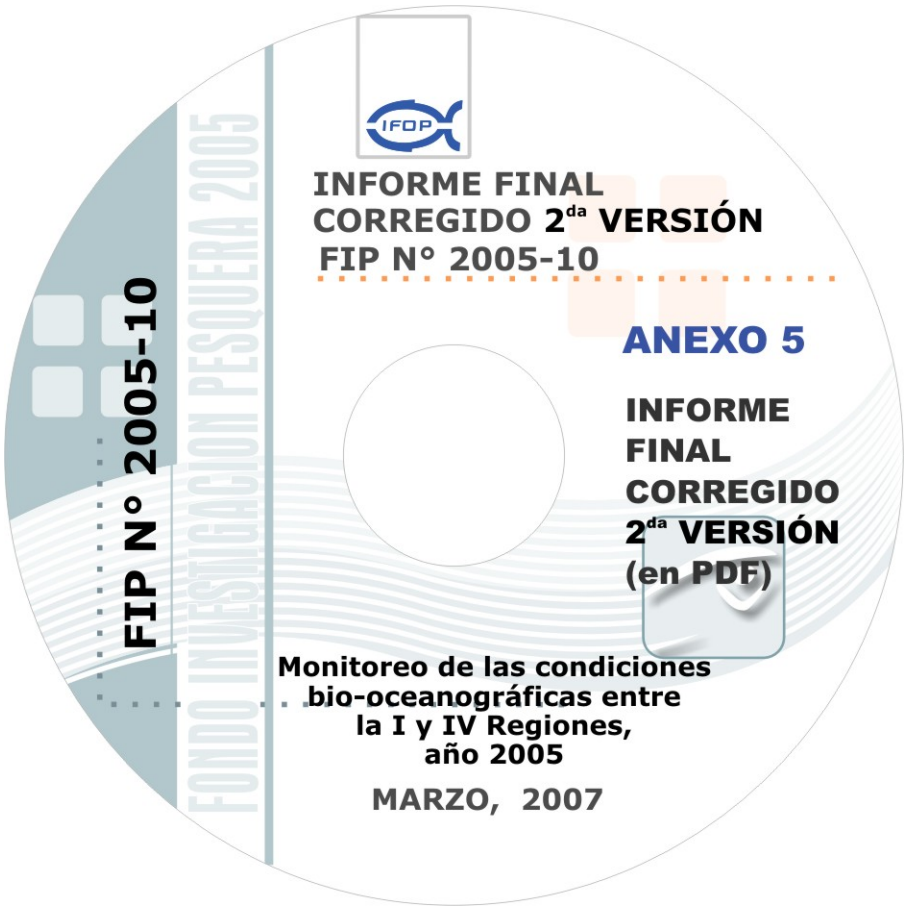
Jueves 15 diciembre 2005.

| Nombre | Firma | Institución |
|---|---|---|
| 1. Vivian Valenzuela C. | | IFOP |
| 2 Miguel A. Escobar S. | | CORPESCA. |
| 3. Jose R. Cavin | | CORPESCA |
| 4. Guillermo Pizarro C. | | CORPESCA |
| 5. Mario Camarco A. | | CAMANCHACA. |
| 6 Nicolas Yurguevic M. | | FEBUPESCA I Region Presidente |
| 7. Luis Saavedra Lagos | | Sindicato tripulantes: |
| 8. Cristian Toledo. | | IFOP. |
| 9. Hernán Padilla | | IFOP. |
| 10 Marcelo Ayala R. | | IFOP. |
| 11. Henyenbert Vidal | | IFOP. |
| 12. Julio Arze Heresmann | | UNAP |
| 13. Mónica Díaz | | UNAP |
| 14. Mauricio Vargas F. | | Sernapesca |
| 15. Edgardo Sanfeder P. | | UNAP |
| 16.- Francisca Alvarez T. | | UNAP. |
| 17.- Winston Palma S | | UNAP |
| 18. Mario Monje | | UNAP. |
| 19. Marco Soto A | | Dir Zonal de Pesca. |
| 20 Fernando Yañez B. | | UNAP. |
| 21. Paola Moreno G | | UNAP |
| 22 Jessica Peñailillo P. | | UNAP |
| 23. Marianela Medina F. | | UNAP |
| 24.- Liliana Herrera C | | UNAP |
| 25 Rosalino Fuenzalida | | UNAP. |

26. Hernán Reyes R. (IFOP)
27. Miguel Araya UNAP
28. Adolfo Vargas Roma
29. Eleuterio Yáñez R. PUCV eyanez@ucv.cl

# A N E X O  5

**CD con Informe Final**
**Corregido 2da Versión**
**FIP N° 2005-10**
**en PDF**


FIP N° 2005-10
FONDO INVESTIGACION PESQUERA 2005
INFORME FINAL
CORREGIDO 2da VERSIÓN
FIP N° 2005-10
ANEXO 5
INFORME
FINAL
CORREGIDO
2da VERSIÓN
(en PDF)
Monitoreo de las condiciones
bio-oceanográficas entre
la I y IV Regiones,
año 2005
MARZO, 2007




INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Blanco 839, Fono 56-32-2322000
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl