



INFORME FINAL CONSOLIDADO CORREGIDO

(FASE 1 Y FASE 2)

**GRUPO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
FIP N° 2004-04**

Evaluación del stock desovante de
anchoveta en la I y II Regiones,
año 2004

**Proyectos FIP
2004-04-1 / 2004-04-02**

**Evaluación del stock
Desovante de anchoveta
en la I y II Regiones,
año 2004,**

**SEPTIEMBRE
2005**





**INFORME FINAL
CONSOLIDADO
CORREGIDO
(FASE 1 Y FASE 2)**

Grupo de Proyectos de
Investigación :

FIP 2004-04-1

FIP 2004-04-2

**Evaluación del Stock
Desovante de Anchoveta en la
I y II Regiones, año 2004**

• Septiembre, 2005 •



REQUIRENTE

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

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera:
Mauricio Braun Alegría

Director Ejecutivo:
Guillermo Moreno Paredes



JEFE DE PROYECTO

MAURICIO BRAUN ALEGRÍA

AUTORES

**MAURICIO BRAUN A.
GABRIEL CLARAMUNT Q.
VIVIAN VALENZUELA C.
GUSTAVO HERRERA U.
HERNAN REYES R.
MILENA PIZARRO R.
JUAN SAAVEDRA N.
VICTOR CATASTI B.
ZAIDA YOUNG U.
RODOLFO SERRA B.**

• Septiembre, 2005 •



I. RESUMEN EJECUTIVO

Una metodología alternativa para la evaluación de la biomasa desovante en peces pelágicos como la anchoveta, corresponde al “Método de Producción de Huevos” (MPH), desarrollada en 1980 por investigadores del Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, California. La producción diaria de huevos se estima a partir del número de huevos totales evaluados en una prospección ictioplanctónica en asociación a otras variables, y la fecundidad específica diaria de la población adulta, se determina mediante el procesamiento de muestras de peces, obtenidas durante cruceros de pesca, las que proporcionan información respecto de la fecundidad parcial, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción de sexos.

Dentro de este contexto, y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensión en la distribución y abundancia de los recursos y sus fluctuaciones, el Consejo Zonal de Pesca en concordancia con el Consejo de Investigación Pesquera y Subsecretaría de Pesca, han decidido mantener la continuidad de esta línea de investigación, con el objeto de contar con los antecedentes necesarios para una apropiada asesoría técnica en el manejo de estos importantes recursos de la zona norte del país.

El informe contiene los resultados correspondientes al desarrollo del crucero Módulo Huevos y Módulo Adultos del proyecto FIP 2004-04, Fase 1 y 2: “Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2004”. De conformidad con la metodología planteada en la propuesta técnica y con el fin de estimar los parámetros biológicos aplicables para el Método de Producción de Huevos, a saber: fecundidad media poblacional, frecuencia de desove, proporción sexual, peso promedio estimado de hembras maduras, producción diaria de huevos y la



determinación de las zonas de distribución y abundancia de huevos y su asociación con las condiciones oceanográficas, se realizaron los respectivos muestreos para el recurso anchoveta, durante el período de máxima actividad reproductiva del año 2004.

El análisis microscópico efectuado a las anchovetas recolectadas en la I y II Región durante el invierno de 2004, evidenció para el mes de agosto, el inicio de una actividad reproductiva masiva, caracterizándose ésta, por la presencia de ovarios con ovocitos vitelogénicos, hidratados y presencia de folículos post-ovulatorios. El pleno desove, corroborado por la incidencia de ovocitos vitelogénicos, hidratados y la presencia masiva de folículos post-ovulatorios, se manifestó entre la primera quincena de agosto y segunda quincena de septiembre de 2004, observándose durante este período los mayores valores del índice de actividad de desove.

El análisis de los ovarios en las semanas de octubre, indicó que aún este recurso se encontraba desovando pero con una menor intensidad, visualizándose indicios de atresia ovárica, con un valor máximo de 10% en la cuarta semana de octubre. Los valores de IGS en el primer semestre de 2004, así como el IAD para julio fueron similares a los observados en el 2002, pero difieren a lo visualizado en el 2003, como también del patrón reproductivo histórico, lo que indica un retraso del inicio del proceso reproductivo poblacional descrito para esta especie en la zona norte de Chile.

El crucero Módulo Huevos se efectuó a bordo del B/C "Carlos Porter" y el del Módulo Adultos a bordo de embarcaciones cerqueras comerciales de las empresas Corpesca S.A. y Cía. Pesquera Camanchaca S.A.

El B/C "Carlos Porter" operó entre el 28 de agosto y el 05 de octubre de 2004, abarcando la zona comprendida entre punta Carrizalillo ($26^{\circ}03'S$) y Arica ($18^{\circ}25'S$),



desde la costa hasta una distancia m3xima de 80 mn, realizando un total de 47 transectas perpendiculares a la costa equidistantes entre s3 cada 10 millas, efectu3ndose un total de 649 estaciones de muestreo bio-oceanogr3fico.

Las cuatro embarcaciones cerqueras operaron entre el 20 de agosto y el 22 de septiembre de 2004, ambas fechas inclusive, efectuando un total de 106 lances de pesca, de los cuales 60 fueron positivos, es decir con captura de anchoveta.

Durante el per3odo de estudio, el recurso presento una amplia cobertura espacial, similar a lo observado en el 2002, detect3ndose focos de abundancia costeros en las proximidades de punta Lobos y del r3o Loa, los cuales se extienden hasta Tocopilla, observ3ndose una mayor cobertura espacial en la primera regi3n. No obstante lo se3alado, se observa un incremento en el n3mero de lances positivos registrados en la segunda regi3n, respecto al invierno precedente, circunscribi3ndose 3stos a las primeras 40 mn.

Por otra lado y para el sector comprendido entre el l3mite Norte de la Rep3blica hasta aproximadamente Piragua (19°35´S), se observ3 presencia del recurso con una distribuci3n m3s oce3nica por sobre las 40 millas n3uticas, a diferencia de lo reportado en invierno del a3o 2003, donde el recurso se ubic3 preferentemente en la I Regi3n desde la costa hasta las 20 mn.

De los 649 lances efectuados con red CalVET, se obtuvieron 208 registros positivos, con un total de 12.079 huevos/ 0,05 m². La media de huevos por estaci3n positiva en invierno de 2004 alcanz3 a 58 huevos (DS = 140,6), cifra 19,4% menor respecto a la obtenida en invierno de 2003 (media huevos por estaci3n positiva = 72; DS = 211,76) y a la vez levemente menos dispersos; situaci3n que se3ala una actividad reproductiva a lo largo de toda la zona prospectada.



Con relación a la intensidad y extensión espacial del desove, las densidades promedio por estaciones positivas y totales, muestran situaciones distintas con respecto al invierno de 2003. Es así, como la intensidad de desove exhibe una disminución igual a -19,44%, experimentando la cobertura geográfica de huevos un incremento del orden de 11,76%.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre punta Carrizalillo ($26^{\circ}00'S$) y Arica ($18^{\circ}25'S$), no reconociéndose registros positivos a huevos, frente a punta Lavata ($25^{\circ}40'S$) y entre punta Piedra ($24^{\circ}40'S$) y caleta Botijo ($24^{\circ}30'S$) y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 80mn al oeste de punta Aña ($22^{\circ}00'S$), Cerro Tolar del Carmen ($21^{\circ}50'S$), punta Arenas ($21^{\circ}40'S$) y punta Chileno ($21^{\circ}00'S$), respectivamente. En términos generales, los huevos de anchoveta tendieron a disminuir de costa a mar afuera y de norte a sur.

En relación al número de huevos, el invierno de 2004 presentó con respecto al crucero MPH precedente una tasa de cambio positiva igual a 30,4%, constituyéndose en el segundo registro más importante de la serie 1992 – 2004.

La zona de estudio se caracterizó por presentar durante el invierno de 2004 una intensidad de viento débil. En la mitad norte de la zona, las bajas intensidades de viento originaron una baja mezcla vertical, lo que se asoció a las anomalías positivas de temperatura que caracterizaron también este sector. La presencia de giros de mesoescala también determinó la ubicación y signo de la anomalía de salinidad. Por lo tanto, las anomalías térmicas y salinas encontradas en el periodo de invierno de 2004 fueron, en general, no significativas y asociaron a procesos locales.



La presencia de giros oceánicos de mesoescala es una condición habitual en la zona, y son estos los que tienden a alterar la tendencia del flujo geostrofico hacia el norte, patrón normal de circulación, que se observó en este crucero. Algunas de las características de la termoclina durante el período del crucero estuvieron también relacionadas principalmente con la presencia de los giros.

La surgencia costera se manifestó claramente a lo largo de gran parte de la zona. Lo anterior se observó, tanto a nivel superficial como en las secciones transversales a la costa. El foco de surgencia más intenso según la TSM, se observó en la punta norte de la península de Mejillones, mientras que de menor intensidad se registró en rada Paposo.

Las anomalías de temperatura y salinidad en la vertical tampoco señalaron condiciones atípicas, observándose valores en general no significativos, con la excepción de algunos focos subsuperficiales donde anomalías con valores levemente significativos se asociaron a la presencia de un núcleo de AESS más desarrollado, tal como ocurrió en las transectas de Arica y bahía Moreno.

Los focos de altas concentraciones de clorofila a (cloa) se centraron desde bahía Moreno (T15) a Arica (T47), con máximas concentraciones que superaron los 10 $\mu\text{g/L}$, en tanto que, los feopigmentos aunque con valores inferiores siguieron la misma distribución que la cloa, lo que refleja en general el buen estado fisiológico de la población fitoplanctónica.

La información oceanográfica recopilada durante el crucero de invierno, indicó que la zona norte de Chile se encontró durante agosto y septiembre de 2004 con condiciones normales.



Para el estudio de la temperatura superficial del mar, se recibió y procesó 38 cartas satelitales de alta resolución de la TSM obtenidas con satélites NOAA, correspondientes al período abril - octubre de 2004. En términos generales, se observó que la estructura térmica superficial del período abril - octubre del presente año señala una condición más fría si se compara con los años 2002 y 2003, principalmente en los meses entre junio y agosto. Lo antes mencionado, es coincidente con lo expresado por el SHOA, en el sentido que las estaciones ubicadas entre Arica y Caldera, mantuvieron una condición fría que se reflejó en anomalías negativas de TSM del orden de 1,0°C.

Las capturas registradas en los distintos lances con pesca durante el crucero alcanzaron a 2.533 toneladas, midiéndose un total de 9.833 anchovetas, cifra 35% mayor respecto al año 2003. Del total de anchovetas medidas 5.110 correspondieron a machos con longitudes comprendidas entre 12,5 a 17,5 cm de longitud total, con una moda en los 15,0 cm (26,4%), mientras que las hembras (4.723) presentaron un rango de tamaño comprendido entre los 13,0 y 18,0 cm de longitud total, con una moda en los 15,0 cm (24%). En comparación con las tallas observadas en igual período del año 2003, no se observa diferencia en los valores modales.

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó un promedio de 0,51, una varianza igual a 0,00042 y un coeficiente de variación de 0,040.

El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas en 60 lances en el área investigada fue de 23,6 gramos, con una varianza de 0,1625 y un coeficiente de variación de 0,0170.



De los 11 estados de desarrollo que caracterizan a los huevos de anchoveta, la mayor representatividad numérica fue para el estado III, detectándose a partir de este, una paulatina disminución numérica de los restantes estadios.

La producción diaria total de huevos en el área de desove se estimó en 54,8 huevos/0,05 m² y la tasa de mortalidad diaria fue igual a 0,85 día.

Para la determinación de la frecuencia del desove (estimación de los estadios de madurez microscópicos) se obtuvieron estimados independientes, derivado esto de la obtención de dos conjuntos de datos independientes durante la captura de anchovetas en el crucero de adultos. Esto es, hembras con folículos post-ovulatorios (FPO) de día 1 y hembras con folículos post-ovulatorios de día 2, donde el porcentaje de hembras de día 1 fluctuó entre 0 a 67% y las de día 2, entre 0 a 57%.

La fracción diaria de hembras desovantes con FPO de día 1 fue de 0,192 y con FPO de día 2 fue de 0,16. El test pareado utilizado para determinar la existencia o no de diferencias entre ambas estimaciones, no reveló disimilitudes, por lo que se realizó adicionalmente una combinación de los datos de las hembras con FPO de día 1 y 2, estimándose de esta forma una fracción diaria de hembras desovantes de un 17,6%, con una varianza de 0,00016.

Se utilizó un modelo de tipo lineal para relacionar la fecundidad parcial en función del peso corporal, determinándose que la fecundidad parcial varió entre 4.020 a 12.634 ovocitos por hembra y la fecundidad media poblacional se estimó en 8.777 ovocitos, con una varianza de 80.005.

La biomasa del stock desovante de anchoveta para el período de máxima actividad reproductiva del año 2004 se estimó en 1.027.793 toneladas, con una varianza igual a 2,09125E+11.



Los rangos de distribución preferencial de los huevos de anchoveta respecto de la temperatura indican que el ictioplancton se distribuye vinculado con ciertos rangos característicos. Así se observa que los huevos de anchoveta se distribuyen en el rango 12-21°C, con una preferencia por el rango 15-17°C. Es importante destacar que en términos espaciales se puede visualizar que una gran cantidad de focos importantes se encuentran asociados a los bordes internos que forman las aguas de 15 y 16°C. En el caso de las salinidades, se observa que los huevos se localizan en el estrato 34,2-35,2 psu con una nítida preferencia por el rango 34,7-34,9 psu.

Del análisis visual de los centros de gravedad (CG) de los huevos, se aprecia que en general éstos se localizan en las primeras 20 mn de la costa, a excepción de algunos años. Lo anterior es concordante con otros estudios que indican que los focos más importantes de huevos de la especie tienden a ubicarse en las primeras millas de la costa relacionado con los bordes internos de gradientes térmicos y salinos. También se destaca que en el año 1997, debido a la influencia del evento ENOS, el centro de gravedad se desplaza hacia el sur, en este sentido otros autores también mencionan un desplazamiento de las especies hacia el sur cuando la zona de estudio se ve influenciada por el evento ENOS. Finalmente, el hecho que la mayoría de los CG se ubiquen cerca de la desembocadura del río Loa refuerza la hipótesis de que esta región es una zona de desove relevante.

En el caso de la presencia de huevos, se puede observar que en latitudes inferiores a los 23°S, existe un efecto positivo a encontrar estaciones con presencia de huevos, mientras que hacia el sur la influencia es negativa. Por su parte, la longitud tiene un efecto positivo para valores entre los 70°36' y 71°12' 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 15° y 17° C, mientras que para temperaturas superiores a éstas la temperatura tiene



un efecto negativo. La variable salinidad (Sal) muestra una alta incertidumbre en el suavizador a salinidades inferiores a las 34,5 psu, observándose un efecto positivo en la presencia de huevos por estaci3n entorno a las 34,7 psu, mientras que para salinidades superiores a las 34,8 psu la influencia es negativa.



II. ÍNDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO -----	1
II. ÍNDICE GENERAL-----	6
III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS -----	7
IV. OBJETIVOS -----	13
1. Objetivo general -----	13
2. Objetivos específicos -----	13
V. ANTECEDENTES GENERALES -----	14
VI. DESARROLLO METODOLÓGICO -----	18
Metodología por objetivo específico -----	18
3.1 Objetivo específico 2.1 -----	18
3.2 Objetivo específico 2.2 -----	22
3.3 Objetivo específico 2.3 -----	28
3.4 Objetivo específico 2.4 -----	31
3.5 Objetivo específico 2.5 -----	36



3.6	Objetivo específico 2.6	-----	38
3.7	Objetivo específico 2.7	-----	
41			
3.8	Objetivo específico 2.8	-----	
42			
VII.	RESULTADOS POR OBJETIVO ESPECIFICO	-----	45
VIII.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	-----	68
IX.	CONCLUSIONES	-----	75
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	-----	77

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS:

- Anexo 1. Personal participante por actividad (HH)
- Anexo 2. Criterios para la delimitación del área de desove en la aplicación del MPDH para la estimación de la biomasa desovante de anchoveta en la zona norte de Chile.
- Anexo 3. Archivos Informe Final Consolidado FIP 2004-04 (PDF) y Resumen Ejecutivo (Word).



III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS

FIGURAS

- Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MPH – Invierno 2004.
- Figura 2.- Ubicación geográfica de a) estaciones oceanográficas con CTD y b) estaciones con muestreo de clorofila (estaciones completas). En rojo se indica el número de la transecta. Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 3. Evolución del índice gonadosomático de la anchoveta en la I y II Región.
- Figura 4. Evolución semanal del índice gonadosomático de la anchoveta (29 diciembre 2003 – 28 noviembre 2004).
- Figura 5. Evolución mensual de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO) (28 de junio – 31 de octubre 2004).
- Figura 6. Evolución semanal de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO) (28 de junio – 31 de octubre 2004).
- Figura 7. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH – Invierno 2004.



- Figura 8. Distribución geográfica de las estaciones planctónicas con presencia y ausencia de huevos de anchoveta. Crucero MPH – Invierno 2004.
- Figura 9. Distribución de la abundancia promedio de huevos de anchoveta por transecta con respecto a la distancia de la costa (a) y a la latitud (b). La línea continua indica la tendencia calculada estadísticamente. Crucero MPH – Invierno 2004.
- Figura 10. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta. Cruceros MPH Inviernos 1992 – 2004.
- Figura 11. Dirección e intensidad del viento (m/s), (a) índice de surgencia (IS) promedio costero, (b) índice de turbulencia (IT) promedio costero y oceánico por grado de latitud, (c) del viento predominante medido cada una hora sobre el track de navegación. Para el IS e IT de las figuras a y b, el grosor y tamaño de los símbolos indica el tamaño proporcional para el valor indicado. Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 12. Índice de surgencia (IS) instantáneo e IS filtrado (m^3s^{-1} por 1000 m de costa) obtenido con el viento registrado cada 4 horas en los aeropuertos de a) Antofagasta (Cerro Moreno) y b) Iquique (Diego Aracena) entre el 1 de Agosto y 30 de Septiembre de 2004. La línea gruesa corresponde al IS filtrado aplicando un promedio móvil de 6 pesos. Se indican las transectas realizadas en cada fecha.
- Figura 13. Distribución superficial de a) temperatura ($^{\circ}C$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}C$), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH - Invierno 2004.

- Figura 14. Distribución de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y b) salinidad (psu) en el nivel de 50 m de profundidad, c) diferencia térmica ($^{\circ}\text{C}$) y d) diferencia de salinidad (psu) entre superficie y el nivel de 50 m. Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 15. Distribución superficial de a) profundidad de la isoterma de 15°C (m), b) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) y c) Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 (db). Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 16. Espesor de la capa de mezcla (m) (a), espesor de la termoclina (m) (b) y temperatura base de la termoclina ($^{\circ}\text{C}$) (c). Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 17. Profundidad de la base de la termoclina (m) (a), gradiente de temperatura promedio de la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) (b), máximo gradiente de temperatura en la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) (c) y profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) (d). Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 18. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas rada Paposo ($25^{\circ}00'\text{S}$) (T07), Bahía Moreno ($23^{\circ}40'\text{S}$) (T15), punta Copaca ($22^{\circ}20'\text{S}$) (T23), punta Lobos ($21^{\circ}00'\text{S}$) (T31), punta Junín ($19^{\circ}40'\text{S}$) (T39) y Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$) (T47). Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 19. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de rada Paposo ($25^{\circ}00'\text{S}$) (T07), Bahía Moreno ($23^{\circ}40'\text{S}$) (T15), punta Copaca ($22^{\circ}20'\text{S}$) (T23), punta Lobos ($21^{\circ}00'\text{S}$) (T31), punta Junín



(19°40'S) (T39) y Arica (18°25'S) (T47). Crucero MPH - Invierno 2004.

Figura 20. Anomalía vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas: de Bahía Moreno (23°40'S) (T15), punta Lobos (21°00'S) (T31) y Arica (18°25'S) (T47). Crucero MPH - Invierno 2004.

Figura 21. Distribución de a) fluorescencia in vivo (volts), b) clorofila a superficial ($\mu\text{g/L}$) y c) feopigmento superficial ($\mu\text{g/L}$). Crucero MPH - Invierno 2004.

Figura 22. Distribución de a) clorofila integrada (mg/m^2) y b) feopigmentos integrados (mg/m^2). Crucero MPH - Invierno 2004.

Figura 23. Distribución vertical de a) clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y b) feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 1 (Lat. 26° 00'S.), 7 (Lat. 25° 00'S), 15 (Lat. 23° 40'S) y 23 (Lat. 22° 20'S). Crucero MPH - Invierno 2004.

Figura 24. Distribución vertical de a) clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y b) feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 31 (Lat. 21° 00'S), 39 (Lat. 19° 40'S), 47 (Lat. 18° 25'S). Crucero MPH - Invierno 2004.

Figura 25. Distribución vertical de fluorescencia in vivo (volt) en las transectas 1 a 25. Crucero MPH - Invierno 2004.

Figura 26. Distribución vertical de fluorescencia in vivo (volt) en las transectas 26 a 41. Crucero MPH - Invierno 2004.



- Figura 27. Distribución vertical de fluorescencia in vivo (volt) en las transectas 42 a 47. Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 28. Asociación entre la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y la fluorescencia in vivo (volt), con todos los datos disponibles (a) y con los datos de nivel superficial (b). Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 29. Distribución espacial de los lances de pesca efectivos realizados por embarcaciones cerqueras. Crucero MPH – Invierno 2004.
- Figura 30a. Distribución de tamaños de anchoveta capturadas entre la I y II Regiones por sexo (M: machos, H: hembras)
- Figura 30b. Distribución total de tamaños de anchoveta capturadas entre la I y II Regiones. Crucero MPH 2004.
- Figura 30c. Distribución de tallas de las hembras para cada año de aplicación del MPH en la zona norte.
- Figura 30d. Rectas ajustadas a la relación entre peso corporal y fecundidad parcial para cada año de aplicación del MPH en la zona norte.
- Figura 31. Frecuencia (N°) de huevos de anchoveta por estadio de desarrollo.
- Figura 32. Distribuciones de frecuencia (%) de estadios de desarrollo en cada año de aplicación del MPH en la zona norte.
- Figura 33. Número de huevos por unidad de muestreo ($0,05 \text{ m}^2$) en función de su edad (días).



- Figura 34. Distribución de frecuencia (N°) de Folículos Postovulatorios de día 1 y día 2 para el total de hembras analizadas en función de la hora de captura.
- Figura 35. Fecundidad parcial en función del peso corporal para el año 2004.
- Figura 36. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta y su relación con la a) temperatura superficial, b) salinidad superficial (psu), c) anomalía geopotencial de superficie referida a 500 (db) y d) espesor de la capa de mezcla (m). Crucero MPH - Invierno 2004.
- Figura 37. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta y su relación con el a) la profundidad de la base de la termoclina (m), b) el espesor de la termoclina (m), c) la distribución de clorofila integrada (mg/m^2) y d) fluorescencia in vivo (volt) en superficie. Crucero M
- Figura 38. Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Período 1992 - 2004.
- Figura 39. Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992 - 2004.
- Figura 40. Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992 - 2004.
- Figura 41. Rangos de distribución preferencial de los huevos de anchoveta respecto de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y b) salinidad (psu). Período 1992-2004. Líneas verticales representan la ventana ambiental óptima.



- Figura 42. Distribuci3n espacial de los centros de gravedad de las distribuciones de huevos de anchoveta. Per3odo 1992-2004.
- Figura 43. Densidad media e intervalo de confianza para la proporci3n de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, por a3o y total. Cruceros realizados desde la I a IV Regi3n.
- Figura 44. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estaci3n, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersi3n (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, l3neas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y $s(X,P)$ corresponde a la funci3n suavizadora spline para la variable X con P grados de libertad. A3os 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004.
- Figura 45. Resultados del ajuste del modelo para el factor principal a3o de: (a) presencia/ausencia de huevos y (b) densidad de huevos de anchoveta. Los valores fueron escalados a un valor promedio cero y la l3nea discontinua corresponde a dos veces el error est3ndar. El ancho de la barra s3lida de la base es proporcional al n3mero de observaciones de cada nivel del factor a3o. Per3odo 1995-2004.
- Figura 46. 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, lneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y $s(X,P)$ corresponde a la funci3n suavizadora spline para la variable X con P grados de libertad. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004.

TABLAS

- Tabla 1. Caracterizaci3n de los estadios ov3ricos de peces pel3gicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).
- Tabla 2. Caracterizaci3n histol3gica de los fol3culos postovulatorios (FPO) (Hunter y Goldberg, 1980); ajustados para *E. ringens*, en FIP N3 95-01).
- Tabla 3. Detalle de la informaci3n utilizada para el c3lculo de los promedios hist3ricos mensuales (septiembre) de temperatura y salinidad para las transectas de bah3a Moreno (T15), punta Lobos (T31) y Arica (T47).
- Tabla 4. Bit3c3ra de estaciones oceanogr3ficas y registro de datos meteorol3gicos. Crucero MPH. Invierno 2004.
- Tabla 5. Clasificaci3n de los estadios de desarrollo embrionario. (Santander *et al.*, 1984).
- Tabla 6. Evoluci3n semanal de la actividad reproductiva microsc3pica de la anchoveta en la I y II Regiones, 2004.



- Tabla 7. Densidad promedio, constancia y rangos de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, en invierno de los a1os 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.
- Tabla 8. Posici3n geogr1fica de los lances efectuados durante el crucero de anchoveta, en la I y II Regiones, Agosto – septiembre, 2004.
- Tabla 9. Promedios por lance de longitud total (LT en cm), peso total corregido por hidrataci3n y formalina (PT CORR en g), fecundidad parcial (N°) y total de hembras.
- Tabla 10. Estimaci3n de Producci3n diaria de huevos por unidad de muestreo (P_0) y tasa de mortalidad diaria (Z) con sus respectivas desviaciones est1ndares, en cada a1o de aplicaci3n del MPH, (n es el n1mero de puntos utilizados en el ajuste).
- Tabla 11. Resultados por lance del n1mero de hembras clasificadas por estadio de madurez (EMM 1 al 7), n1mero de hembras con FPO de d1a 1 y 2, n1mero total de hembras muestreadas y fracci3n diaria desovante seg1n FPO1, 2 y combinado, n1mero de hembras maduras corregidas seg1n hembras hidratadas.
- Tabla 12. Par1metros de adultos obtenidos en las distintas aplicaciones del MPH en la zona norte.
- Tabla 13. Frecuencia de estaciones con presencia, ausencia con huevos por a1o, para salinidades iguales (Cero) y mayores a cero (Positiva).



- Tabla 14. Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos de anchoveta y densidad media de huevos/0,05 m² de las estaciones positivas para los años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004.
- Tabla 15. Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos de anchoveta. Cruceros realizados en la I y IV Región años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004.
- Tabla 16. Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004
- Tabla 17. 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 de anchoveta. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004.

ANEXOS

- Anexo 1. Personal participante por actividad (HH)
- Anexo 2. Criterios para la delimitación del área de desove en la aplicación del MPDH para la estimación de la biomasa desovante de anchoveta en la zona norte de Chile.



Anexo 3. Archivos Informe Final Consolidado FIP 2004-04 (PDF) y
Resumen Ejecutivo (Word). (CD)



IV. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Cuantificar mediante la aplicaci3n del M3todo de Producci3n de Huevos la biomasa desovante de anchoveta, comprendida en la zona costera desde el l3mite norte de la Rep3blica hasta los 26° 03' L.S.

2. Objetivos espec3ficos

Fase 1

- 2.1** Determinar la distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta.
- 2.2** Registrar las condiciones oceanogr3ficas asociadas al crucero de huevos de anchoveta.
- 2.3** Estimar la proporci3n sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas.

Fase 2

- 2.4** Estimar la producci3n diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instant3nea de los huevos.
- 2.5** Estimar la proporci3n de estadios de madurez sexual microsc3picos y la fracci3n diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada.



- 2.6** Estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal, el modelo de regresión correspondiente a esta relación, y la fecundidad media poblacional, con sus respectivas varianzas.

- 2.7** Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.

- 2.8** Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores y los resultados del presente proyecto.



V. ANTECEDENTES GENERALES

El sector pesquero se ha convertido en una de las áreas más dinámicas de la economía del país y sitúan a Chile como una potencia mundial en términos pesqueros. En este sentido cabe destacar que el año 2003 el valor FOB de las exportaciones pesqueras totalizó una cifra aproximada de 2.250 millones de dólares (Elaborado por IFOP en base a información del Banco Central y del Servicio Nacional de Aduanas) lo que representa aproximadamente un 10% del total de las exportaciones chilenas en el año.

Los desembarques del sector se sostienen principalmente en la extracción de unas pocas especies pelágicas y demersales, distinguiéndose entre los recursos pelágicos al jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*), anchoveta (*Engraulis ringens*), caballa (*Scomber japonicus*) y sardina (*Sardinops sagax*), los cuales representan una fracción relevante de la captura total (SERNAPESCA, 2002). En efecto, 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 2003, con aproximadamente el 95% (Martínez *et al.*, 2003).

En la zona norte de Chile, la pesquería de pequeños pelágicos comenzó hacia finales de los años 60 y se basó casi exclusivamente en la captura de anchoveta hasta mediados de la década del 70. Posteriormente, esta pesquería muestra tres períodos principales: el primero (1973-1986) con un crecimiento sostenido, alcanzando hasta 3,4 millones de toneladas a mediados de los '80; en este período se produce el colapso en las capturas de anchoveta y, paralelamente, los desembarques de sardina aumentan significativamente hasta 1985, pasando a constituirse en el principal recurso explotado en dicha región. La segunda fase (1986-1996) es un



período de ajuste, producto de la baja experimentada de las capturas hasta llegar en 1996 a 1,4 millones de toneladas; en este período se produce 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) presenta una tendencia a la estabilización de las capturas a niveles del orden de 1,3 millones de toneladas por año.

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 1,1 millones de toneladas en 2002 a 350 mil ton en el año 2003. Este tipo de fluctuaciones, sumado a las variaciones ambientales, pueden llevar rápidamente a las pesquerías a colapsar.

En el caso de la pesquería pelágica desarrollada en la zona norte, los desembarques muestran grandes fluctuaciones, asociados a la inestabilidad del stock, provocada por la sobreexplotación del recurso y condiciones ambientales desfavorables, relacionadas con el fenómeno de "El Niño" (Martínez *et al.*, 1995; Yáñez *et al.*, 1995). En este sentido, cabe destacar que el comportamiento y distribución de los recursos pelágicos están estrechamente relacionados con el medio ambiente, Morales *et al.* (1996) indican que la anchoveta varía considerablemente su comportamiento con el fenómeno de "El Niño" ya que se profundiza para alcanzar zonas de bajas tensiones de oxígeno disuelto, con el fin de utilizar productos autotróficos en condiciones de mínimos de oxígeno; a su vez, los cambios en el medio físico condicionan de manera importante la cobertura geográfica de los recursos y su abundancia (García, 1993), además de que la distribución y abundancia de los recursos y de sus estadíos de desarrollo (huevos y larvas) se ven afectadas seriamente durante los fenómenos de "El Niño", debido a la



aparición de masas de aguas más cálidas y salinas de origen subtropical (Jacob, 2002).

Por lo anterior y considerando que esta pesquería ha sido analizada tomando en cuenta la evolución del esfuerzo de pesca y la variabilidad del medio ambiente y que además algunos estudios han considerado el efecto del medio ambiente sobre dichos recursos (Cañón, 1986; Castillo y Guzmán, 1985; Oliva *et al.*, 2003; Braun *et al.*, 2004), se hace necesario la obtención de estimaciones de biomasa a través de distintas metodologías. En este sentido, una metodología alternativa para la evaluación de la biomasa desovante en peces pelágicos como la anchoveta, corresponde al “Método de Producción de Huevos” (MPH), desarrollada en 1980 por investigadores del Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, California. La producción diaria de huevos se estima a partir del número de huevos totales evaluados en una prospección ictioplanctónica en asociación a otras variables y la fecundidad específica diaria de la población adulta, se determina mediante el procesamiento de muestras de peces, obtenidas durante cruceros de pesca, las que proporcionan información respecto de la fecundidad parcial, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción de sexos.

Dentro de este contexto, considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensión en la distribución y abundancia de los recursos y sus fluctuaciones, el Consejo Zonal de Pesca en concordancia con el Consejo de Investigación Pesquera y Subsecretaría de Pesca, han decidido la continuación de esta línea de investigación con el objeto de contar con los antecedentes técnicos necesarios para una apropiada asesoría técnica al manejo de estos importantes recursos de la zona norte del país.

- **Antecedentes del Método de Producción de Huevos (MPH)**



El Método de Producción de Huevos define la biomasa desovante como la fracción de peces capaces de desovar durante el período del crucero (Parker, 1980). Los peces que no son capaces de desovar son presumidos como aquellos que no han llegado a su primera madurez sexual. Peces en condición de postdesove se asume que han sido capaces de desovar durante el Crucero de forma tal que son incluidos como parte de la biomasa desovante (Macewicz *et al.*, 1996). La biomasa desovante se estima por la relación entre la producción diaria de huevos (huevos evacuados al mar en un día por la población total de hembras) y la fecundidad específica diaria de la población adulta (huevos potenciales de ser desovados por día por tonelada métrica). La producción diaria de huevos se calcula de los datos de densidad y estado de desarrollo embrionario de los huevos colectados en un crucero de ictioplancton. La fecundidad específica diaria de la población adulta se determina mediante el procesamiento de muestras de peces obtenidas durante un crucero de pesca, las cuales proporcionan información respecto de la fecundidad parcial, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción de sexos.

La aplicación del Método de Producción de Huevos para la determinación de la biomasa de peces pelágicos multidesovantes con fecundidad indeterminada, como anchoveta y sardina, tuvo dificultades debido al desconocimiento de métodos adecuados para estimar la frecuencia del desove. En 1979, Hunter y Goldberg (1980), acogiendo una sugerencia formulada por Yamamoto y Yoshioka (1964), en el sentido, de que la frecuencia del desove podría ser determinada a través de la incidencia de los folículos postovulatorios, logran mediante la inducción del desove de anchoveta de California, mantenidas en cautiverio, caracterizar histológicamente el proceso de degeneración de los folículos postovulatorios en función del tiempo, y a partir de ello, definir criterios para establecer la edad de dichas estructuras, y utilizarlas para la estimación directa de la frecuencia del desove en poblaciones naturales de peces pelágicos multidesovantes.



El método para la estimación de la biomasa desovante de anchoveta, se fundamenta en gran parte en el ciclo de desarrollo del ovario, el cual pasa por una serie de estadíos. El ovocito en el transcurso de su desarrollo crece en el ovario proveyéndose de vitelo y horas antes del desove comienza un proceso de hidratación, aumentando aproximadamente cuatro veces su volumen total. Los ovarios con ovocitos hidratados son fácilmente reconocibles a simple vista, debido a que la dilución del vitelo hace transparente a los ovocitos. En el curso de los tres días posteriores al desove, la capa de células que originalmente rodeaba el ovocito, ahora denominado folículo postovulatorio, sufre un proceso de degeneración.

El ovocito, una vez que es evacuado y fertilizado pasa por una serie continua de fases de desarrollo embrionario, cuya duración es dependiente de la temperatura del agua.

El "Método de Producción de Huevos" presenta en términos generales las siguientes ventajas:

a) Proporciona una estimación instantánea de la biomasa desovante, b) sus fuentes de error están identificadas, siendo factible estimar fácilmente la precisión de cada una de ellos, c) proporciona información biológica anexa (fecundidad, tasa de mortalidad de huevos, proporción de peces maduros, etc) de utilidad para evaluar la condición del stock y el reclutamiento potencial, y d) constituye una fuente de información auxiliar para calibrar las evaluaciones indirectas.

Los resultados obtenidos con la aplicación del MPH en Chile, indicaron para la subpoblación de anchoveta en la zona norte una biomasa desovante de 1.053.000 toneladas en 1992 (Rojas y Oliva, 1993). Posteriormente, en 1995 Claramunt **et al.**



(1996) estimaron una biomasa de anchoveta de 1.223.515 toneladas y en 1996 los niveles bajaron considerablemente alcanzando a sólo 581 mil toneladas (Claramunt *et al.*, 1996), manteniéndose valores similares en 1997, registrándose 594 mil toneladas (Oliva *et al.*, 1998), coincidiendo con la evaluación acústica de la biomasa de la anchoveta, la cual alcanzó a 623 mil toneladas (Oliva *et al.*, 1998). La aplicación en 1999 entregó una biomasa de 1.118.674 toneladas (Oliva *et al.*, 2000).

En el año 2000 y 2001 las estimaciones se efectuaron por dos criterios estructural o límite inferior y funcional o de interpolación que se relacionan con la manera en que se representa el área de desove. Las estimaciones para el 2001 fueron 332.243 y 425.890 toneladas, respectivamente, las que notan un decremento respecto a agosto de 2000, que fueron de 587.806 y 754.040, toneladas para los métodos antes mencionados.

En el año 2002, la biomasa del stock desovante a través del criterio de interpolación o funcional fue estimada en 757.308 t y por el criterio de límite inferior o estructural se estimó en 567.175 t. Con respecto al año 2003, la biomasa del stock desovante existente en la I y II Regiones, estimada a través del criterio de interpolación o funcional alcanzó a 424.417 t, y por el criterio de límite inferior o estructural fue estimada en 522.314 t.

En el año 2000, se efectuó un reprocesamiento de la información obtenida durante la aplicación del MPH en años anteriores bajo criterios únicos y estandarizados, lo que permitió comparar los estimados de biomasa desovante de anchoveta. Una conclusión importante del reanálisis es que al observar los resultados del MPH como serie de tiempo, se visualiza que las tendencias en las biomásas son independientes de los criterios de estimación de las áreas de desove, pudiendo ser usadas en el estudio de sus fluctuaciones o como índices de calibración de



métodos indirectos, lo que hace recomendable su aplicación. Es así que al comparar las tendencias históricas de biomasa desovante con las capturas totales del año, se observa que siguen la misma tendencia, indicando la robustez de los resultados del MPH (Oliva *et al.*, 2001).

Es importante indicar, que las biomásas estimadas en 1996 y 1997, presentaron una considerable disminución, representando sólo un 54 y 51%, respectivamente, de lo reportado en 1995. Situación que ya en 1997, basada en la aplicación del MPH, se indicaba la situación de riesgo del stock desovante de la anchoveta (Oliva *et al.*, 1998), lo cual posteriormente fue corroborado en 1998, con la ocurrencia del peor año pesquero que se tiene reporte en los últimos 50 años, año en que la captura anual de anchoveta alcanzó sólo a 122 mil toneladas.



VI. DESARROLLO METODOLÓGICO

De conformidad con la metodología planteada en las propuestas técnicas y con la finalidad de estimar los parámetros biológicos requeridos para la aplicación del Método de Producción de Huevos, como lo es la fecundidad media poblacional, la frecuencia de desove, la proporción sexual, la producción diaria de huevos y el peso promedio estimado de las hembras maduras, se realizaron los cruceros Módulo Huevos y Módulo Adultos para el recurso anchoveta, durante el período de máxima actividad reproductiva del año 2004.

La colecta de huevos y el muestreo de ejemplares adultos de anchoveta se efectuaron a bordo del B/C “Carlos Porter” y a través de la operación de 4 embarcaciones pesqueras industriales en régimen de Pesca de Investigación, respectivamente.

1. Área de estudio

El área de estudio comprendió la zona que se extiende desde el límite norte de la República, 18°20'S, hasta el paralelo 26°03'S y desde la costa hasta las 60 u 80 millas náuticas (**Fig. 1**).

2. Monitoreo reproductivo

Con el propósito de determinar con exactitud la fecha de inicio del crucero de muestreo de huevos, se analizó la información proveniente del monitoreo reproductivo de la anchoveta, que se monitoreó a través del seguimiento de la actividad del desove de la anchoveta con las muestras recolectadas de la captura comercial de especies pelágicas, utilizando técnicas macroscópicas (variaciones



del 3ndice gonadosom3tico - IGS) y microsc3picas (3ndice de actividad de desove - IAD).

El muestreo reproductivo de la anchoveta se desarroll3 de enero a octubre de 2004 en los principales puertos de la I y II Regiones, considerando la informaci3n biol3gica de la anchoveta y consign3ndose datos de longitud, peso, sexo y estadios de madurez.

El procedimiento aplicado consisti3 en recolectar g3nadas de hembras de anchoveta de la captura comercial, con el fin de determinar mediante t3cnicas macrosc3picas (variaciones del 3ndice gonadosom3tico) y microsc3picas (3ndice de actividad de desove) la condici3n reproductiva de la especie (**Tablas 1 y 2**). Para ello se analizaron microsc3picamente 24.592 hembras y microsc3picamente 2.219 ovarios de anchoveta, cifras 17,7% y 50,5% menor con respecto a las analizadas en el a3o 2003, respectivamente.

3. Metodolog3a por objetivo espec3fico

En la presente secci3n se desarrollan los aspectos metodol3gicos para cada uno de los objetivos espec3ficos.

3.1 Objetivo espec3fico 2.1 “Determinar la distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta”

El crucero de prospecci3n de huevos compatibiliz3:

- 1) 3rea cubierta
- 2) duraci3n
- 3) densidad de muestreo.



- 1) El área cubierta es uno de los factores más importantes, ya que la zona prospectada debe ser tal que asegure que sea mayor al área esperada de desove. La incerteza que genera el tener las áreas de desove cortadas en sus límites es de una magnitud desconocida y dado que el MPH estima la biomasa desovante en el área de desove, el no cubrirla completamente podría alterar los estimados de biomasa.
- 2) La duración del crucero debe ser la menor posible, dado que el método asume que los parámetros a estimar son constantes en el lapso de tiempo que dura el crucero de prospección. Se encuentran bien documentados los cambios temporales que existen en los parámetros reproductivos (fecundidad, fracción desovante).
- 3) La densidad de estaciones debe tender a obtener un tamaño de muestra tal que asegure un buen estimado de la densidad media de huevos y en último término de un estimado insesgado de la producción diaria de huevos.

Al compatibilizar estos criterios se llega a que la grilla a prospectar asegura bien el área, la duración del crucero está en el límite de lo aceptable y la densidad de estaciones es la adecuada, ya que si bien un aumento en el número de estaciones podría tener un impacto en aumentar la precisión, la exactitud no sufriría un incremento significativo, dado que un aumento en el tamaño de muestra sólo disminuiría la incertidumbre asociada al parámetro de interés (P_0).

3.1.1 Diseño de muestreo de ictioplancton

El diseño de muestreo utilizado permitió cubrir un área de aproximadamente 28.915 mn² y estuvo configurado por una grilla de 649 estaciones distribuidas en 47 transectas perpendiculares a la costa, con una separación equidistante entre



ellas de 10 mn, localizándose estaciones a 1; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55 y 60 mn. Cabe señalar que en el marco del proyecto FIP N° 2003-07 y en atenci3n a lo expuesto en el taller de discusi3n de resultados, donde se señala que probablemente existirían algunas zonas donde la distribuci3n de huevos de anchoveta se extendería más allá de las 60 mn, durante la ejecuci3n del crucero módulo huevos y en el sector comprendido entre Punta Aña (22°00'S) y Caleta Ligate (20°30'S) y frente a Isla Alacrán (18°30'S) y Arica (18°25'S), se prolongaron las transectas hasta una distancia máxima de 80 mn.

El número de estaciones realizadas en el área de estudio se basó en el análisis de la densidad media de huevos por estaci3n de los cruceros realizados entre los años 2000 y 2003, excluyendo la informaci3n del crucero de 2001 debido a la alta concentraci3n del desove en un área reducida que se observó en dicho año, comportamiento atípico en comparaci3n con la distribuci3n observada en la serie histórica 1992-2003. De esta manera, conociendo un estimado *a priori* de la media y varianza de la densidad de huevos, la relaci3n entre estaciones positivas y negativas y utilizando la metodología de determinaci3n de tamaño de muestras para variables continuas (Thompson, 1992), se estimó el número mínimo de estaciones positivas requerido.

De esta forma, se utilizó la relaci3n:

$$n_0 = \left(\frac{Z_{1-\frac{\alpha}{2}} S}{r \bar{X}} \right)^2,$$

donde n_0 es el tamaño de muestra, Z es el percentil $1-\alpha/2$ de la distribuci3n normal estándar, S es la desviaci3n estándar de la densidad de huevos, r



corresponde al nivel de error de estimación y \bar{X} corresponde al estimador de la densidad media de huevos.

Este mismo procedimiento fue utilizado por Santander *et al.* (1982), quienes experimentalmente utilizaron como estimador del número total de estaciones n , la relación porcentual entre las estaciones positivas (n^+) y el total de estaciones. Al respecto, se encontró que tal relación fue de:

$$\frac{n^+}{n} = 0,4 (40\%)$$

De tal manera que determinando el número de estaciones positivas ($n^+ = n_0$) es posible establecer el número total de estaciones.

Utilizando el valor estimado de la densidad media y la desviación estándar para las estaciones positivas de los cruceros, se pudo establecer que para un valor α del 5% y un nivel de error de estimación del 24%, se requieren 263 estaciones positivas. Así, conociendo la relación entre el número de estaciones positivas y las negativas de los cruceros anteriores, se estima un total de 658 estaciones a realizar.

Para la decisión del diseño de muestreo de huevos, se consideraron los siguientes aspectos:

- Tiempo de muestreo = 15 minutos por estación
- Velocidad de navegación = 7 nudos
- Área total = 28.915 mn²



Sobre esta base y teniendo en consideración el tamaño de muestra estimado de estaciones, se realizaron 47 transectas desde el límite norte de Chile hasta los 26° de latitud sur, cada 10 millas náuticas. Dentro de cada transecta se realizaron 13 estaciones cada 5 mn, llegando de esta manera a las 60 mn desde la costa. Del total de 47, doce de ellas se prolongaron hasta las 80 mn, con estaciones programadas a 65, 70, 75 y 80 mn. De esta forma se realizó un total de 649 estaciones bio-oceanográficas, 10 menos que las comprometidas en la propuesta técnica debido a las malas condiciones meteorológicas imperantes en la zona de estudio y que correspondieron a las transectas realizadas frente a punta Piedra y caleta Botijo donde se logró una cobertura longitudinal máxima de 35 mn (**Fig. 1**).

Cabe destacar, que este tamaño de muestra (N = 649) está dentro del rango recomendado por Lo (1997), quien basada en el análisis empírico de la relación entre el coeficiente de variación del estimado de producción diaria de huevos y el número de estaciones, recomienda un mínimo de 600 estaciones.

3.1.2 Colecta de las muestras

La colecta de las muestras de plancton se efectuó a bordo del B/C "Carlos Porter", realizando el "track" en forma simultánea a las naves empleadas en la colección de los adultos.

En cada estación se obtuvo una muestra de ictioplancton mediante un muestreador CalVET (versión PAIROVET) de 0,05 m² de área de boca y 0,150 mm de abertura de malla (Smith *et al.*, 1985), el cual se remolcó verticalmente desde una profundidad máxima de 70 m o desde 3 m sobre el fondo hasta la superficie en el caso de profundidades menores. El calado y virado se realizó a una velocidad nominal de 70 m/minuto, considerándose un tiempo de



estabilización de 15 segundos, una vez alcanzada la profundidad máxima de muestreo.

Durante la ejecución de cada lance de pesca se registró en planillas especialmente diseñadas, los siguientes datos básicos: número de estación, fecha, hora, posición, tipo de pesca, tipo de red, duración del lance (tiempo de arriado y virado), cantidad de cable arriado, lectura del clinómetro.

3.1.3 Tratamiento de las muestras a bordo

Las muestras obtenidas en cada una de las estaciones se preservaron con una solución de formalina en agua de mar al 5% tamponada con tetraborato de sodio, y fueron almacenadas en frascos plásticos de 250 cc de alta densidad debidamente rotulados. El proceso de fijación se realizó tan pronto como éstas fueron extraídas del copo colector de la red, para evitar de esta manera un posible deterioro de los ejemplares capturados.

3.1.4 Procedimiento en laboratorio

3.1.4.1 Separación e identificación de huevos de anchoveta

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

- Separación y extracción de la totalidad de los estadios tempranos de peces de cada una de las muestras,
- Identificación taxonómica de huevos de anchoveta,
- Cuantificación de huevos de anchoveta



- Enumeraci3n y agrupaci3n del resto del ictioplancton, bajo la denominaci3n de "otras especies".

Para el procesamiento de las muestras se utilizaron microscopios estereosc3picos marca Nikon y Zeiss con aumento de 8 a 40 veces, examinando la totalidad de la muestra.

3.1.4.2 An3lisis de la informaci3n planct3nica

Basado en los valores cuantitativos de los an3lisis y con el prop3sito de contar con antecedentes comparativos se determinaron algunos par3metros tales como el poblacional, densidad promedio respecto de las estaciones totales y positivas y los comunitarios, constancia y dominancia num3rica.

Se incorporar3 adem3s, la estimaci3n de la densidad de huevos mediante la distribuci3n Log-normal de acuerdo a (Pennigton, 1986):

Un estimador desarrollado por Pennigton (1986) para estimar la media de una variable, en la cual una fracci3n de las observaciones es igual a cero y las restantes tienen distribuci3n lognormal se puede plantear de la forma:

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

donde:

- m : es la cantidad de estaciones (observaciones) positivas
n : es el total de estaciones

- \bar{y} : es la media de la variable transformada a logaritmo natural
- $G_m(r)$: es una funci3n de la varianza de la variable transformada a logaritmo de la forma:

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

donde:

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

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

La varianza de la densidad media estimada viene dada por :

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

Para la confecci3n de mapas de distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta y asignaci3n de categorías de densidad para este estadio de desarrollo, se utiliz3 la escala geométrica de Frontier (1966) modificada.

Para efectos de establecer una comparaci3n interanual se utiliz3 la serie hist3rica estandarizada de huevos de anchoveta para el perío do 1992/2004, obtenida para la zona norte de Chile en aplicaciones precedentes del MPH.



3.2 Objetivo específico 2.2 “Registrar las condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos de anchoveta”

3.2.1 Colecta de muestras y registro de datos

En la zona de estudio se realizó un total de 47 transectas perpendiculares a la costa separadas cada 10 mn. En cada transecta se realizaron estaciones oceanográficas separadas cada 5 mn, completándose un total de 661 estaciones (**Fig. 2a**). Las transectas se extendieron hacia el oeste hasta las 60 mn, excepto en las secciones 25 a 34 y 46 donde la extensión fue hasta las 80 mn. Las transectas 9 y 10 sólo llegaron hasta 35 mn de la costa debido a condiciones meteorológicas adversas.

En las transectas ubicadas en rada Paposo (25°00'S) (T07), Bahía Moreno (23°40'S) (T15), punta Copaca (22°20'S) (T23), punta Lobos (21°00'S) (T31), punta Junín (19°40'S) (T39) y Arica (18°25'S) (T47) se realizaron estaciones oceanográficas a 70 y 100 mn de la costa, las que son adicionales al plan de muestreo ofrecido en la propuesta técnica.

En cada una de las estaciones del crucero se obtuvo registros continuos de temperatura (°C), salinidad (psu), y fluorescencia con profundidad (dbar) hasta un máximo de 100 m, mediante el uso de un CTD marca SEA BIRD modelo 19 equipado con bomba.

En las estaciones ubicadas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa, de las secciones prolongadas hacia el oeste hasta las 100 mn que fueron indicadas anteriormente, el muestreo en la vertical con CTD se realizó hasta los 500 m de profundidad. A estas estaciones se les denominará en adelante estaciones



oceanográficas profundas. En las transectas antes mencionadas, a las cuales se les suma la sección de punta Ballenita (25°50'S) (T02), se realizaron análisis de clorofila-a en las estaciones de 1, 5, 10, 20, 40, 60 (a excepción de las transectas 7 y 15), 70 y 100 mn de la costa. Las estaciones con registros de CTD y clorofila-a se denominarán estaciones oceanográficas completas. Se realizaron además otras 17 estaciones oceanográficas completas ubicadas entre las transectas señaladas anteriormente (**Fig. 2b**), para aumentar el área de cobertura con análisis de clorofila-a.

Para la toma de muestras de agua conducentes a los análisis de clorofila –a se utilizaron botellas Niskin de 1,7L de capacidad. El muestreo se realizó en las estaciones oceanográficas completas a profundidades estándares de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75 y 100 m como máximo. Con las muestras de agua colectadas, se realizaron en los laboratorios de IFOP los análisis que conllevan a la obtención de la concentración de clorofila-a según la metodología descrita en 3.2.2. Las muestras para análisis de salinidad se obtuvieron en las estaciones profundas, preferentemente en la capa de mezcla y en los niveles de profundidad mayores, efectuándose en tierra dichos análisis mediante un salinómetro digital marca TSK modelo DIGIAUTO.

Durante la realización de las estaciones 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). Durante la navegación se recopiló también información del viento en forma horaria. Los datos de viento de las estaciones y los registros en forma horaria corresponden al valor predominante observado y fueron obtenidos mediante un anemómetro fijo marca Simrad modelo IS-12.



3.2.2 Medición de la clorofila-a

En las estaciones oceanográficas completas se colectaron 530 muestras para los análisis de clorofila **a**. Se filtro *in situ* un volumen estandarizado de 50 mL con un sistema múltiple, utilizando filtros de fibra de vidrio (Whatman GF-75, 0,7 μm , 25 cm de diámetro). Las muestras se almacenaron a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante CaCl_2 para su posterior análisis en laboratorio en tierra.

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

3.2.3 Procesamiento de la información

La información del CTD se procesó de acuerdo a procedimientos estándar recomendados por el fabricante (Seabird, 2004). 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 con los análisis de muestras de agua para salinidad.

Dado que los termómetros y el salinómetro, utilizados en este caso como instrumentos de control, tienen sólo una precisión de $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ y $\pm 0,05$ psu, respectivamente, es que se utilizó este valor como límite en las diferencias entre las mediciones del CTD y la de estos dos instrumentos. La observación de las



diferencias entre ambas mediciones se hizo en forma secuencial de acuerdo a la realización de las estaciones, para determinar de esta forma el comportamiento del equipo electrónico CTD en el tiempo.

En este proceso de comparación no hubo diferencias sobre el valor $\pm 0,05$, en las mediciones de ambas variables, respecto a las obtenidas con el equipo de control. Por lo tanto, no fue necesario corregir la información del equipo electrónico utilizado. Por otro lado, ya que el equipo CTD utilizado durante la ejecución del crucero, fue calibrado en enero del presente año, es que en esta ocasión no se realizó la intercalibración con el CTD Neil Brown MK3 del B/I Abate Molina, como se había señalado en la propuesta técnica.

Con los datos ya procesados se confeccionaron las cartas de distribución superficial y vertical de las variables temperatura (TSM), salinidad (SSM) y fluorescencia. 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, temperatura y salinidad en el nivel de 50 m y su diferencia con los valores superficiales, realizándose las respectivas cartas y su posterior análisis.

Con respecto a la metodología de cálculo de estas estructuras verticales (eg. capa de mezcla y termoclina) 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 $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0,1\text{ psu}$ y $0,1\text{ Kg/m}^3$ con los datos correspondientes observados en el primer metro de la



columna de agua. Los datos de observaci3n de esta variable fueron los datos de CTD.

- Termoclina: Se define como termoclina la capa de agua que present3 una variaci3n de temperatura mayor o igual a 0,1°C/m. Los c3lculos de gradiente para la definici3n de termoclina y el valor de gradiente m3ximo 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.

Para el c3lculo de densidad se utiliz3 la ecuaci3n internacional de estado del agua de mar de 1980 dada por Millero & Poisson (1981) y UNESCO (1981a y 1981b), de acuerdo a:

(T en °C, S en psu , ρ en kg/m³)

$$\rho = \rho_0 + AS + BS^{3/2} + CS^2$$

donde:

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

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

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

y ρ_0 es la densidad del agua



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

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

Se obtuvieron los valores de anomalía vertical de temperatura y salinidad a lo largo de las transectas realizadas frente a bahía Moreno ($23^{\circ}40'S$) (T15), Punta Lobos ($21^{\circ}00'S$) (T31) y Arica ($18^{\circ}25'S$) (T47), con los que se realizaron los gráficos correspondientes. Los valores promedio estacionales de temperatura y salinidad de las transectas indicadas corresponden a los obtenidos con la serie histórica de IFOP desde 1963 a 2003 (**Tabla 3**). La metodología aplicada en la obtención de los promedios verticales de estas transectas corresponde a la indicada por Blanco *et al.*, (2001).

Para el nivel superficial se presentan valores de anomalía estacional de temperatura, salinidad, como también, a nivel subsuperficial, el de profundidad de la isoterma de $15^{\circ}C$. Estos valores fueron obtenidos de los promedios mensuales (Reynolds, 1982; Blanco, 1996; Rojas y Silva, 1996) y que fueron actualizados por IFOP durante la ejecución del proyecto FIP N° 2001-01 (Braun *et al.*, 2002), según la metodología indicada por Blanco *et al.*, (2001).

Con los datos de viento horario obtenidos durante la ejecución del crucero se elaboró una carta de intensidad y dirección, las que se utilizaron principalmente en la interpretación de los datos oceanográficos superficiales. En ellos se observó la posible asociación de anomalías térmicas superficiales a eventos de vientos,



justificando así los valores de anomalía encontrados y determinando que éstos no sean producto de forzamientos remotos de origen ecuatorial (ENOS).

Con los datos de viento horario, obtenidos durante la ejecución de los cruceros, se elaboró una carta de intensidad y dirección, lo que se utilizó principalmente en la interpretación de los datos oceanográficos superficiales.

Con la información de viento horario derivado de la navegación, se calculó el promedio del índice de turbulencia (IT) costero y oceánico y el promedio del índice de surgencia (IS) costero. El promedio costero corresponde a la media de las observaciones instantáneas dentro de la franja de las primeras 30 mn de la costa, y el promedio oceánico a la media de los datos observados entre las 30 y 100 mn, en ambos casos considerando datos dentro de un grado de latitud. El índice de turbulencia corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento (W^3).

Con información de viento de los aeropuertos Diego Aracena de Iquique y Cerro Moreno de Antofagasta (Dirección Meteorológica de Chile), correspondiente a observaciones efectuadas a las 4, 8, 12, 16, 20 y 24 horas, en el período entre el 1 de Agosto al 30 de Septiembre, se calculó el IS instantáneo. El IS promedio se obtuvo filtrando la serie de IS instantáneos mediante un promedio móvil de 6 pesos (promedio de 6 datos consecutivos de la serie que se asocia al tiempo central de los datos considerados) a fin de eliminar el efecto de frecuencias menores a 24 h. Los valores del IS se expresan en $m^3 \cdot s^{-1}$ por 1000 metros de costa, pero serán enunciados en adelante en este documento sólo por $m^3 \cdot s^{-1}$.

Los IS instantáneos de las observaciones horarias en crucero y las de cada 4 horas en las estaciones fijas, se calcularon de acuerdo a lo indicado por Bakun y Parrish (1982), utilizando la siguiente expresión:



$$M_x = t_y / f$$

Donde:

t_y = Coacci3n del viento sobre la superficie en la direcci3n norte sur

$t_y = \rho_a C_d v |W|$

ρ_a = densidad del aire (1.25 Kg/m³)

C_d = coeficiente de arrastre

v = componente norte sur de la velocidad del viento

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

f = par3metro de Coriolis = $2 \omega \text{ Sen } (l)$

ω = velocidad angular de la tierra

l = latitud del lugar

El valor de C_d (coeficiente de arrastre) que se utiliz3 en los c3lculos fue igual a 0,0013 de acuerdo a Bakun y Parrish, (op cit.,).

La informaci3n meteorol3gica obtenida en cada una de las estaciones bio-oceanogr3ficas se entrega en la **Tabla 4** y ser3 remitida al CENDOC a fin de mantener actualizada la base de datos meteorol3gica del pa3s.

La determinaci3n de la "condici3n de normalidad", se realiz3 considerando los valores de anomal3as de las variables mencionadas anteriormente y su respectiva desviaci3n est3ndar. En t3rminos generales, la aparici3n de condiciones an3malas para la zona y per3odo de estudio, est3 dada por valores ± 1 desviaci3n est3ndar por sobre el promedio hist3rico en cada variable, discuti3ndose la causa de la anomal3a registrada.



Respecto a la clorofila-a, una vez cuantificadas las muestras, la información fue codificada, digitada y georeferenciada por profundidad de origen. Esta información permitió confeccionar cartas de distribución vertical para todas las transectas, lo que se suma a las cartas superficiales. Los resultados de clorofila-a y de los productos de degradación o feopigmentos se expresan en $\mu\text{g/L}$.

La caracterización trófica de los cuerpos de agua en la zona de estudio, se efectuó utilizando la distribución cuali y cuantitativa de la biomasa fitoplanctónica, usando como indicador la clorofila a (cloa). Esta clasificación 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.

Los niveles tróficos se caracterizaron de acuerdo a la siguiente escala de biomasa fitoplanctónica dada en Braun *et al.*, (2004):

- Nivel Eutrófico $\geq 1 \mu\text{g/L}$
- Nivel Mesotrófico $\geq 0,5 \mu\text{g/L} < 1 \mu\text{g/L}$
- Nivel Oligotrófico $\geq 0,2 \mu\text{g/L} < 0,5 \mu\text{g/L}$
- Nivel Ultraoligotrófico $< 0,2 \mu\text{g/L}$

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 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 son las profundidades de muestreo discretas definidas en el punto 1.2

C_i y C_{i+1} son las concentraciones de clorofila ($\mu\text{g/L}$), en la profundidad i , desde superficie a la profundidad m3xima de 100 m.

D_i y D_{i+1} son las profundidades respectivas (m)

Este c3lculo permite representar la clorofila **a** de toda la columna en unidades de 3rea (mg/m^2), de esta forma se representan adecuadamente los m3ximos sub-superficiales de la biomasa fitoplanct3nica, situaci3n que es subestimada muchas veces por la clorofila superficial. Esta informaci3n se entrega en cartas de distribuci3n tanto para la clorofila integrada como para los feopigmentos integrados.

Con los datos disponibles de clorofila **a** y de fluorescencia in vivo, se realiz3 un an3lisis exploratorio. El modelo que mejor representa la relaci3n entre la clorofila y la fluorescencia corresponde a una relaci3n lineal del tipo:

$$Y = \alpha + \beta X$$

3.3 Objetivo espec3fico 2.3 “Estimar la proporci3n sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas”.

3.3.1 Muestreo de anchoveta en el mar – crucero adultos



El m3todo de estimaci3n de biomasa desovante requiere que simult3neamente con el desarrollo del crucero de huevos se realicen cruceros de pesca, que permitan determinar los par3metros relacionados con la din3mica reproductiva de los peces adultos. En este esquema, la colecci3n de anchoveta adulta se realiz3 con la participaci3n de 4 embarcaciones cerqueras entre el 20 de agosto y el 22 de septiembre de 2004, ambas fechas inclusive. Las naves autorizadas para tales efectos fueron las siguientes PAM: "Eperva 61", "Eperva 62", "Angamos 2" y "Angamos 4" de la Empresa Pesquera CORPESCA ; "Esturion" y "Costa Grande I" de Empresa Pesquera Camanchaca, segun Resoluci3n de Pesca de Investigaci3n de la Subsecretar3a de Pesca n3mero 2269 del 20/8/2004. Adem3s, colaboraron en la recolecci3n de anchoveta adulta el PAM "Guallatire" de la Empresa Pesquera CORPESCA y la embarcaci3n artesanal "El Trinquete".

Cada una de estas naves estuvo equipada b3sicamente con sonar, radar, ecosonda, navegador por sat3lite, radiogoni3metro, radios HF y VHF y de una red de cerco anchovetera. Estas embarcaciones operaron simult3neamente con el crucero de colecci3n de huevos que fue realizado a bordo del B/C "Carlos Porter".

La red utilizada est3 construida de paños con nudos y sin nudos, en los distintos sectores de la red (copos, antecopos, refuerzos y cuerpos finos) y acondicionada para operar con un sistema de pesca petrel, cuyas dimensiones, en t3rminos generales, son de 650 * 70 brazas, con un embande de un 32%.

3.3.2 Determinaci3n del tamaño de muestra

Por lo general en los cardúmenes de clupeoideos, como la anchoveta, la distribuci3n de los peces es generalmente homog3nea, respecto al tamaño y a la condici3n de las g3nadas, por lo cual la estimaci3n de la fracci3n de hembras en desove se relaciona con el tipo de muestreo aplicado, situaci3n que es evidente



durante la 3poca de mayor actividad de desove. De acuerdo al conocimiento del proceso reproductivo de la anchoveta, en per3odos sin perturbaci3n ambiental, los card3menes desovantes, caracterizados por el predominio de machos, se separan de aquellos que est3n en otra condici3n reproductiva. Este comportamiento ha sido observado por otros investigadores (Blaxter y Hunter, 1982; Oliva *et al.*, 1989; Mart3nez *et al.*, 1992, 1993, 1994; Claramunt *et al.*, 1996, 1997).

El dise1o de muestreo orientado a estudiar los par3metros de adultos correspondi3 al de conglomerado bi-et3pico, donde las unidades de primera etapa corresponden a los "lances" de pesca y las unidades de segunda etapa a los "peces capturados" en cada lance.

El dise1o de muestreo empleado en las diez aplicaciones del MPH en el 3rea de estudio ha permitido concluir que con 40 lances efectivos se puede estimar en forma 3ptima los par3metros de adultos. Al respecto, cabe se1alar que en estudios precedentes del MPH en Chile se han realizado 50 lances (Rojas y Oliva, 1993), 40 lances (Claramunt *et al.*, 1996), 32 lances (Claramunt *et al.*, 1997), 60 lances (Oliva *et al.*, 1998), 51 lances (Oliva *et al.*, 2000), 60 lances (Oliva *et al.*, 2001), 60 lances (Oliva *et al.*, 2002), 60 lances (Oliva *et al.*, 2003), 60 lances (Braun *et al.*, 2004) y en Per3 40 lances (Ayon, P. y B. Buitron, 1997).

En t3rminos de n3mero de peces procesados y en un sentido estad3stico es m3s eficiente medir o examinar pocos peces y realizar un gran n3mero de lances, que tomar una gran cantidad de peces dentro de un bajo n3mero de lances.

En cada uno de los lances efectuados, se muestrearon como m3nimo 100 ejemplares, registr3ndose su longitud total y estadio de madurez sexual macrosc3pico. Con esta informaci3n se logr3 obtener la composici3n de tama1os



por sexo de los ejemplares de anchoveta durante el desarrollo del crucero, adem1s de obtener la proporci3n sexual en peso.

De acuerdo a esto, se pudo tener una apreciaci3n visual en terreno (a tiempo real) de la condici3n reproductiva de la anchoveta durante el desarrollo del crucero de adultos. Los resultados indicaron que todas las hembras de cada lance efectivo se encontraron con actividad gonadal de desarrollo ovocitario y de desove. Este antecedente es corroborado por el Monitoreo de la Actividad de Desove de la Anchoveta en la I y II Regiones, que fundamenta el inicio del crucero, indicando una m1xima actividad de desove en agosto y septiembre de 2004.

Las muestras se colectaron desde la cubierta de la embarcaci3n con baldes, obteniendo anchovetas vivas sin golpes y con la m1nima p1rdida de escamas.

El muestreo consisti3 en abrir los ejemplares desde el ano hasta las aletas pectorales, seleccionando aquellos especimenes vivos, los cuales fueron inmediatamente fijados en formalina al 10% buferada (introducidos completamente en el fijador), la que se preparo seg1n Santander *et al.* (1984), Hunter (1985), Oliva *et al.* (1989), Rojas y Oliva (1993), Oliva *et al.* (1998) y consiste en:

- 16,2 litros agua destilada
- 117 gramos fosfato de sodio dib1sico ($\text{Na}_2 \text{H PO}_4$)
- 72 gramos fosfato de sodio monob1sico ($\text{Na H}_2 \text{ PO}_4 \text{ H}_2\text{O}$)
- 1,8 litros soluci3n de formaldehido (37%)

Para asegurar el efecto del agente de fijaci3n y preservaci3n de los ejemplares, se fij3 un reducido n1mero de ejemplares por recipiente, es decir, 15 ejemplares por recipiente, donde cada recipiente posee una capacidad de 3,0 litros.



La fijación es una etapa esencial de la técnica histológica, siendo de gran importancia la rapidez. Se debe tener presente, la velocidad de penetración del fijador en los diversos tejidos para conseguir y asegurar una máxima fijación, con el fin de conservar lo más parecido posible al estado vivo y proteger del ataque bacteriano. Evitar la autólisis de los constituyentes fundamentales debido a sus propias enzimas celulares; ya que ésta llegaría a provocar la transformación de las proteínas en aminoácidos e insolubilizar los constituyentes celulares. También para evitar las distorsiones y retracciones que sobrepasen los límites compatibles con la obtención de cortes.

El formaldehído penetra rápidamente por lo que se puede fijar piezas de un tamaño considerable por inmersión, con lo cual se evita una minuciosa disección del material a fijar (a bordo). No provoca fenómenos de superfijación por lo que las piezas pueden permanecer en formaldehído mucho tiempo. Estas condiciones de empleo tan sencillas hacen que el formaldehído sea el mejor fijador de conjunto. Los núcleos y el citoplasma son fijados correctamente. El formaldehído con sales neutraliza el ácido fórmico de la solución, reduciendo de esta manera el grado de basófilia. Los defectos del fijador pueden ser corregidos fácilmente mediante una postfijación.

3.3.3 Fracción de hembras (Proporción de sexo) (R)

La fracción de hembras (proporción sexual) fue estimada para cada lance de una submuestra compuesta de los primeros 2.300 gramos de peces (Rojas y Oliva, 1993) o de 100 ejemplares recoleccionados al azar. Esta proporción fue estimada sobre la base del peso en vez del número.



Debido al efecto de la preservaci3n, el peso registrado fue ajustado por un factor de correcci3n por fijaci3n. El promedio de la muestra y la varianza se estimaron segun:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^* \bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n m_i^*}$$

$$Var(\bar{R}) = \frac{1}{n(n-1)} \frac{\sum_{i=1}^n m_i^{*2} (R_i - \bar{R})^2}{\bar{m}^{*2}}$$

donde:

$$R_i = \frac{W_i^H}{m_i^*}$$

\bar{R} : Proporción promedio de hembras sobre la base del peso por peso en porcentaje de todos los lances.

W_i^H : Corresponde al peso del total de la muestra de hembras en el lance i .

m_i^* : Corresponde peso de total de la muestra de ejemplares (machos y hembras) en el lance i .

n : Número de lances.

3.3.4 Peso promedio de hembras maduras (W)



De cada lance, las primeras 30 hembras maduras procesadas fueron utilizadas para la determinación del peso promedio del cuerpo. Se calculó el peso promedio para cada lance (\bar{W}_i) y la varianza de acuerdo a:

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^{m_i} m_i * \bar{W}_i}{\sum_{i=1} m_i}$$

$$Var(\bar{W}) = \frac{1}{n(n-1)} \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{W}_i - \bar{W})^2}{\bar{m}^2}$$

donde:

$$\bar{W}_i = \sum_{j=1}^{m_i} \frac{W_{ij}}{m_i}$$

- \bar{W}_i : Peso promedio del cuerpo de hembras maduras en el lance i.
 \bar{W} : Peso promedio del cuerpo de hembras maduras en todos los lances.
 m_i : Número de peces submuestreados desde cada lance i.
n : Número de lances.

El peso total del cuerpo de hembras, fue ajustado en aquellas hembras que histológicamente presentaron ovocitos hidratados u ovocitos con el núcleo emigrando hacia el polo, a través de la relación matemática que resulte entre el peso total del cuerpo y el peso del cuerpo sin gónada.

3.3.5 Corrección debido al fijador



Debido a que los peces se preservaron en formalina hasta su procesamiento en laboratorio, fue necesario aplicar una correcci3n a los registros de longitud y peso, ya que el fijador introduce una variaci3n en estos par3metros. De acuerdo a lo recomendado por Hunter (1985), en el sentido que dentro de los factores que influyen en esta variaci3n est3n las diferencias interespecíficas, tamaño de los peces, estado del pez cuando es preservado, tiempo en formalina y raz3n de formalina y diluyente. Por lo que los efectos de preservaci3n en formalina son muy específicos, siendo necesaria una calibraci3n para cualquier cambio en t3cnica, especie o estadio de vida. Este factor de correcci3n fue calculado como sigue: Una muestra de 30 machos y 30 hembras, se pesaron en fresco, para luego ser fijados, con la misma soluci3n y procedimiento a utilizar a bordo, siendo vueltos a pesar a intervalos regulares. El factor de correcci3n para cada par3metro y sexo, fue calculado como la media del porcentaje de variaci3n de las mediciones efectuadas despu3s de 48 h desde la fijaci3n.

3.4 Objetivo específico 2.4 “Estimar la producci3n diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instant3nea de los huevos”

3.4.1 Producci3n diaria de huevos, P_0 .

3.4.1.1 Clasificaci3n de los huevos de anchoveta de acuerdo a estadios de desarrollo

La clasificaci3n de los estadios de desarrollo de los huevos de anchoveta se efectu3 en la totalidad de las muestras, utilizando el criterio de Moser y Ahlstrom (1985), quienes dividieron el per3odo de desarrollo embrionario de los huevos de



anchoveta en 11 estadios, de acuerdo a los cambios morfol3gicos que se producen en el transcurso de la embriog3nesis (**Tabla 5**). Los huevos que no pudieron ser asignados a ninguno de dichos estadios, debido a opacidad o dalo en sus estructuras internas, se clasificaron como deteriorados (**DET**).

3.4.1.2 Determinaci3n de la edad de los huevos de anchoveta

La determinaci3n de la edad de los huevos de anchoveta se efectu3 mediante un procedimiento automatizado descrito por Lo (1985), el cual se program3 en Visual Basic for Applications. El procedimiento asigna la edad sobre la base de los datos de fase de desarrollo, temperatura del agua en el momento de la captura y hora de la pesca.

El modelo temperatura-estado de desarrollo dependiente, planteado por Lo (1985) es el siguiente:

$$y_{it} = a e^{(bt+ci)} i^d$$

donde :

y_{it} : edad promedio de los huevos del estado i -3simo a la temperatura t

a, b, c, d : par3metros del modelo

El ajuste del modelo a trav3s del estudio experimental entreg3 la siguiente expresi3n:

$$y_{it} = 16,07 e^{-(0,1145t+0,098i)} i^{1,74}$$



La estimaci3n definitiva de la edad (y_{itk}) corresponde a la edad promedio (y_{it}) obtenida del modelo de temperatura dependiente ajustada por la hora de la pesca (K) asumiendo que el m3ximo del desove se produce a las 22:00 horas y ajustando la edad por la porci3n del d3a desde las 22:00 horas previas hasta el momento de la recolecci3n para el d3a m3s cercano.

La expresi3n b3sica para la determinaci3n de la edad de los huevos es:

$$y_{itk} = y_{it} + k - T$$

donde:

i : fase de desarrollo

t : temperatura en °C

k : hora de la estaci3n

T : tiempo esperado para el huevo fase de desarrollo i, el cual se estima a trav3s de:

$$T = \text{residuo de } (Y_{it} + 22) / 24$$

Las decisiones de correcci3n seg3n la hora de la estaci3n (K) son:

$$y_{itk} = \begin{cases} y_{it} - G & \text{si } k < T - G \\ y_{it} + k - T & \text{si } T - G < k < T + G \\ y_{it} + G & \text{si } T + G < k \end{cases}$$

Donde G es el doble de la desviaci3n est3ndar de la edad dentro de cada estadio.

Los huevos de la categor3a DET (deteriorados) fueron asignados a un estadio de desarrollo seg3n los siguientes criterios de decisi3n (Hewitt *et al.*, 1984):



1. Huevos que pudieron ser identificados dentro de un rango de estadios, fueron asignados en forma ponderada de acuerdo a la proporci3n por estadio ya determinada para la muestra.
2. En aquellas estaciones en las que s3lo se encontraron huevos DET, estos fueron distribuidos aleatoriamente siguiendo una distribuci3n uniforme dentro del rango de estadios posibles.

3.4.1.3 Estimaci3n de la producci3n diaria de huevos en el mar y tasa de mortalidad

El par3metro P_0 , producci3n diaria de huevos en el mar, es el n3mero de huevos desovados por noche, por unidad de 3rea. Es el par3metro que aporta mayor varianza, raz3n por la cual actualmente se siguen buscando nuevas alternativas de aumento de la precisi3n del estimador. Utilizando el procedimiento entregado por Picquelle y Stauffer (1985), la abundancia de los huevos a las edades determinadas se analiz3 utilizando el siguiente esquema de muestreo sistem3tico: el 3rea de muestreo se dividi3 en rect3ngulos de $5 \times 10 \text{ m}^2$. En el centro de cada rect3ngulo se obtuvo una muestra de zooplancton equivalente a $0,05 \text{ m}^2$ de superficie. Este dise1o de muestreo asume que la distribuci3n de los huevos al interior de un bloque es independiente de la distribuci3n dentro de los bloques adyacentes (P. Smith, en Picquelle y Hewitt, 1983).

La estimaci3n de la Producci3n Diaria de Huevos, involucra la agrupaci3n por cohortes diarias, la inclusi3n de las estaciones "cero" dentro del 3rea de desove y en casos en que se esperan cohortes, pero 3stas no son muestreadas y



finalmente por el ajuste a trav3s de una regresi3n no lineal ponderada por el inverso del error est3ndar a intervalos de 0,5 d3as. La metodolog3a a seguir es:

- a) Una vez asignada la edad seg3n estadio, temperatura, hora de colecta y pico de desove diario (ya explicado en punto anterior) se acumulan los huevos de los estadios seg3n cohortes diarias (<1, 1, 2, 3 y 4 d3as). Seg3n la temperatura de la estaci3n pueden resultar hasta 4 cohortes diarias. La edad corresponde a un promedio ponderado por el n3mero de huevos en cada estadio. En aquellas cohortes que no se encontraron huevos se les asigna la edad esperada seg3n hora de colecta y pico de desove diario (i.e. 22:00 h).
- b) Se incluyen las estaciones negativas (sin huevos) que quedan circunscritas en lo que se define como 3rea de desove. Se les asigna la edad seg3n hora de colecta y pico de desove.
- c) Se excluyen los huevos menores a 4 horas por estar muy cercanos al pico de desove (submuestreo).
- d) Se excluyen los huevos en edades superiores, que por estar cercanas a la eclosi3n son submuestreados. Se puede aplicar un corte del 15-20% de las edades superiores o al 90% de la edad de eclosi3n seg3n la temperatura promedio o la mayor del crucero. Para el a3o 2004 se cort3 seg3n el 90% de la edad seg3n temperatura de la estaci3n.
- e) Se estima el error est3ndar del n3mero de huevos seg3n categor3as de 0,5 d3as.



- f) Se realiza el ajuste no lineal ponderado por el inverso del error estandar del n3mero de huevos seg3n categor3as de edad (0,5 d3as).

La producci3n diaria de huevos y la tasa de mortalidad son estimadas seg3n el modelo de regresi3n no lineal de tipo exponencial dado por el modelo:

$$P_t = P_0 e^{(-zt^*)}$$

donde:

- P_{t^*} = N3mero de huevos por 0,05 m² en la edad t^*
 P_0 = Producci3n diaria de huevos por unidad de 3rea (0,05 m²)
 z = Tasa instant3nea de mortalidad diaria de huevos
 t^* = Edad en d3as de los huevos

En el modelo el intercepto P_0 representa la producci3n diaria de huevos en $t^* = 0$, mientras z indica la tasa de mortalidad de huevos. Este modelo asume que todos los huevos son desovados y fertilizados a una hora fija y que est3n afectados por una tasa de mortalidad constante z .

La varianza de los par3metros se obtiene de la matriz de varianzas covarianzas de los par3metros del modelo una vez que el criterio de convergencia de la soluci3n m3nimo cuadr3tica ponderada se ha cumplido.

Una vez estimados los par3metros y sus varianzas asociadas, se estima el coeficiente de variaci3n ($CV[P_0]$), que en el caso de la producci3n de huevos queda expresado como:



$$CV[\hat{P}_0] = \frac{\sqrt{\hat{v}(P_0)}}{\hat{P}_0}$$

donde :

$v(P_0)$ = Varianza estimada de P_0

Luego se sigue con la metodologí3 ya aplicada, es decir se expande la producci3n diaria de huevos por unidad de á3rea (número de huevos/0,05 m²) al á3rea total de desove del recurso.

Cabe señalar, que en la búsqueda de estimadores de menor varian3a, Borchers *et al.*, (1997) plantean la utilizaci3n de modelos aditivos generalizados para estimar la producci3n diaria de huevos, alternativa que puede ser explorada en futuras aplicaciones del MPH en Chile.

El cálculo de la producci3n diaria de huevos ponderada para el á3rea total (P) es realizado desde el valor de P_0 y el á3rea ponderada por estratos, de esta manera:

$$P = \left(P_{01} \frac{A_1}{A} + P_{02} \frac{A_2}{A} \right) K$$

donde P_{01} y P_{02} corresponden a la producci3n diaria de huevos por unidad de muestreo para el á3rea de desove (A_1) y el á3rea negativa (A_2), respectivamente y A es el á3rea total del crucero ($A_1 + A_2$). K es un factor de conversi3n desde la unidad muestral a mn².

La varian3a ajustada de P para post-muestreo estratificado puede estimarse como:



$$S^2_{(P)} = \left(1 + \frac{I}{n}\right) \left(\frac{A_1}{A} S^2_{(P_{01})} + \frac{A_2}{A} S^2_{(P_{02})} \right)$$

la cual no incorpora el estrato 0, presumiendo que su varianza es igual a cero.

3.5 Objetivo espec3fico 2.5 “Estimar la proporci3n de estadios de madurez sexual microsc3picos y la fracci3n diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada.

3.5.1 An3lisis microsc3pico de los ovarios

Las variaciones de la condici3n reproductiva se determinaron a trav3s del an3lisis de la distribuci3n mensual de los estadios de madurez de los ovarios, en base al diagn3stico histol3gico del par3nquima gonadal, aplicando una escala microsc3pica espec3fica.

3.5.2 Estimaci3n de la fracci3n diaria de hembras desovantes (F)

El c3lculo de la frecuencia de desove se basa en el criterio utilizado por Hunter y Goldberg (1980). Cada ovocito hidratado est3 rodeado por un fol3culo alargado y fino, una capa epitelial de c3lulas granulosas y una 3nica capa externa de tejido conectivo de c3lulas con algunos capilares sangu3neos. Durante la ovulaci3n, los ovocitos completamente hidratados son liberados desde sus fol3culos. El fol3culo vac3o o fol3culo postovulatorio no se fragmenta y se mantiene3ntegro en el ovario, 3ste se deteriora r3pidamente y es reabsorbido.



Para usar los folículos postovulatorios en la estimaci3n de la frecuencia de desove, es necesario dividir el proceso de deterioraci3n y reabsorci3n del f3liculo en series de diferentes estadios histol3gicos, cada uno con una edad asignada. En la anchoveta, la edad de los folículos postovulatorios puede ser determinada solamente hasta 56 horas despu3s del desove.

La clasificaci3n por edad de los folículos postovulatorios se basa en los diferentes estadios de degeneraci3n por los que ellos atraviesan. La definici3n de 3stos se llev3 a cabo seg3n criterios discretos de las caracter3sticas citol3gicas y morfohistol3gicas (tamaño, forma aparente, aspectos de las células granulosa y del lumen).

En la clasificaci3n por edades de los folículos postovulatorios, se utilizaron criterios citol3gicos y morfohistol3gicos propuestos por Hunter y Goldberg (1980) para *E. mordax* y por Macewicz y Hunter (1993) para *Trachurus symmetricus*. Se asume que los cambios citol3gicos y morfohistol3gicos que experimentan los folículos postovulatorios de *E. ringens* son cronol3gicamente similares a los señaados para aquellas especies, lo cual permite la diferenciaci3n de folículos postovulatorios nuevos como tambi3n de día 1 y 2. Para la determinaci3n de la frecuencia de hembras desovantes se utilizaron s3lo los ovarios con folículos postovulatorios.

Los lances positivos fueron distribuidos en un ciclo completo de 24 horas y la edad de los folículos postovulatorios pudo ser determinada hasta 56 horas despu3s del desove, debido a que los folículos de mayor edad pueden ser confundidos con otras estructuras tales como folículos en estado atr3sico (Hunter y Goldberg, 1980; Hunter y Macewicz, 1980). En consecuencia, se separaron dos grupos independientes de folículos postovulatorios de 24 horas: los del día 1 con edad entre 9 y 32 horas, y los del día 2 con edad entre 33 y 56 horas. Debido a su



independencia, estos dos grupos se unieron logrando así duplicar el número de muestras (Alheit *et al.*, 1984).

Suponiendo que el muestreo de hembras hidratadas o de hembras de edad de día 1 ó de día 2 no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes por el lance i fue estimada por:

$$\bar{F}_i = \frac{m_{hi}}{m_i} \text{ o } \frac{m_{1i}}{m_i} \text{ o } \frac{m_{2i}}{m_i}$$

donde:

$$m_i = m_{hi} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}$$

y cada uno de los términos son:

m_{hi} = Número de hembras hidratadas en el lance i .

m_{1i} = Número de hembras de día 1 en el lance i .

m_{2i} = Número de hembras de día 2 en el lance i .

m_{ai} = Número de hembras que no han desovado entre las 9 y 56 horas (incluidas las hembras con folículos postovulatorios con una edad menor de 9 horas).

m_i = Número de hembras maduras en el lance i .

\bar{F}_i = Fracción desovante en el lance i .

Para corregir el sub-muestreo o sobre muestreo de hembras hidratadas y bajo la premisa de que la verdadera fracción de las hembras hidratadas es la misma que la fracción de las hembras del día 1 ó día 2, m_{hi} se reemplazó por:

$$m_{hi} = \frac{m_{1i} + m_{2i}}{2}$$

De esta forma, la fracción desovante del lance i es:

$$\bar{F}_i = \frac{\sum m_{1i} + m_{2i}}{2 \sum \left[\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai} \right]} = \frac{\sum m_{1i} + m_{2i}}{2 \sum m_{yi}}$$

A partir de esta expresión, se obtiene la fracción promedio de hembras desovantes total, de la forma:

$$\bar{\bar{F}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{F}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

cuya varianza es:

$$V(\bar{\bar{F}}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum \left(\frac{m_{yi}}{m} \right)^2 (F_{yi} - \bar{\bar{F}})^2$$

donde:

$\bar{\bar{F}}$ = Fracción promedio de hembras desovantes por día en todos los lances.

m_{yi} = $\left(\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} \right) + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}$ = Número corregido de hembras maduras en el i ésimo lance.

\bar{m} = Número corregido de hembras maduras en el i ésimo lance:

$$\bar{m} = \sum \frac{m_{yi}}{n}$$

n = Tamaño de muestra

3.6 Objetivo específico 2.6 “Estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal, el modelo de regresión correspondiente a esta



relación, y la fecundidad media poblacional, con sus respectivas varianzas.

La fecundidad se estimó de acuerdo al método gravimétrico descrito por Hunter y Goldberg (1980), Hunter *et al.*, (1985), Santander *et al.*, (1984), Oliva *et al.*, (1989) y Rojas y Oliva (1993).

Este método se basa en que todos los ovocitos hidratados en el interior del ovario son liberados en corto tiempo y el número de éstos reflejará la fecundidad parcial. Cabe mencionar dos ventajas comparativas respecto a otros métodos 1) ahorro de tiempo en su conteo (rapidez en la determinación) y 2) no hay dudas sobre la disgregación de las modas en los diagramas de frecuencia - tamaño de los ovocitos, debido a que los ovocitos hidratados se caracterizan por su enorme tamaño, transparencia y consistencia blanda.

Las hembras hidratadas fueron recolectadas de cada lance, preferentemente al atardecer, debido a que la hidratación ocurre generalmente entre las 16 y 23 horas (Rojas y Oliva, 1993).

Todos los ovarios que se recolectaron como hidratados fueron sometidos a un examen histológico descartándose aquellos que tenían indicios de desove (presencia de folículos postovulatorios) y seleccionando sólo aquellos que con seguridad estaban hidratados, los cuales se pesaron con una precisión de 0,01 g.

El procedimiento técnico de conteo se inició con la absorción del líquido superficial del ovario con papel filtro, submuestreando la mitad más grande del ovario. Se tomaron tres segmentos del tejido, uno del centro y dos de la parte media entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario. Estas tres submuestras fueron de



aproximadamente 0,2 g cada una, asegurando una cantidad no inferior a 100 ovocitos hidratados por submuestra.

Las submuestras se pesaron en una balanza analítica, con una precisi3n de 0,0001 g. Posteriormente, se colocaron en una cápsula petri cubriéndolas con gotas de glicerina (33%) y se contabilizaron bajo microscopio estereosc3pico.

El número promedio de los ovocitos hidratados de las tres submuestras (metodología descrita por Hunter *et al.*, 1985) fue utilizado para la estimaci3n del número total de ovocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial), de acuerdo a la siguiente expresi3n:

$$\bar{E}_i = \bar{n}_o W_i$$

donde:

\bar{E}_i = Fecundidad parcial (número total de ovocitos hidratados en el ovario).

W_i = Peso húmedo del ovario (g).

\bar{n}_o = Número promedio de ovocitos hidratados por gramo de submuestra.

El Método de Producci3n de Huevos requiere la estimaci3n de la fecundidad media poblacional o modal, es decir, del número de ovocitos liberados por una hembra promedio representativa del total de la poblaci3n de hembras maduras. Para ello es necesario ajustar un modelo que explique los datos de la fecundidad parcial en funci3n de un parámetro corporal. De acuerdo a lo reportado por otros autores (Santander *et al.*, 1984; Rojas y Oliva, 1993; Claramunt *et al.*, 1996 y en Claramunt *et al.*, 1997) el mejor modelo es el que se relaciona con el peso corporal (peso total menos peso g3nada). Se asumi3 que esta relaci3n es la que explic3 las variaciones



de la fecundidad parcial. Esto se probó mediante análisis de regresión y pruebas estadísticas, las que definieron el mejor modelo que explicó las variaciones de la fecundidad parcial en el período de estudio. Se utilizaron los siguientes modelos:

$$Y'_{ji} = a + bx$$

$$Y'_{ji} = a * x^b_{ji}$$

$$Y'_{ji} = a * b^{x_{ji}}$$

donde:

Y'_{ji} = Fecundidad parcial estimada de la hembra j en el lance i.

a y b = Parámetros del modelo (intercepto y pendiente).

X_{ji} = Peso corporal (peso total menos peso ovario) de la hembra j en el lance i.

La fecundidad parcial se calculó utilizando las hembras recolectadas en el área de muestreo (Regiones I y II). Se determinó una regresión entre la fecundidad parcial (número de ovocitos hidratados) y el peso del cuerpo de hembras sin gónada.

Las 30 hembras maduras de cada lance que se procesaron inicialmente fueron seleccionadas con el fin de estimar su fecundidad por medio del modelo de regresión de mejor ajuste.

La fecundidad media poblacional y su varianza se estimó siguiendo la metodología aplicada en el Método de Producción de Huevos descrita por Hunter **et al.** (1985):



$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{E}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

donde:

- \bar{E} = Fecundidad media poblacional.
 m_i = Número de peces muestreados en el lance i.
 \bar{E}_i = Promedio de la fecundidad parcial en el lance i.

Dado que para el promedio se utiliza la fecundidad parcial estimada a través del modelo de regresión, es decir, cada estimado tiene su propia varianza asociada, entonces la estimación de la varianza de la fecundidad media poblacional se debe ajustar para incluir esta variación adicional.

$$Var(\bar{E}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 \left[\frac{(\bar{E}_i - \bar{E})^2}{n-1} + \frac{S_h^2}{n_h} + (\bar{W}_i^* - \bar{W}_h^*) Var(\hat{\beta}) \right]}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n}$$

donde:

- \bar{E} = Estimado de la fecundidad media poblacional.
 \bar{E}_i = Promedio de la fecundidad para el lance i.
 S_h^2 = Varianza de la regresión.
 n_h = Número de hembras hidratadas utilizadas para ajustar la regresión.
 W_i^* = Peso corporal promedio para el lance i.



- W_h^* = Peso corporal promedio de hembras utilizadas en la regresión.
 $Var(\beta)$ = Varianza de la pendiente de la regresión.
 n = Número de lances.

3.7 Objetivo específico 2.7 “Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.

El método se basa en el modelo desarrollado por Parker (1980) y modificado por Stauffer y Piquelle (1980):

$$B = K \frac{P_o * A * W}{R * F * E}$$

donde:

- B = Biomasa desovante en toneladas métricas.
 P_o = Producción diaria de huevos en el área investigada (huevos producidos por 0,05 m² por día).
 A = Área de desove (en unidades de muestreo)
 W = Peso promedio de las hembras maduras (g) de la población.
 R = Proporción de sexos (fracción de hembras de la población en peso).
 F = Fracción de hembras maduras que desovan por día.
 E = Fecundidad parcial (número promedio de huevos desovados por hembra por desove).
 K = Factor de conversión de gramos a toneladas métricas.



La varianza de la estimación de la biomasa se calcula por el método delta (Seber, 1973, Stauffer y Picquelle, 1980), como una función de la varianza y covarianza de la estimación de los parámetros:

$$\begin{aligned} \text{Var}(B) = & B^2 \{ \text{Var}(P_o) / P_o^2 + \text{Var}(W) / W^2 + \text{Var}(R) / R^2 + \text{Var}(E) / E^2 \\ & + \text{Var}(F) / F^2 + 2[\text{Cov}(P_o W) / P_o W - \text{Cov}(P_o R) / P_o R - \text{Cov}(P_o E) / P_o E \\ & - \text{Cov}(RF) / P_o F - \text{Cov}(WR) / WR - \text{Cov}(WE) / WE - \text{Cov}(WF) / WF \\ & + \text{Cov}(RE) / RE + \text{Cov}(RF) / RF + \text{Cov}(FE) / FE] \} \end{aligned}$$

El cálculo de la varianza se simplifica, dado que el muestreo orientado a la estimación del P_0 , es independiente del muestreo destinado a la estimación de los parámetros de adultos (W, R, F y E). En este sentido, las covarianzas entre P_0 y los parámetros de adultos, son consideradas nulas, de forma tal que las covarianzas distintas de cero, son las correspondientes a los parámetros de adultos, las cuales se estiman de acuerdo a la expresión:

$$\text{cov}(\hat{\alpha}, \hat{\beta}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i k_i (\hat{\alpha}_i - \hat{\alpha})(\hat{\beta}_i - \hat{\beta})}{\bar{m} \bar{k} n(n-1)}$$

donde $\hat{\alpha}$ y $\hat{\beta}$ representa un par de parámetros de adultos, i indexa al lance, n es el número de lances, m_i es el número de hembras muestreadas para estimar $\hat{\alpha}_i$ en el lance i -ésimo, k_i es el número de hembras muestreadas para estimar $\hat{\beta}_i$ en el lance i -ésimo.

3.8 Objetivo específico 2.8 “Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las



bases de datos de los proyectos anteriores y los resultados del presente proyecto

Para efectuar el an3lisis integrado de las variables recolectadas se realiz3 un estudio espacio-temporal de la distribuci3n y abundancia de los huevos de anchoveta y de las variables oceanogr3ficas asociadas. Para ello se validaron los archivos de la base de datos correspondientes a 10 cruceros bio-oceanogr3ficos realizados en el per3odo de invierno entre los a3os 1992-2004. La informaci3n considera los siguientes registros: fecha, latitud y longitud de las lecturas de huevos de anchoveta y su correspondiente valor de densidad; asimismo, se utilizan los datos de temperatura y salinidad superficial provenientes de las estaciones oceanogr3ficas.

Se realiza adem3s una comparaci3n entre la distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta con la TSM, SSM, anomal3a geopotencial de superficie referida a 500 m, capa de mezcla, termoclina (profundidad de su base y espesor), cloa y fluorescencia *in vivo* de superficie.

3.8.1 Procesamiento de la informaci3n

Para el an3lisis integrado de las variables registradas tanto biol3gicas como oceanogr3ficas, se utiliz3 como plataforma de trabajo los sistemas de informaci3n geogr3fica (SIG) IDRISI (Eastman, 1995) y TNTmips (Microimages, 1997). El objetivo principal de la utilizaci3n del SIG es la de superponer distintos planos de informaci3n, por ejemplo datos bio-oceanogr3ficos, pesqueros o im3genes satelitales, para encontrar relaciones espaciales y temporales.

La confecci3n de mapas implico realizar previamente la georreferenciaci3n de la costa, que se obtuvo desde las cartas n3uticas electr3nicas (CNE) del SHOA,



mediante la técnica de Control de Puntos (Buttler *et al.*, 1990). Luego se confeccionaron los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplaron, la georreferencia con sus respectivos datos.

Con el objeto de relacionar y superponer los distintos planos de información, que poseen diferentes coberturas espaciales y distintas escalas y/o resoluciones geográficas, fue necesario transformar los mapas para que se encuentren en una idéntica escala espacial, de este modo las cartografías deben poseer una misma resolución y cobertura geográfica. Lo anterior significó generar imágenes en rasters que tengan similar cantidad de filas y columnas, a través del módulo RESAMPLE del SIG. Por otra parte, con el propósito de favorecer el análisis visual de las imágenes creadas, éstas fueron reclasificadas en clases de valores, los cuales se asocian a diferentes colores. Para ello se utilizaron dos módulos del SIG: a) módulo RASTER HISTO, que permite conocer y analizar la distribución de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas, y b) módulo REPLACE, que reclasifica los valores de las celdas de una imagen.

3.8.2 Análisis integrado

Con los SIG mencionados y para detectar la posible asociación entre la distribución de los huevos y los parámetros ambientales, se desarrollaron tres enfoques: a) se realizó un análisis espacial y visual de la información realizando la cartografía de las variables y explorando las correlaciones espaciales cruzadas (crosstabulaciones) y se calculó el número de celdas de huevos respecto de la temperatura y salinidad con el propósito de generar gráficos con la frecuencia (número de celdas) respecto de dichas variables, b) se estiman los centros de gravedad (CG) de las distribuciones de huevos de anchoveta; y c) se realizó un modelamiento estadístico de la densidad de huevos asociado a variables ambientales.



a) Análisis cartográfico entre la distribución de huevos de anchoveta y las variables oceanográficas

Para establecer las relaciones se realizaron asociaciones cruzadas entre la distribución de los huevos de la especie y las variables oceanográficas, se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de los huevos con respecto a la temperatura y la salinidad. Con esto se determinaron rangos óptimos de preferencia en relación a dichas variables.

Para establecer las relaciones entre las variables, en primer lugar se realizó un estudio visual (en pantalla) de las imágenes generadas, luego se ejecutaron asociaciones cruzadas entre la distribución de los huevos y las variables oceanográficas; posteriormente, se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución del ictioplancton con respecto a la temperatura y salinidad.

b) Determinación de los centros de gravedad (CG)

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

Para el cálculo del CG para cada crucero se utilizó la siguiente fórmula:

$$CG_n = \frac{\sum_{i=1}^m (Lat_{in} * Den_{in})}{\sum_{i=1}^m (Den_{in})}$$



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 de la i-ésima estación.

c) Modelamiento estadístico de la densidad de huevos asociado a variables ambientales

Existe más de una aproximación para realizar el análisis de los datos, puede ser en un enfoque diseño basado (Cochran, 1977) acorde con el diseño implícito en la toma de datos o modelo basado, sobre la base de la distribución de probabilidades de las variables. Los datos que se analizan se caracterizan por presentar una proporción importante de estaciones negativas (muestras en las cuales no se observan huevos), los que siguen una distribución delta (Aitchison & Brown, 1957; Pennington, 1983), donde los valores ceros son tratados separadamente y los valores positivos se ajustan a una distribución log-normal. Con el advenimiento de nuevas herramientas estadísticas, las componentes de la distribución delta han sido modeladas como función de factores o covariables a través de modelos lineales generalizados (McCullagh & Nelder, 1983; Stefansson, 1996) y/o modelos aditivos generalizados (Hastie & Tibshirani, 1990; Gordon *et al.*, 1992; Augustin *et al.*, 1998).

Dado que el objetivo de este análisis se orienta a conocer la relación entre las variables oceanográficas y la distribución de huevos de anchoveta, se hizo uso de estos últimos modelos. Inicialmente se propuso el empleo de modelos lineales generalizados, pero posteriormente se optó por los modelos aditivos generalizados (GAM), atendiendo a la naturaleza no lineal de los predictores de localización y



oceanogr3ficos considerados. El GAM es un m3todo estadístico, similar al de regresi3n cl3sica, pero con supuestos distribucionales m3s generales, adem3s de no suponer linealidad en las covariables. El GAM tiene la siguiente forma general (Hastie & Tibshirani, 1990).

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

La funci3n $g(\cdot)$ es la funci3n de enlace, la cual define la relaci3n entre la respuesta y el predictor lineal $\beta_0 + \sum_k S_k(x_k)$. La respuesta, y , se asume que se distribuye de acuerdo a una de una amplia familia de distribuciones estadísticas. El t3rmino x_k es el valor de la k -3sima covariable. El t3rmino β_0 es un intercepto, y $S_k(\cdot)$ es una funci3n de suavizamiento unidimensional para la k -3sima covariable.

Las variables de inter3s a modelar correspondieron a la presencia y a la densidad de huevos (n3mero x 0,05 m²) dada la presencia de 3stos. Ambas variables fueron modeladas separadamente, como una funci3n de variables de localizaci3n (latitud, longitud) y oceanogr3ficas (salinidad y temperatura), las cuales fueron introducidas en el modelo a trav3s de funciones no-param3tricas suaves, de la forma de los suavizadores splines c3bicos (Hastie y Tibshirani, 1990); adem3s, se incorpor3 un predictor lineal correspondiente al a3o. Este 3ltimo factor permite conocer la tendencia del 3ndice, en un contexto interanual, para la probabilidad media de 3xito (presencia) y para la densidad de huevos dada su presencia.

La variable de respuesta, presencia de huevos, fue modelada considerando una distribuci3n de probabilidad binomial con una funci3n de enlace logit, sobre esta base se realizaron los ajustes y se probaron adem3s, los m3todos alternativos de cuasi-verosimilitud y robusto. Finalmente, se seleccion3 del m3todo de ajuste



robusto de cuasi-verosimilitud basado en el criterio de Cp de Mallows (Neter *et al.*, 1990).

En el caso de la variable densidad de huevos, en la modelaci3n se utilizo la distribuci3n de probabilidad log-normal por lo tanto, el modelo utilizado considera el logaritmo de la densidad de huevos como respuesta, con distribuci3n normal y funci3n de enlace identidad. Los ajustes empleados adem3s del cl3sico fueron cuasi-verosimilitud y robusto, seleccion3ndose sobre la base del criterio de Cp de Mallows, un ajuste robusto.



VII. RESULTADOS POR OBJETIVO ESPECIFICO

1. Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio del crucero

El seguimiento del IGS en lo transcurrido del año 2004 (24.592), indicó un descenso en enero, con un período de reposo relativo de febrero a junio, intensificándose abruptamente la actividad reproductiva en julio, con un desove importante en agosto-septiembre, condición que comenzó a disminuir en octubre de 2004 (**Figs. 3 y 4**).

Cabe señalar que para el inicio de crucero se utilizó la información a nivel macroscópico y microscópico del monitoreo reproductivo de la anchoveta del proyecto: "Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Norte, año 2004", analizando la tendencia del IGS.

El cálculo de los índices microscópicos se sustentó de la observación histológica de las 2.219 hembras analizadas (100% de la muestra), de tal manera de intensificar y precisar el monitoreo de la actividad reproductiva de la anchoveta en el período de incremento del IGS. El número de hembras analizadas resultó satisfactorio en la medida que el análisis microscópico entregó información precisa y detallada de los cambios que acontecieron asociado al proceso de maduración del ovario, corroborando y confirmando la tendencia observada a través del IGS.

El cálculo del índice de actividad de desove (IAD) requiere de la observación sistemática del ovario contabilizándose la presencia de folículos postovulatorios de diferentes edades y de los ovocitos hidratados, para estimar la proporción de individuos que alcanzaron este estado en el stock parental maduro. El análisis



histol3gico de las g3nadas se realiz3 de acuerdo al procedimiento descrito por Hunter y Goldberg (1980) y Hunter y Macewicz (1980) (**Tablas 1 y 2**).

$$IAD = \frac{\text{Hembras con fol3culos postovulatorios d3a 0 + d3a 1 + Hembras hidratadas}}{\text{N}^\circ \text{ hembras maduras}} * 100$$

El c3lculo del 3ndice de atresia ov3rica requiere conocer el porcentaje de hembras con presencia de ovocitos atr3sicos y resulta un indicador inverso al IAD.

$$IAO = \frac{\text{N}^\circ \text{ hembras en estado de atresia ov3rica}}{\text{N}^\circ \text{ hembras maduras}}$$

El an3lisis microsc3pico efectuado a las anchovetas recolectadas en la I y II Regi3n, evidenci3 para el mes de agosto, el inici3 de una actividad reproductiva masiva, caracteriz3ndose 3sta, por la presencia de ovarios con ovocitos vitelog3nicos, hidratados y presencia de fol3culos post-ovulatorios

El pleno desove, corroborado por la incidencia de ovocitos vitelog3nicos, hidratados y la presencia masiva de fol3culos post-ovulatorios, se manifest3 entre la primera quincena de agosto y segunda quincena de septiembre de 2004, observ3ndose durante este per3odo los mayores valores del 3ndice de actividad de desove (**Figs. 5 y 6**).

El an3lisis de los ovarios durante el mes de octubre, indic3 que a3n este recurso se encontraba desovando pero con una menor intensidad, visualiz3ndose indicios de atresia ov3rica, con un valor m3ximo de 10% en la cuarta semana de octubre (**Tabla 6**).



Los valores de IGS en el primer semestre de 2004, así como el IAD para julio fueron similares a los observados en el año 2002, pero distintos a los registrados en el invierno de 2003 y del patrón reproductivo histórico, lo que indica un retraso del inicio del proceso reproductivo poblacional descrito para esta especie en la zona norte de Chile.

Las actividades de muestreo de anchoveta, tanto de huevos como de adultos, se desarrollaron en el período de máxima actividad reproductiva.

2. Objetivo específico 2.1 “Determinar la distribución y abundancia de huevos de anchoveta”

De los 649 lances planctónicos efectuados con red CalVET, se obtuvieron 208 registros positivos, con un total de 12.079 huevos/ 0,05 m². La media de huevos por estación positiva en invierno de 2004 alcanzó a 58 huevos (DS = 140,6), cifra 19,4% menor respecto a la obtenida en invierno de 2003 y a la vez levemente menos dispersos (media huevos por estación positiva = 72; DS = 140,6); situación que señala una actividad reproductiva a lo largo de toda la zona prospectada (**Figs. 7 y 8**).

Con relación a la intensidad y extensión espacial del desove, las densidades promedio por estaciones positivas y totales, muestran situaciones distintas con respecto al invierno de 2003. Es así, como la intensidad de desove exhibe una disminución igual a -19,44%, experimentando la cobertura geográfica de huevos un incremento del orden de 11,76% (**Tabla 7**).

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre



punta Carrizalillo ($26^{\circ}00'S$) y Arica ($18^{\circ}25'S$), no reconociéndose registros positivos a huevos, frente a punta Lavata ($25^{\circ}40'S$) y entre punta Piedra ($24^{\circ}40'S$) y caleta Botijo ($24^{\circ}30'S$) y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 80mn al oeste de punta Aña ($22^{\circ}00'S$), Cerro Tolar del Carmen ($21^{\circ}50'S$), punta Arenas ($21^{\circ}40'S$) y punta Chileno ($21^{\circ}00'S$), respectivamente. En términos generales, la abundancia promedio de las estaciones positivas por transecta para los huevos de anchoveta, tendió a disminuir de costa a mar afuera y de norte a sur (**Fig. 9**).

Los focos de desove más intensos (> 350 huevos/ $0,05m^2$) se localizaron en el sector costero frente a isla Alacrán y oceánico frente a Arica (40mn), frente a mejillones del Norte ($19^{\circ}50'S$) y punta Piedra ($20^{\circ}10'S$), a 10mn al oeste de punta Yapes ($20^{\circ}40'S$) y frente a punta Chileno ($2^{\circ}30'S$) y a 40 mn de punta Copaca ($22^{\circ}20'S$), cuyas abundancias en conjunto representaron el 38,97 % respecto del total de huevos de anchoveta cuantificados. En este contexto, la estación con la densidad más importantes (> 1.250 huevos) se localizó a 40 mn del puerto de Arica (**Fig. 7**).

En relación al número de huevos, el invierno de 2004 presentó con respecto al crucero MPH precedente una tasa de cambio positiva igual a 30,4%, constituyéndose en el segundo registro más importante de la serie 1992 – 2004 (**Fig. 10**).

3. Objetivo específico 2.2 “Registrar las condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos de anchoveta”

3.1 Vientos.

El registro de la intensidad de los vientos predominantes medidos en forma horaria durante el crucero, que corresponden a un total de 847 observaciones (**Fig. 11a**), señaló que el 64% de ellos estuvo bajo el valor de 5 m/s, mientras que un 33% estuvo entre 5 y 10 m/s y el restante 3% tuvo valores por sobre los 10 m/s. Del



total de registros, sólo un 1%, aproximadamente, correspondió a una condición de calma (intensidad cero). Las velocidades máximas observadas fueron de 16 m/s (aproximadamente 30 nudos) y se registraron en el sector oceánico frente a punta Tres Picos (24°30'S).

En relación a los sectores de mayores intensidades del viento, estos fueron los de Mejillones a punta Tres Picos y el sector de punta Ballenita, ambos con un valor promedio cercano a 6,5 m/s; y el sector que va de caleta Chipana a punta Arenas, con 6,0 m/s. De Antofagasta al norte, las intensidades del viento fueron en general menores a las del resto de la zona hacia el sur, registrándose las más bajas en el sector entre Punta Junín y Arica, con un promedio de sólo 3,5 m/s. En general, en la zona de estudio predominó el viento del segundo y tercer cuadrante, que comprende el 82% de los registros y el 72% (del total de observaciones) a aquellos de dirección entre 135° y 225° (entre SE y SW). Algunos sectores tuvieron eventos de viento del primer y cuarto cuadrante (con componente norte), los cuales se observaron entre rada Paposo a punta Ballenita (25° a 26°S de latitud) y frente a punta Copaca, entre algunos otros casos que se presentaron en forma muy aislada, sin embargo, sus intensidades son bajas y en promedio no superan los 4 m/s (vientos provenientes entre 320° y 40°).

El índice de surgencia (IS) promedio por grado de latitud (obtenido con las mediciones horarias hasta las 30 mn de la costa) (**Fig. 11b**), señaló una tendencia de presentar en la zona de estudio mayores valores desde Antofagasta hacia el sur. El máximo valor positivo fue de 1820 m³/s por 1000 m de costa y correspondió al valor promedio de los vientos medidos entre la latitud 26° y 27°S, seguido en magnitud por el IS de 1174 m³/s por 1000 m de costa de aquellos entre los 24° y 25°S. Los menores IS positivos se presentaron en las cercanías de Arica y caleta Chipana, ambos con un valor cercano a los 300 m³/s por 1000 m de costa. El



mayor valor promedio negativo de IS, es decir transporte hacia la costa, fue de $616 \text{ m}^3/\text{s}$ por 1000 m de costa, y se localizó entre los 25° a 26°S de latitud.

El índice de turbulencia (IT), asociado a la intensidad del viento (**Fig. 11c**), tuvo en el área costera promedios latitudinales máximos de 520 y $409 \text{ m}^3/\text{s}^3$, en el sector sur de la zona, frente a punta Tres Picos y Chañaral. En el área oceánica, también el máximo IT se ubicó frente a punta Tres picos, con $576 \text{ m}^3/\text{s}^3$. Los menores IT se encontraron en el extremo norte de la zona de estudio, Arica a Iquique, por ejemplo, con valores cercanos a $50 \text{ m}^3/\text{s}^3$.

3.1.1 Índice de surgencia instantáneo y promedio de estaciones fijas (aeropuertos de Antofagasta e Iquique).

Las series de índice de surgencia instantáneo (**Fig. 12**) de ambas estaciones fijas mostraron una semejanza en el comportamiento general. Es decir, ambas son positivas o negativas simultáneamente en la mayoría de los casos, sin embargo en la magnitud del índice se registraron diferencias, principalmente en aquellos eventos que registran índice negativo. En este sentido, los IS correspondientes a Antofagasta (**Fig. 12a**) fueron mayores, como se aprecia los días 5 y 29 de agosto, donde se calculó un valor cercano a los $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ por 1000 m de costa (en adelante se indicará sólo m^3/s), mientras los IS de Iquique (**Fig. 12b**) llegaron sólo a un valor próximo a $500 \text{ m}^3/\text{s}$. En el caso de los IS positivos, que corresponde a la mayoría de los registros de la serie, se observó diferencia también en algunos casos, pero que no fue tan notoria como en los IS negativos, encontrándose también eventos en que la estación de Iquique tuvo IS mayores. En la serie filtrada, se observó más claramente y confirmó la situación señalada respecto a la simultaneidad de los eventos y la diferencia de magnitud, indicando que la estación de Antofagasta tuvo mayores IS, pero sólo en algunos casos, siendo los otros más bien de magnitud similar.



Eventos simultáneos de índice de surgencia negativo, es decir que ocurren en ambas estaciones al mismo tiempo, se registraron los días 5, 24, 27 a 30 de agosto y los días 2, 5 y 12 de septiembre. El más importante de estos, tanto en magnitud como en extensión temporal, fue el correspondiente al del 27 a 30 de agosto, momento en que comenzaba el crucero y que debe haber coincidido con la realización de al menos las 4 primeras transectas. En el caso de los IS instantáneos positivos, estos se registraron a lo largo de todo el crucero con un máximo de IS instantáneo de 2500 m³/s e IS promedio de 1000 m³/s en Iquique, los días 4, 17 y 22 de septiembre.

3.2 Temperatura superficial del mar

En el invierno de 2004, la temperatura superficial del mar (TSM) del área de muestreo (**Fig. 13a**), presentó un rango comprendido entre 13,3 y 19,2°C, el primero registrado a 1 mn de la costa frente a la punta norte de la Península de Mejillones y el segundo valor en la estación ubicada a 100 mn frente a punta Madrid (Lat. 18°40'S). En el sector oceánico de la parte norte del área de estudio, que va desde Arica (T47) a punta Copaca (T23), las TSM fueron > 17 °C, con un foco que superó los 18 °C entre Arica y punta Junín (T39). En el sector costero, el gradiente térmico se observó más fortalecido en la parte norte del área de estudio y el principal foco de aguas frías se ubicó rodeando la península de Mejillones.

La anomalía de TSM (**Fig. 13b**) del sector oceánico tuvo valores positivos prácticamente en toda el área, formando algunos focos de valores > 1 °C. El foco de mayor tamaño se ubicó en el sector oceánico entre Arica (T47) y punta Madrid (Lat. 18°40'S, T43), otro frente a punta Lobos (T31), un tercero frente a punta Copaca (T23), y finalmente dos focos pequeños en la transecta de rada Paposo (T7), siendo uno de ellos costero y el otro oceánico. En el sector costero las



anomalías fueron principalmente negativas, donde los principales focos tuvieron valores de anomalías > 1 °C (absoluto). La mayor anomalía negativa de este sector se registró en la punta norte de la península de Mejillones (Lat. 23°10'S) con $-1,9$ °C, el que forma parte de un foco frío que se extiende hacia el norte hasta punta Copaca (T23). Otros tres focos de similar valor, pero de una menor extensión, se registraron en las estaciones costeras de: punta Lobos (T31), desde punta Junín (T39) a punta Camarones (Lat. 19°20'S), y en la estación de 1 mn en la Latitud 18°40'S.

3.3 Salinidad superficial del mar

La salinidad superficial (SSM) (**Fig. 13c**), presentó un gradiente paralelo a la costa desde bahía Moreno (T15) hasta el límite norte. En este sector se destacó un foco de baja salinidad ($< 34,7$) que se ubicó entre las 20 y 40 mn de la transecta de punta Copaca (T23), mientras que en el sector oceánico que va desde punta Lobos (T31) al norte, la SSM tuvo concentraciones superiores a 35 psu. En el sector sur, entre bahía Moreno (T15) y punta Ballenita (T2) la SSM del área costera fue inferior a 34,8 psu, mientras que en el área oceánica del sector señalado ésta estuvo en el rango de 34,6 a 34,8 psu.

La anomalía de SSM (**Fig. 13d**), presentó en la zona un amplio predominio de valores negativos. Las mayores anomalías, que llegaron hasta $-0,4$ psu, se registraron a 40 mn en la transecta de punta Copaca (T23), en tanto que en el sector norte las mayores anomalías negativas superaron los 0,2 psu (absoluto) en un foco ubicado entre las 20 y 40 mn sobre la sección de punta Junín (T39). En el sector oceánico, desde punta Patache (Lat. 20°50'S, T32) hasta rada Paposos (T07), se registró una franja de anomalías positivas de SSM, pero con valores que en general no superaron los $+0,1$ psu.



3.3.1 Temperatura en el nivel de 50 m y diferencia térmica con el nivel superficial.

La temperatura en el nivel de 50 m (**Fig. 14a**) tuvo un amplio rango de valores, el que fue de 11,89° a 16,93°C, sin embargo, en la franja costera desde Iquique a punta Ballenita el rango de valores fue 12° a 13°, y de 13° a 14°C entre Arica e Iquique. El rango en el sector oceánico fue más estrecho, principalmente entre Arica y punta Junín, en donde predominaron los valores de 13 a 14°C, mientras que hacia el sur de punta Junín el rango aumentó de 14 a >16°C. Los valores de temperatura más altos se ubicaron en el sector oceánico, en forma de dos lenguas en sentido NE, la primera desde punta Copaca a punta Lobos y otra desde punta Tres Picos a punta Ballenita. Un área oceánica no menor fue ocupada por temperaturas entre 14° y 15° a lo largo de toda la zona.

La diferencia térmica entre superficie y el nivel de 50 m (**Fig. 14b**) mostró un claro aumento de los valores en sentido sur-norte, valores que estuvieron en el rango de 0,3° a 5,7°C. El máximo se localizó frente a punta Pinto, a 50 mn de la costa, y el mínimo a 60 mn de la costa en la Transecta 3. El sector oceánico de la zona, en general, se caracterizó por valores > 4°C entre Arica y Punta Junín, de 2 a 4°C entre punta Junín y punta Arenas, de 1° a 3°C entre esta última localidad y punta Tres picos, y por diferencias menores a 1°C hacia el sur. El sector costero de toda la zona presentó una diferencia cercano a 1°C respecto al valor encontrado en el sector oceánico respectivo.

3.3.2 Salinidad en el nivel de 50 m y diferencia salina con el nivel superficial.

La salinidad en este nivel de profundidad (**Fig. 14c**) también se presentó con un amplio rango de valores, el que fue de 34,38 a 34,99 psu. Desde Arica a



Antofagasta hubo un amplio predominio de valores entre 34,7 y 34,9 psu, mientras que desde Antofagasta al sur los valores fueron de 34,5 a 34,7 psu. Los valores máximos, > 34,9 psu, se encontraron en el sector oceánico entre Tocopilla y caleta Chipana. El mínimo, que corresponde a valores inferiores a 34,5 psu, se ubicaron como un pequeño foco frente a punta Coloso, centrado en las 30 mn de la costa.

La diferencia de salinidad (**Fig. 14d**) entre superficie y el nivel de 50 m tuvo un rango que incluyó valores negativos, el cual fue desde -0,3 psu a valores positivos con un máximo de 0,43 psu. La mayor diferencia de salinidad se encontró a 100 mn frente a Arica y la menor se ubicó a 40 mn frente a Tocopilla. El sector costero se caracterizó por presentar valores negativos, mientras que en el sector costero predominaron valores positivos, mostrando algunos focos aislados de estos últimos en el sector oceánico desde Tocopilla al sur. Las mayores diferencias en el sector costero fueron de -0,2 a -0,3 psu, y se registraron frente a punta Copaca en un pequeño foco. En general se puede indicar que desde Arica a punta Arenas se registran diferencias de salinidad > 0,1 psu, y desde esta localidad hasta el límite sur se registraron preferentemente valores de diferencia entre 0 y 0,1 psu, con algunos focos pequeños de valores negativos y positivos.

3.4 Profundidad de la isoterma de 15 °C

La profundidad de la isoterma de 15 °C (ZI15) (**Fig. 15a**), mostró un gradiente costa océano a lo largo de toda el área de estudio. En el sector oceánico desde punta Plata (T8) hasta la T1 en el extremo sur de la zona, la ZI15 se mantuvo en general bajo los 50 m de profundidad, siendo este sector el de mayores profundidades relativas, el cual presentó un máximo de 98 m. Desde punta Plata hacia el norte, la ZI15 del sector oceánico estuvo en el rango de 30 a 60 m y gran parte del sector costero presentó ZI15 inferiores a 10 m, observándose incluso



profundidades mínimas de ubicación de esta isoterma, es decir muy próximas a la superficie, en las estaciones costeras de punta Ballenita (T02).

Las anomalías de ZI15 (**Fig. 15b**) fueron negativas en casi toda la zona de estudio. Frente a punta Camarones (T40) se ubicó un foco de anomalías negativas mayores a > 30 m (absoluto) y otro foco lo hizo entre Tocopilla y punta Hornos el cual abarcó desde las 10 hasta las 50 mn y en él se registró el máximo de -45 m. El único foco de anomalías positivas, y mayores a 10 m, se ubicó entre punta Tres Picos y el límite sur, extendiéndose desde el sector costero de las 5 mn hasta las 50 mn de la costa. El máximo positivo fue de 43 m y se registró a 15 mn de la costa en la latitud $24^{\circ}30'S$.

3.5 Circulación geostrófica superficial

La anomalía geopotencial de superficie, referida a 500 m de profundidad (**Fig. 15c**), mostró una variedad de direcciones de flujos y la presencia de giros de mesoescala distribuidos a lo largo de la extensa zona de estudio. El flujo geostrófico en los sectores sin presencia de giros tuvo una dirección principalmente hacia el norte y hacia la costa, no observándose flujos hacia el sur (no asociados a giros) que se destaquen. Los giros mencionados se localizaron claramente en el sector oceánico desde el límite norte hasta los $25^{\circ}S$, y son tanto de característica ciclónica como anticiclónica. Del primer tipo de giros se presentaron 2, ubicado uno frente a punta Camarones, centrado en los $19^{\circ}20'S$, mientras que el segundo lo hizo frente a Mejillones, en los $23^{\circ}S$. Los giros anticiclónicos se observaron uno frente a caleta Patillos en los $20^{\circ}40'S$ y centrado en los 70 mn, y el otro lo hizo frente a rada Paposos en los $25^{\circ}S$ y abarcó toda la sección de muestreo hasta las 100 mn.

3.6 Capa de mezcla



La capa de mezcla (CM) (**Fig. 16a**) en la zona norte hasta Mejillones fue pr3cticamente inexistente ya que en general 3sta tuvo un espesor menor a los 5 m, salvo por un foco de espesor > 5 m frente a Iquique y punta Lobos (T31), ambos en el sector oce3nico. Desde Mejillones al sur, la situaci3n fue distinta ya que se encontr3 CM mayores a 10 m, excepto en la franja costera que mantuvo espesores m3nimos. A 50 mn frente a Mejillones y a 35 mn frente a punta Ballenita (T2), se registraron los espesores m3ximos de la CM, los cuales fueron de 46 m en ambos casos.

3.7 Termoclina

El espesor de la termoclina (ET) fluctu3 entre 0 y 39 m (**Fig. 16b**), registr3ndose el m3ximo de ET de 39 m en el sector oce3nico norte a 50 mn frente a punta Pinto (T44), seguidos por un foco de profundidades mayores a 20 m que abarc3 el sector oce3nico desde Arica a punta Madrid (T42). Hacia el sur de bah3a Moreno (T15) el ET fue, en general, inferior a 10 m, sin embargo, en la zona costera, los ET fueron mayores a 10 m y se registraron focos de espesores mayores al nivel se3alado en forma aislada en el sector oce3nico.

La temperatura base de la termoclina (**Fig. 16c**) tuvo un rango de valores entre 12,3° y 17,4° C, sin embargo, en la zona predomin3 el rango de 13 a 15°C, quedando los valores extremos formando n3cleos aislados y peque3os. El rango de 14 a 15°C predomin3 desde los 21°S hasta el l3mite norte de la zona, y desde esa latitud hacia el sur la temperatura base de la termoclina estuvo preferentemente entre 13° y 14°C. En esta 3ltima zona se registraron n3cleos aislados de 14° a 15°C, como tambi3n valores menores a 13°C, sin embargo, lo hicieron ocupando un 3rea limitada.



La profundidad base de la termoclina (**Fig. 17a**) estuvo en el amplio rango entre 3 y 100 m. En la zona costera desde Arica (T47) a punta Plata (T08) la profundidad de la base de la termoclina fue inferior a 20 m, registrándose en la estación de 1 y 10 mn en la sección de los 24°10'S, su menor nivel de profundidad. Tanto el sector costero de rada Paposos como el de punta Ballenita, registraron los mayores niveles de profundidad de la termoclina del sector costero, con niveles que llegaron hasta 70 m. El sector oceánico, por su parte, registró en general una profundidad de la termoclina superior a 40 m, sin embargo, las máximas profundidades se encontraron desde punta Plata hacia el sur. En este sector, la mayor profundidad se registró en la estación de 60 mn frente a Tal Tal (T05), donde el nivel de la base de la termoclina llegó a 100 m. Otro sector oceánico con un máximo relativo corresponde al foco que va de Mejillones a Punta Lobos, en sentido Noreste, que registró más de 60 m de profundidad.

El gradiente de temperatura promedio de la termoclina (**Fig. 17b**) fluctuó entre 0,06 y 0,37°C/m. La mayor parte de la zona de estudio presentó valores inferiores a 0,2°C/m, observándose los mayores valores en focos aislados frente a punta Camarones en la mitad norte y frente a Antofagasta en la mitad sur.

El gradiente máximo de la termoclina (**Fig. 17c**) presentó un rango entre 0,11 y 1,09°C/m, registrándose el máximo en la estación de 30 mn frente a los 19°S. En el sector entre Arica (T47) y punta Plata (T08), el gradiente máximo se mantuvo por sobre los 0,2°C/m en la mayor parte de las estaciones, observándose un foco de > 0,4°C/m a 70 mn en el área oceánica entre Arica e Iquique, y otro foco ubicado a 70 mn entre Mejillones y bahía Moreno (T15). Al sur de punta Plata el gradiente disminuyó fluctuando entre 0,1 y 0,2 °C/m.

La profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (**Fig. 17d**) estuvo entre 2 y 20 m en la zona costera del sector correspondiente entre Arica



(T47) y punta Tres Picos (T11). Al sur de esta última localidad el gradiente máximo se profundizó notoriamente llegando incluso hasta los 70 m. En el sector oceánico, las mayores profundidades se registraron en el área de punta Tres Picos hasta el límite sur de la zona de estudio. Desde punta Tres Picos, el máximo gradiente se localizó entre 40 y 60 m de profundidad hasta la cuadra de Iquique, y desde esta localidad al norte lo hizo entre los niveles de 20 y 40 m.

3.8 Temperatura vertical

La distribución de temperatura en la vertical se muestra en la **Fig. 18**. Esta variable se caracterizó por presentar gradientes térmicos verticales o termoclinas más intensas hacia el norte de la zona. Las temperaturas más altas de la capa superficial se registraron también hacia la mitad norte de la zona, sector oceánico, con valores máximos en superficie que superaron los 18°C, mientras que hacia el extremo sur de la zona los valores no llegaron a 17°C.

A nivel subsuperficial, la temperatura no mostró algún cambio notorio en sentido norte a sur, lo que se evidencia por la permanencia de niveles promedio similares de las isotermas a lo largo de la zona de estudio, al menos entre Arica y rada Paposo. La isotermas subsuperficiales presentaron, sin embargo, una variación de la profundidad de ubicación en un sentido este-oeste, principalmente en las transectas de rada Paposo (T07), bahía Moreno (T15) y Arica (T47), observándose en estas secciones, como las isólinea de 12°C cambio de nivel de profundidad, en algunos casos en hasta 100 m, en el sector central de ellas.

3.9 Salinidad vertical

La distribución de salinidad en la vertical (**Fig. 19**) presentó diversas estructuras en sentido norte - sur y de este a oeste. Entre Arica y bahía Moreno, predominaron



las salinidades de mayor valor relativo, principalmente en el sector oceánico, mientras que hacia la costa la situación fue variada, encontrándose bajas salinidades en las secciones de punta Lobos (T31) a bahía Moreno (T15), mientras que en las secciones de Arica y punta Junín la salinidad costera en superficie se mantuvo relativamente alta.

Núcleos subsuperficiales de baja salinidad relativa, destacaron por tener una fuerte participación desde la transecta T31 ($> 34,8$ psu) hasta la T07 ($< 34,5$ psu), siendo éstos más someros en la mitad norte y más profundos en la mitad sur de la zona, encontrándose tanto en la costa como en el sector oceánico de las secciones. Bajo este mínimo subsuperficial, se ubicó un núcleo de máxima salinidad relativa, que fue más importante hacia el norte de la zona, el cual disminuyó su salinidad y espesor hacia el extremo sur de la zona. Es así como en las secciones de Arica (T47) y punta Junín T39, este núcleo, con salinidades mayores a $34,8$ psu, presentó un espesor de casi 200 m, disminuyendo en las secciones siguientes, como ocurrió en la costa de la sección de punta Lobos (T31) y en sector oceánico de la sección punta Copaca (T23), mientras que en las secciones de bahía Moreno (T15) y rada Paposos (T07) este núcleo se presentó a lo largo de toda la sección pero visiblemente con una menor salinidad, $34,7$ psu.

3.10 Anomalías de temperatura y salinidad en las transectas de bahía Moreno (T15), punta Lobos (T31) y Arica (T47)

Las anomalías de temperatura y salinidad, en las secciones impares a lo largo de la zona de estudio, se entregan en la **Fig. 20**. Las anomalías de ambas variables presentaron en el nivel intermedio entre 50 y 150 m de profundidad valores mayores a 1°C y $0,1$ psu, respectivamente, tanto de tipo positivas como negativas, registrando en algunos casos valores máximos que se ubicaron también a nivel superficial. Las mayores anomalías de salinidad se registraron en la sección de



bahía Moreno (T15), donde se observó una capa de 100 m de espesor con valores negativos mayores a 0,1 psu y de hasta 0,2 psu a 40 mn de la costa. En el caso de las anomalías de temperatura, las mayores fueron también de tipo negativo, ubicadas en el sector costero y sector intermedio (30 a 60 mn de la costa), en las transectas 15 y 47, respectivamente, con un máximo de 2°C.

La presencia de núcleos de anomalías de temperatura estuvo en general asociado a núcleos de salinidad del mismo tipo, aunque no necesariamente lo estuvieron en su magnitud relativa. A modo de ejemplo, se indica lo que ocurrió en la sección de punta Lobos (T31), en el nivel de 50 m del sector central de la sección, en donde la anomalía de temperatura fue $> 1^{\circ}\text{C}$, mientras que la anomalía de salinidad apenas superó el valor de +0,05 psu. Sin embargo, en el caso de la sección de Arica (T47), las anomalías de temperatura negativas de hasta 2°C coincidieron con el tipo de anomalía de la salinidad, ya que ésta superó los -0,1 psu. Por lo tanto, en este último caso existió simultaneidad en tipo (positiva o negativa) y magnitud (relativa en cada variable) de las anomalías. A nivel subsuperficial, bajo los 200 m de profundidad, las anomalías fueron menores a 0,05 psu en las secciones T47 y T31. En general, los mayores valores de anomalía bajo el nivel indicado se registraron en la sección T15, en donde valores positivos estuvieron entre 0,5° y 1°C en temperatura y entre 0,05 y 0,1 psu en salinidad, y que abarcaron gran parte de la sección. En forma aislada se encontraron anomalías máximas de 1°C en la sección T47, centrada en la estación de 20 mn, y también en la sección T15, correspondientes a la estación de 40 mn.

3.11 Distribución superficial de Fluorescencia in vivo

En la distribución de fluorescencia in vivo (fliv) en la capa superficial, en el invierno de 2004 (**Fig. 21a**) los valores fluctuaron entre 19,91 y 0,95 volts. Observándose en la zona sur desde punta ballenita (T1) hasta los 24°S (T13), bajos valores (> 1



volts) distribuidos homogéneamente entre el sector costero y oceánico. Hacia el norte, un foco costero de altos valores (> 5 volts) se detectó en las primeras 5 mn frente a bahía Moreno (T15). Mientras que, entre Mejillones y Tocopilla (T25) se desarrolló un amplio foco desde la costa hasta las 60 mn como máximo, con valores que superaron los 3 volts, observándose entre las 15 y 30 mn un foco donde los valores de fliv superaron los 5 volts, registrándose incluso dos pequeños focos de más de 10 volts.

Desde la transecta T26 hasta Arica (T47) se observó una franja costera, la que tuvo su mayor extensión hacia el oeste (35 mn) en la transecta T38, con valores que superaron los 3 volts. En esta franja, se registraron dos focos con los mayores valores del muestreo, > 11 volts, los que se ubicaron en la estación de 10 mn en la transecta T30 y en las estaciones costeras entre las transectas 26 y 28. En el sector oceánico, los valores más altos se registraron en el sector central de la zona de estudio, entre las transectas T12 y T32 con algunos focos que superaron los 2 volts.

3.12 Distribución superficial de clorofila a

En el invierno de 2004, las concentraciones la clorofila a (cloa) (**Fig. 21b**) en general estuvieron altas, registrándose los valores más altos entre las transectas bahía Moreno y Arica. En la parte sur del área de estudio, entre punta Ballenita (T1) rada Paposó (T7), los valores pigmentarios disminuyeron drásticamente observándose un sólo un núcleo eutrófico ($> 1 \mu\text{g/L}$) en la estación costera de rada Paposó (T7).

Hacia el norte, se registró un foco de concentraciones $> 6 \mu\text{g/L}$ que se extendió desde la estaciones costeras de la transecta de bahía Moreno (T15) hasta la punta sur de la península de Mejillones (Lat. $23^{\circ} 10'S$), midiéndose en la estación de 1



mn en la T15 un valor de 9,3 $\mu\text{g/L}$. Desde Mejillones hasta punta Lobos (T31), se percibió en forma continua una franja costera eutrófica con valores $> 3 \mu\text{g/L}$, la que tuvo una extensión variable hacia el oeste, y que superó las 40 mn frente a punta Copaca (T23), observándose además, en esta transecta un núcleo mesotrófico entre las 5 y 10 mn y un foco de 4 $\mu\text{g/L}$ en las 20 mn. Dentro de la franja se observaron además, dos focos de altas concentraciones, el de mayor extensión abarcó entre las estaciones costeras de punta Lobos (T31) y la estación costera de punta Arenas (Lat. $21^\circ 40'S$; Est. 337; $> 10 \mu\text{g/L}$), mientras que el segundo focos se detectó en la estación costera de punta Gualaguala (Lat. $22^\circ 50'S$; Est. 250; $> 8 \mu\text{g/L}$).

En el sector norte del área de estudio se identificaron dos focos de altas concentraciones uno en la estación 603 (Lat. $18^\circ 40'S$; 7,9 $\mu\text{g/L}$) y el segundo en la estación 571 (Lat. $19^\circ 20'S$; 6,3 $\mu\text{g/L}$) los que formaron parte de una amplia franja de concentraciones $> 2 \mu\text{g/L}$ que se extendió dentro de las primeras 15 mn aproximadamente entre la transecta de Arica (T47) y la transecta de punta Junín (T39). Extendiéndose el núcleo pigmentario eutrófico ($> 1 \mu\text{g/L}$) más allá de las 40 mn en la transecta de Arica (T47).

Los feopigmentos (feop) (**Fig. 21c**), siguieron una distribución muy similar a la de cloa, manteniendo en general concentraciones inferiores a ésta en la zona costera. Entre las transectas de punta Ballenita (T1) y rada Paposos (T7) los valores de feop fueron inferiores a 1 $\mu\text{g/L}$. Desde bahía Moreno (T15) hasta la punta sur de la Península de Mejillones (Lat. $23^\circ 30'S$), los feop presentaron un foco de valores $> 1 \mu\text{g/L}$ donde además se registraron valores de 2 $\mu\text{g/L}$ en las primeras 10 mn de T15. Otra franja de concentración $> 1 \mu\text{g/L}$ se desarrolló desde Mejillones (Lat. $22^\circ 50'S$) hasta punta Lobos (T31), donde los mayores valores de feop se registraron las estaciones frente: a punta Gualaguala (Lat. $22^\circ 50'S$; Est. 250; $> 2 \mu\text{g/L}$), a 20 mn en punta Copaca (T23; $> 2 \mu\text{g/L}$) y frente a punta Arenas

(Lat. 21° 40'S; Est. 337; > 3 µg/L) y caleta Chipana (Lat. 21° 20'S; Est. 373; > 5 µg/L). Al igual que en la distribución de cloa, en el sector norte se detectaron otros dos focos de altas concentraciones en las estaciones 551 (Lat. 19° 20'S) y 603 (Lat. 18° 40'S) con valores > 3 µg/L, que formaron parte de un núcleo de valores > 1µg/L que abarcó desde las estaciones costeras de punta Junín (T39) hasta Arica (T47). En el sector oceánico, en general, los valores de feop registrados fueron > 0,2 µg/L.

3.13 Distribución de clorofila integrada

En el invierno de 2004, la distribución de clorofila integrada (cloint) (**Fig. 22a**) siguió un patrón similar al de cloa superficial. Los valores más bajos del crucero (< 60 mg/m²) se registraron en el sector sur, en las transectas de punta ballenita (T1) y rada Paposó (T7), en tanto que en el sector norte del área de estudio, concentraciones un poco más altas se registraron en la estación costera frente a punta Lobos (T31; 80 mg/m²) y en la transecta de punta Copaca (T23) donde se registró un foco de 100 mg/m² a 60 mn. En la estación costera de bahía Moreno (T5) y en la estación 250 frente a punta Gualaguala (Lat. 22° 50'S), se observaron núcleos de cloint de valores > 200 mg/m². Mientras que en el sector norte, entre punta Junín (T39) y Arica (T47) se observó un núcleo de altas concentraciones (> 150 mg/m²) que contuvo dos focos de cloint > 200 mg/m² en la estación de 40 mn de la transecta de Arica (T47) y la estación costera 603 (Lat. 18° 40'S). El mayor valor de cloint para la zona de estudio, se registró en la estación costera de punta Arenas (Lat. 21° 40'S; Est. 337; > 300 mg/m²).

Los feop integrados (feopint) (**Fig. 22b**), presentaron entre las estaciones costeras de bahía Moreno (T15) y la punta sur de la península de Mejillones un núcleo de



valores $> 80 \text{ mg/m}^2$. Más al norte se observó una franja de valores $> 80 \text{ mg/m}^2$ entre Mejillones y punta Copaca (T23), en donde se registraron dos focos $> 100 \text{ mg/m}^2$, uno entre la estación de 5 mn de punta Copaca (T23) y la estación 276 (Lat. $22^\circ 30'S$) ubicada al sur de punta Copaca (T23) y el otro ubicado frente a punta Arenas (Lat. $21^\circ 40'S$). En la parte norte de la zona de estudio, entre punta Junín (T39) y Arica (T7) los feop formaron un foco con valores $> 100 \text{ mg/m}^2$, registrándose dos focos de valores $> 150 \text{ mg/m}^2$ en la estación de 40 mn frente a Arica (T47) y la estación 603 (Lat. $18^\circ 40'S$) a la cuadra de Arica. En el sector oceánico, en general, los valores de feopint fluctuaron alrededor de los 40 mg/m^2 .

3.14 Distribución vertical de clorofila

En la transecta de punta Ballenita (T1) (**Fig. 23a**), se identificó sólo un pequeño foco de valor superior a $1 \mu\text{g/L}$ centrado a los 20 m en la estación costera. Los valores mesotróficos, abarcaron gran parte de la capa de los primeros 40 m entre la estación costera y las 10 mn, además de un núcleo subsuperficial ubicado a 30 m en la estación de 20 mn. Los feop (**Fig. 23b**) de concentración $> 0,5 \mu\text{g/L}$ ocuparon prácticamente toda la columna muestreada entre la estación costera y las 25 mn. El valor más alto de feop fue de $1,1 \mu\text{g/L}$ y coincidió en la posición del valor más alto de cloa.

En la transecta de rada Paposos (T7) (**Fig. 23a**), la capa eutrófica ($> 1 \mu\text{g/L}$) estuvo restringida al sector más costero sin llegar a las 5 mn, abarcando desde la superficie hasta los 20 m de profundidad. La concentración más alta alcanzó los $3 \mu\text{g/L}$. Salvo por un pequeño núcleo mesotrófico en la estación de 70 mn, el resto de los valores de la transecta fluctuaron entre oligo y ultraoligotróficos. Los feop (**Fig. 23b**) también se vieron restringidos a la estación costera, presentando un núcleo de concentraciones $> 0,5 \mu\text{g/L}$ que abarcó casi toda la columna muestreada, con sólo un pequeño foco donde la concentración fue $> 1 \mu\text{g/L}$,

ubicado a 10 m de esta estación. En el resto de la transecta se observaron dos núcleos subsuperficiales de concentraciones $> 0,5 \mu\text{g/L}$ tanto a 40 como a las 70 mn.

En la transecta de bahía Moreno (T15) (**Fig. 23a**), la capa eutrónica se vio restringida a las primeras 15 mn con una profundidad máxima cercana a los 30 m en la estación costera. Un núcleo con concentraciones sobre $6 \mu\text{g/L}$ se observó entre 1 y 5 mn, y registrándose las mayores concentraciones del pigmento en la estación costera, con valores que sobrepasaron los $8 \mu\text{g/L}$. En el sector oceánico se observaron dos núcleos de valores mesotróficos, uno superficial y otro subsuperficial de mayor tamaño centrado en los 50 m de profundidad. Los feop (**Fig. 23b**) siguieron una tendencia similar al de la cloa pero con concentraciones en general mucho menores que ésta, en la estación costera se formó un núcleo de $2 \mu\text{g/L}$ entre la superficie y los 30 m, con un valor máximo de $3,5 \mu\text{g/L}$.

En la transecta de punta Copaca (T23) (**Fig. 23a**), la cloa presentó tres núcleos: el primero se ubicó en las estaciones costeras de 1 y 5 mn con un espesor máximo de 30 m, donde las concentraciones superaron los $2 \mu\text{g/L}$ con un máximo de $4,1 \mu\text{g/L}$ a 20 m en la estación de 5 mn. El segundo núcleo eutrónico se desarrolló entre las 11 y 60 mn, este núcleo con forma de lengua se profundizó hacia el sector oceánico, los mayores valores ($> 4 \mu\text{g/L}$) se detectaron en los primeros 5 m de la estación de 20 mn, disminuyendo hacia la estación de 40 mn. Mientras que el tercero parece ser una prolongación del núcleo anterior y se ubicó a 50 m a 60 mn de la costa. Por otra parte, un pequeño núcleo mesotrófico se localizó entre los 10 y 25 m en la estación de 100 mn. Los feop (**Fig. 23b**) siguieron una tendencia similar al de la cloa, salvo en la estación costera donde los valores $> 1 \mu\text{g/L}$ se registraron hasta bajo los 50 m. El valor máximo de feop fue $> 2 \mu\text{g/L}$ a 20 mn de la costa.



En la transecta de punta Lobos (T31) (**Fig. 24a**), la capa eutrófica estuvo restringida a los primeros metros de las estaciones costeras. El mayor espesor de esta capa alcanzó los 19 m en la estación de 1 mn, observándose además en esta estación, un segundo núcleo profundo centrado a 30 m con una concentración de 1,5 $\mu\text{g/L}$. En la estación costera los valores de cloa fueron $> 3 \mu\text{g/L}$, en tanto que el valor más alto ($> 10 \mu\text{g/L}$) se registró en el nivel superficial de la estación de 5 mn. Los valores mesotróficos formaron un núcleo entre las 60 y 100 mn con un espesor de 30 m. Los feop (**Fig. 24b**) siguieron una tendencia similar al de la cloa, con un núcleo de feop con valores $> 1 \mu\text{g/L}$ dentro de las primeras 5 mn, hasta una profundidad de 50 m en la estación costera. El valor más alto de feop ($> 2 \mu\text{g/L}$) se registró a nivel superficial de la estación de 5 mn. Entre las 70 y las 100 mn, se observó un núcleo oceánico de concentraciones $> 0,5 \mu\text{g/L}$.

En la transecta de punta Junín (T39) (**Fig. 24a**), el núcleo eutrófico se extendió entre la costa y las 40 mn, con un espesor que se mantuvo en 20 m en las primeras 20 mn, profundizándose hasta los 30 m en la estación de 40 mn. Dentro de esta capa se observaron altas concentraciones ($> 5 \mu\text{g/L}$) entre las 10 y 20 mn, mientras que hacia la costa, los valores más altos superaron levemente los 2 $\mu\text{g/L}$. El valor más alto de cloa ($> 11 \mu\text{g/L}$) en esta transecta se midió a 10 m en la estación de 20 mn. Las concentraciones mesotróficas se distribuyeron cercanas al núcleo productivo con una profundidad máxima de 40 m y una extensión horizontal que superó las 60 mn. Los feop (**Fig. 24b**) siguieron una tendencia muy similar al de la cloa, con un núcleo con valores que superaron los 4 $\mu\text{g/L}$ centrado a los 10 m en la estación de 20 mn. Al igual que en la cloa, la distribución de los valores de feop $> 1 \mu\text{g/L}$ abarcaron desde la costa hasta las 40 mn.

En la transecta de Arica (T47) (**Fig. 24a**), la clorofila a (cloa) presentó una amplia capa eutrófica ($> 1 \mu\text{g/L}$), la que se extendió desde la costa hasta cerca de las 70 mn. El núcleo de altas concentraciones se ubicó subsuperficialmente formando



una lengua de valores $> 4 \mu\text{g/L}$ que sobrepas3 las 40 mn. En esta lengua se observaron dos focos de concentraciones $> 7 \mu\text{g/L}$, uno en la estaci3n costera centrado a 10 m y el otro ubicado a la misma profundidad entre las 20 y 40 mn. En esta 3ltima estaci3n el n3cleo eutr3fico alcanz3 su mayor espesor ($> 40 \text{ m}$). Los feopigmentos (feop) (**Fig. 24b**) siguieron una tendencia similar al de la cloa, con dos n3cleos con valores que superaron los $4 \mu\text{g/L}$, uno en la costa centrado a los 10 m y un segundo n3cleo ubicado en la estaci3n de 40 mn centrado a 20 m de profundidad. A diferencia de la cloa, los feop presentaron una distribuci3n m3s profunda de los valores $> 1 \mu\text{g/L}$.

3.15 Distribuci3n vertical de fluorescencia in vivo

Entre las transectas T1 y T13 m3s la T17, los valores de fluorescencia in vivo (fliv) se mantuvieron bajos, con valores m3ximos que fluctuaron alrededor de 2 volts. Por otra parte en las transectas T15, T16 y T18, a diferencia de las anteriores se registraron n3cleos muy costeros, que no sobrepasaron las 5 mn, con valores que superaron los 4 volts (**Fig. 25**).

Otro tipo de distribuci3n se observ3 entre las transectas T19 y T25, donde se registraron varios n3cleos por transecta, y que se extendieron hasta al menos los 20 m de profundidad, con valores que superaron los 5 volts hasta superar en algunas transectas las 30 mn. En este sector se registraron incluso valores > 10 volts, como fue en el caso de las transectas T19 y T22. En el sector oce3nico (50 – 60 mn) de todo este grupo de transectas, se registraron n3cleos de al menos 3 volts (**Fig. 25**).

Entre las transectas T26 a T34, la caracter3stica principal fue presentar n3cleos de altos valores de fliv (> 5 volts) con una presencia m3s costera, primeras 10 mn, y restringida a los primeros 20 m de profundidad, en este grupo de transectas tres

presentaron un segundo núcleo subsuperficial que se ubicó entre los 20 y 60 m y que superó al igual que en la zona costera los 5 volts. En las tres transectas siguientes T35, T36 y T37, la mayor diferencia con las anteriores, respondió a que los núcleos costeros abarcaron el doble de la extensión hacia el oeste, llegando hasta las 20 mn (**Fig. 26**).

En las transectas de la parte norte del área de estudio desde T38 a T47, la distribución de fliv tendió a formar una lengua que se profundizó desde el nivel superficial en la costa hasta al menos 30 m en sector oceánico, alcanzando en algunos casos las 60 mn. En las primeras cuatro transectas (T38, T39, T40 y T41) más la T45, se observó altos valores de fliv dentro de esta lengua incluyendo dos núcleos de > 5 volts, en tanto que en las restantes transectas los valores de fliv fueron menores, fluctuando alrededor de los 2 volts, con sólo un pequeño núcleo con valores > 4 volt (**Figs. 26 y 27**).

3.16 Resultados del análisis exploratorio y regresión entre Fluorescencia y Clorofila.

Los datos disponibles de clorofila a y de fluorescencia in vivo, para la zona comprendida entre punta Ballenita y Arica, fueron ploteados y analizados buscando identificar algún patrón entre ambas variables. Este análisis exploratorio de los datos ploteados sugiere como mejor modelo a una relación lineal.

El ajuste del modelo, mediante el método de mínimos cuadrados de todos los datos disponibles, arrojó un coeficiente de determinación de 0,741. En tanto que, de la serie de datos superficiales, el ploteo sugirió el retiro de un dato el cual fue considerado “escapado o atípico” dentro de la serie analizada. El ajuste del modelo, una vez retirado el dato atípico, derivó en un ajuste con un alto coeficiente de determinación $R^2 = 0,84$ ($r \cong 0.92$) (**Fig. 28 a y b**).



$$Y = 1,3244 + 0,6065X \quad \forall X \in [0;10,8]$$

Del modelo ajustado con los datos de lectura superficial, se observa que para la zona comprendida entre punta Ballenita y Arica el nivel m3nimo de fliv ante el valor m3nimo de clorofila es aproximadamente igual a 1,3 volt, en el rango de datos disponibles.

Existen ocasiones en las cuales se ha dispuesto de la lectura de fliv m3s no ha sido posible disponer de lecturas de la clorofila asociada. Para resolver este problema hemos asumido la regresi3n obtenida como adecuada para relacionar ambas variables y que esta corresponde a una biyecci3n entre ellas, de manera que podemos definir una relaci3n inversa que nos permitir3a indicar el valor del nivel de clorofila ante una lectura dada de fliv. Esta relaci3n inversa corresponde a la siguiente expresi3n:

$$X = \frac{(Y - 1,3244)}{0,6065} \rightarrow$$
$$X = -2,1837 + 1,649Y \quad \forall 1,3244 \leq Y \leq 7,87 \wedge$$
$$X = 0 \quad \forall Y < 1,3244$$

4. Objetivo espec3fico 2.3 “Estimar la proporci3n sexual y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas”

4.1 N3mero de lances en muestreo de adultos



De acuerdo al diseño de muestreo, se efectuaron 106 lances en total, de los cuales 60 fueron efectivos (**Tabla 8**). La posición de cada lance se determinó en el curso del crucero, en consideración a la distribución espacial de los cardúmenes y a las condiciones meteorológicas imperantes en la zona de estudio.

La estrategia utilizada permitió obtener suficientes lances con pesca de anchoveta de acuerdo a lo requerido por el “Método de Producción de Huevos”.

4.2 Distribución espacial de anchoveta

Durante el período en que se realizó el crucero, el recurso presentó una amplia cobertura espacial en toda el área de estudio, similar a lo observado en el 2002. Se mantienen focos de abundancia costera en las proximidades de Punta de Lobos y Río Loa, hasta Tocopilla, observándose mayor cobertura espacial en la primera región. No obstante, se observa un incremento en los lances positivos observados en la segunda región, respecto al 2003, circunscribiéndose a las primeras 40 millas náuticas.

Por otra parte se observó en la primera región, particularmente entre límite Norte de la República hasta aproximadamente los 19° 35' LS (Pisagua), presencia del recurso con una distribución mas oceánica por sobre las 40 millas náuticas, a diferencia del año 2003, donde se ubicó desde la costa hasta las 20 mn (**Fig. 29**).

4.3 Capturas en los lances de pesca

Las capturas registradas en los distintos lances con pesca durante el crucero alcanzaron a 2.533 toneladas. Las embarcaciones prospectaron hasta las 80 mn.



4.4 Distribuci3n de tama1os de ejemplares de anchoveta

Durante el crucero se midieron 9.833 anchovetas, cifra 35% mayor respecto al a1o 2003. Del total de anchovetas medidas 5.110 correspondieron a machos con longitudes comprendidas entre 12,5 a 17,5 cm de longitud total, con una moda en los 15,0 cm (26,4%), mientras que las hembras (4.723) presentaron un rango de tama1o comprendido entre los 13,0 y 18,0 cm de longitud total, con una moda en los 15,0 cm (24%). En comparaci3n con las tallas observadas en igual per3odo del a1o 2003, no se observa diferencia en los valores modales. En las **Figuras 30 a y b**, se grafica la distribuci3n del porcentaje de frecuencia de tallas de hembras y machos de anchoveta capturados entre la I y II regiones.

Si bien el tama1o y peso de los ejemplares fue bajo, el peso promedio de hembras de 23,6 g no es el m1s bajo de la serie (**Tabla 12**). Al comparar la distribuci3n de tallas de las hembras del a1o 2004, se observa que la moda es similar al a1o 2003, pero con un rango m1s reducido (**Fig. 30c**). Este rango reducido de tallas se traduce tambi3n en un rango reducido en los pesos de las hembras utilizadas para la estimaci3n de fecundidad, el cual se ha mantenido desde el a1o 2002 (**ver cuadro 1**).

Cuadro 1.

Resumen de los par1metros obtenidos de las regresiones lineales entre peso corporal y fecundidad parcial en anchoveta durante las aplicaciones del MPH.

Parámetros de las regresiones entre Peso Corporal y Fecundidad							
	1995	1996	2000	2001	2002	2003	2004
Intercepto (a)	671.77	337.46	-5127.08	2205.21	11341.20	-1237.67	-4164.12
Sa	1916.66	1514.08	3285.50	2097.95	2719.11	1388.04	2944.92
Pendiente (b)	534.57	690.51	740.45	465.10	259.56	615.84	584.18
Sb	65.12	55.68	116.16	69.02	121.04	57.52	120.27
r ²	0.30	0.59	0.28	0.26	0.06	0.54	0.20
n	156	107	109	133	69	99	96
Syx	3291.113	3004.221	4210.345	3749.333	2599.681	2249.760	2476.319
PC Min	18.5	13.7	19.7	21.7	14.7	13.5	19.5
PC Max	42.0	40.7	42.5	43.0	29.7	33.5	29.7
PC Promedio	29.2	26.7	28.1	30.0	22.3	23.8	24.4
Fec relativa	557.7	704.5	555.1	539.7	775.1	562.8	412.3

Las rectas ajustadas (**Fig. 30d**) muestran que las diferencias es en el intercepto, constituyéndose el año 2004 en el valor más bajo, lo que se explica porque la fecundidad relativa (N°ovoc/g de hembra) es la más baja de la serie (**Cuadro 1**).

4.5 Proporción sexual en peso de hembras maduras

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó un promedio de 0,51, una varianza igual a 0,00042 y un coeficiente de variación de 0,040.

4.6 Peso promedio de hembras maduras

El peso total del cuerpo de hembras hidratadas, estadio que se caracteriza por el incremento temporal del peso producido por la retención de agua en el ovario, se calculó de acuerdo al ajuste obtenido de una ecuación lineal estimada con aquellas hembras maduras de cada lance y que histológicamente no clasificaron como hembras hidratadas. Además, los datos fueron corregidos por efecto de la fijación (**Tabla 9**).



El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas en 60 lances en el área investigada fue de 23,6 gramos, con una varianza de 0,1625 y un coeficiente de variación de 0,0170.

5. Objetivo específico 2.4 “Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos”

El número de huevos por estadio de desarrollo, indicó una mayor representación en el estadio III, observándose una disminución paulatina a partir de este (**Figura 31**), situación que es considerada normal, ya que los estadios I y II son de muy corta duración y por tanto deben ser capturados muy cerca de la hora del desove, por lo que se encuentran submuestreados (**Figura 32**).

Los resultados del ajuste no lineal ponderado del modelo de decaimiento exponencial para el área de desove estimada según el criterio de interpolación (**Figura 33**), indican un P_0 de 54,8 huevos/0,05m²/día con un error estándar de 13,27 y un error estándar residual de la regresión de 11,23. A partir de dicho ajuste se obtuvo una tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos de 0,85 día⁻¹, con un error estándar de 0,178 (**Tabla 10**).

Al ponderar por la proporción que representa el área positiva respecto del área total del crucero, se obtiene un P_0 ponderado de 16,72 huevos/0,05m²/día. Rindiendo una producción de huevos para el área de desove de 3,45792E+13.



6. Objetivo específico 2.5 “Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada”

6.1 Muestreo

Se analizaron 1.651 hembras procedentes de 55 lances, derivados de la Pesca de Investigación (FIP 2004-04-1).

6.2 Proporción de estadios de madurez microscópicos

El análisis histológico de los ovarios recolectados entre el 24 de agosto y el 22 de septiembre de 2004 indicó que el 100% de las hembras se encontraban activas. El comportamiento reproductivo de la anchoveta evidencia que el Crucero se efectuó durante el máximo proceso de desove.

6.3 Fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta

Teóricamente se pueden tener estimados independientes de este parámetro, los cuales pueden obtenerse a partir de:

- Porcentaje de hembras con ovocitos hidratados
- Porcentaje de hembras con folículos postovulatorios día 1
- Porcentaje de hembras con folículos postovulatorios día 2

De las anchovetas capturadas en el crucero de adultos se lograron dos conjuntos de datos independientes para la determinación de la frecuencia del desove: hembras de edad día 1 y 2. La distribución de frecuencia de FPO de día 1 y 2 se



muestra en la **Figura 34** y en la **Tabla 11** se entregan los resultados por lance del n3mero de hembras clasificadas por estadio de madurez.

El porcentaje de hembras de d3a 1 de edad vari3 de 0 a 67% y el de d3a 2 fluctu3 de 0 a 57%. La fracci3n desovante con FPO de d3a 1 fue de 0,192 y con FPO de d3a 2 fue de 0,16. El test pareado indic3 que no existen diferencias entre ambas estimaciones ($t_{calc}: 1,3$; $t_{0,05(2),59}: 2,0$). En estos casos lo recomendable es utilizar la estimaci3n de FPO 1+2. As3 entonces los datos de hembras con fol3culos postovulatorios de d3a 1 y d3a 2 fueron combinados por su independencia entre s3, entregando una fracci3n del desove de 17,6% con una varianza de 0,00016 y un coeficiente de variaci3n de 0,07.

7. Objetivo espec3fico 2.6 “Estimar la fecundidad parcial en funci3n del peso corporal, el modelo de regresi3n correspondiente a esta relaci3n, y la fecundidad media poblacional, con sus respectivas varianzas”

La estimaci3n de la fecundidad parcial de anchoveta se realiz3 sobre la base del recuento de ovarios clasificados histol3gicamente como hidratados, sin presencia de fol3culos postovulatorios.

El ajuste de la fecundidad parcial en funci3n del peso corporal, para las 96 hembras que efectivamente clasificaron microsc3picamente como hidratadas se utiliz3 el modelo de tipo lineal para los c3lculos de fecundidad media poblacional. El modelo de tipo lineal es preferible debido a (Hunter *et al.*, 1985): 1) explica mejor la variaci3n que los curvil3neos; 2) sus coeficientes de regresi3n tienen significado biol3gico; 3) para la estimaci3n de producci3n de huevos, la fecundidad de los ejemplares en los extremos (grandes y peque3os) no es tan cr3tica como en la de los rangos medios, los que son bien explicados por el modelo lineal simple.



$$\text{Fecundidad} = -4164,1 + 584,2 * (W)$$

$$n = 96$$

$$r^2 = 0,45$$

$$S_a = 2944,92$$

$$S_b = 120,27$$

$$S_{yx} = 2476,32$$

donde:

Fecundidad: Fecundidad parcial (N°ovocitos)

W: Peso corporal hembra (g) (Peso Total – Peso Ovario)

N: Número de hembras utilizadas para el ajuste

r^2 : Coeficiente de determinación

S_a : Error estándar del intercepto

S_b : Error estándar de la pendiente

S_{yx} : Error típico

La fecundidad parcial promedio (**Figura 35**), utilizando el ajuste para el año 2004 correspondiente a los 55 lances efectivos varió de 4.020 a 12.634 ovocitos por hembra. La fecundidad media poblacional resulta de 8.777 ovocitos, con una varianza de 80.005 y un coeficiente de variación de 3,2%. Sin embargo, este estimado resulta demasiado bajo en comparación a los estimados históricos (**Tabla 12**).

8. Objetivo específico 2.7 “Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos”



La biomasa desovante estimada con el ajuste de la fecundidad parcial con los datos de invierno de 2004 resulta en 1.027.793 ton, con una varianza de 2,09125E+11 y un coeficiente de variación de 44,49%.

9. Objetivo específico 2.8 “Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores y los resultados del presente proyecto”

9.1 Asociación de huevos y variables oceanográficas

Los huevos de anchoveta se ubicaron principalmente cercanos a la costa y dentro del frente térmico costero superficial (**Fig. 36a**). El rango de temperaturas superficiales de este frente fue de 15° a 17°C. Los huevos de anchoveta se ubicaron más alejados de la costa entre punta Tres Picos (T11) y punta Arenas (T27), lo que coincidió con la extensión del frente térmico costero hacia el oeste. En los sectores de punta Junín y Arica la presencia de huevos se alejó de la costa, y en este caso su ubicación coincidió con temperaturas mayores, >17°C y > 18°C, respectivamente. Estos fueron los dos focos con presencia de huevos más importantes que se ubicaron más alejados de la costa y que se asociaron simultáneamente a temperaturas mayores relativas.

Respecto a la salinidad (**Fig. 36b**), el rango de esta variable en donde se ubicaron preferentemente los huevos de anchoveta, fue de 34,5 a 34,9 psu, sin embargo, no obstante el amplio rango de salinidad, lo hicieron en forma sectorizada lo que determinó diferentes salinidades en la costa. En este sentido, desde Arica a punta Lobos el valor de salinidad preferente fue de 34,8 a 34,9 psu; de punta Lobos a punta Coloso fue de 34,5 a 34,8 psu, pero el foco de 34,5 a 34,6 ocupó un área mucho menor, mientras que de Antofagasta al sur la salinidad fue de 34,6 a 34,7



psu. Comparativamente, este último sector tuvo menor presencia de huevos, tanto en estaciones positivas como en concentración.

La distribución costera de huevos se asoció, en toda la zona, a un espesor de capa de mezcla (**Fig. 36d**) menor a 5 m, incluso se ubicaron importantes concentraciones de huevos en sectores en donde no se registró capa de mezcla.

La presencia de huevos de anchoveta se asoció a tres sectores característicos que se diferencian entre sí por distintos rangos de profundidad de ubicación de la base de la termoclina (**Fig. 37a**). La primera área se localizó desde Arica a caleta Chipana ($21^{\circ}20'S$), donde la base de la termoclina tuvo una profundidad entre 10 y 30 m, con el mínimo de 10 m en el sector costero de punta Camarones a punta Junín y frente a Iquique.

En esta primera área, la isolínea de 30 m se extendió hacia el oeste frente a Arica y frente a punta Camarones, lo que coincide también con una extensión de la presencia de huevos en la misma dirección. La segunda área con una importante presencia de huevos de anchoveta fue aquella comprendida entre las localidades de caleta Chipana y Mejillones, donde la profundidad de la base de la termoclina estuvo entre 20 y 40 m, siendo la presencia de huevos no tan costera como en el sector anterior, ya que estos se observan agrupados entre las 10 y 60 mn de la costa. Finalmente, la tercera área corresponde a aquella situada desde Mejillones hasta el límite sur de la zona de estudio, donde los huevos se ubicaron en zonas con un rango mas amplio de profundidades, preferentemente de 20 a 50 m, sin embargo, se registró presencia de ellos en profundidades entre 50 y 90 m, pero sólo en la sección del extremo sur.

El rango total de espesor de la termoclina para la zona (**Fig. 37b**) fue de 1 a 39 m, sin embargo en ella predominaron espesores en el rango menor de 1 a 20 m. En

este escenario, la ubicación de los huevos fue preferente en el rango de 5 a 10 m en toda la zona, sin embargo, algunas estaciones positivas, principalmente las que se ubicaron más alejadas de la costa, se presentaron en áreas con espesores de termoclina de 10 a 15 m.

Con respecto a la clorofila integrada (cloint) (**Fig. 37c**) y a la fluorescencia (fliv) (**Fig. 37d**) superficial, los huevos se presentaron asociados preferentemente en valores altos, respectivamente en cada variable, con concentraciones de cloint entre 60 mg/m^2 y 200 mg/m^2 y mayor a 2 volts en el caso de la fliv. Tal situación fue particularmente evidente en el área entre Arica y Mejillones. Sin embargo, desde Mejillones hacia el sur se encontró que la asociación indicada anteriormente no se cumple pues la cloint característica para el sector y donde se encuentra presencia de huevos es de 20 a 40 mg/m^2 y de 1 a 2 volts en la variable restante.

9.2 Exploración de las relaciones entre la distribución de huevos de anchoveta en relación con la temperatura y la salinidad

La **Figura 38** presenta la distribución de huevos de anchoveta de los cruceros realizados en la temporada de invierno entre los años 1992-2004. Asimismo, en las **Figs. 39 y 40** se observan las reparticiones espaciales de la temperatura y salinidad del mismo período.

En 1992, los huevos presentan una gran expansión espacial, sin embargo esta distribución se relaciona, en general, con bajas densidades. El foco que registra las mayores densidades cubre desde los $19^{\circ}30'S$ hasta Iquique a una distancia de 15 mn de la costa, en términos espaciales se puede visualizar que los mayores focos se encuentran asociados a los bordes internos que forman las aguas de 15 y $16^{\circ}C$, temperaturas donde se ubicaron la mayor cantidad de huevos de la especie (**Fig. 41a**). En el caso de la salinidad, éstas registran altos valores asociados al evento



“El Niño”, incluso alcanzando los 35,5 psu al norte de Iquique (**Fig. 40**). La asociaci3n entre las variables muestra que los huevos se encuentran desde los 34,7 a 35,2 psu con una nítida predominancia en salinidades entre los 34,8 y 35 psu (**Fig. 41b**).

Durante los ańos 1995 y 1996, los huevos exhiben una menor cobertura geogrÁfica pero con mayores concentraciones; es asÍ como es posible detectar núcleos muy densos de huevos, los que se localizaron entre Iquique y Tocopilla vinculados preferentemente a aguas de 14-16°C (**Figs. 39 y 41a**), y a los bordes de los gradientes térmicos. En cuanto a las salinidades, se destaca el descenso de los registros, los cuales no superan los 35,1 psu, situaci3n por la cual los huevos de la especie tienden a agruparse en un rango de salinidades más bajas de 34,3 a 34,9 psu, con una preferencia por los 34,5-34,7 psu (**Fig. 41b**).

El ańo 1997 muestra un patr3n espacial diferente, con respecto a los ańos anteriores, dicha distribuci3n es mucho más desplazada hacia el sur, talvez debido a los efectos del fenómeno de El Niño, no obstante lo anterior se vuelven a detectar tres núcleos principales: el primero se localiza frente a Arica muy próximo a la costa; el segundo, se localiza frente a los 21°S a una distancia de 40-50 mn y es el más importante; y el tercero se sitúa entre Mejillones y Antofagasta (**Fig. 38**). Por parte de la temperatura presenta un gran aumento debido al fenómeno de El Niño, destacÁndose que el núcleo de mayor densidad de huevos esta relacionado con el borde costero de las aguas de 18-19°C (**Fig. 39**), en este ańo los huevos se presentaron en un rango de 15-21°C, con una predilecci3n por las temperaturas de 17-18°C (**Fig. 41a**) Al igual que la temperatura, la salinidad experimenta un importante incremento, incluso superando los 35,3 psu en el sector norte de la zona de estudio; en este ańo los huevos se distribuyen en el rango 34,7-35,2 psu, no obstante se asocian mayoritariamente a salinidades superiores a los 34,8 psu (**Fig. 41b**).



Durante 1999, la cobertura geogr3fica de los huevos disminuye significativamente, siendo la menor de los a3os analizados, sin embargo se detectan grandes densidades, un primer sector se extiende desde los 20°30'S hasta Tocopilla y es un n3cleo netamente costero que no sobrepasa las 5 mn de la costa; el segundo se ubica a unas 50 mn frente a Tocopilla y el tercero se encuentra entre Mejillones-Antofagasta y se caracteriza por una altísima densidad de huevos cuya distribuci3n fue eminentemente costera. Respecto a la relaci3n con la temperatura se observa que el primer n3cleo se encuentra en aguas surgentes en tanto que el 3ltimo y m3s importante esta asociado a una masa de agua fría de temperaturas de 13-14°C (**Fig. 39**), en este a3o los huevos se ubicaron entre los 13 y 17°C, sin embargo las m3s altas concentraciones se encuentran relacionadas con aguas de 14 y 15°C. En cuanto a las salinidades observadas, éstas decaen considerablemente y se ubican en el estrato 34,4-35,2 psu, a su vez, este a3o la distribuci3n espacial de los huevos es muy baja, no obstante la baja cantidad de huevos de la especie, éstos se concentran en el estrato 34,7-35,1 psu y se asocian mayoritariamente a la moda de 34,8 psu (**Figs. 40 y 41b**).

El a3o 2000 presenta una gran ampliaci3n en la extensi3n geogr3fica de los huevos de anchoveta, sin embargo no se aprecian n3cleos de alta densidad de huevos a excepci3n de la zona cercana a Tocopilla, donde se observa un gran frente térmico formado por aguas de 16 y 17°C destacándose que en sus bordes externos se localizan las altas densidades de huevos (**Fig. 38**). En este a3o, debido al notable predominio de las aguas entre 15 y 16°C se produce una alta concentraci3n de los huevos en estas temperaturas. En relaci3n a las salinidades, éstas se sitúan entre los 34,2 psu (en el sector sur) y 34,9 psu (en el sector norte), en este a3o los huevos se disponen en el rango 34,2-34,9 psu, con una nítida inclinaci3n por los 34,8 y 34,9 psu, cabe destacar que las concentraciones m3s significativas (en los alrededores de Tocopilla) se sitúan en los bordes del gradiente salino formado por las aguas de 34,7 y 34,8 psu (**Figs. 40 y 41b**).



Durante el 2001, nuevamente la cobertura geográfica de los huevos sufre una gran contracción y en conjunto con 1999 son los de menor repartición espacial; no obstante lo anterior, se detectan sectores que registran una gran densidad de huevos, el primero se extiende desde los 20°30'S hasta Tocopilla y es un núcleo claramente costero y que tiene una gran densidad de huevos; y el segundo centro se ubica frente a Antofagasta y se caracteriza por una gran concentración de huevos, con una extensión muy costera que no sobrepasa las 5 mn de la costa. En cuanto a su asociación con la temperatura, se aprecia que los dos núcleos más importantes están vinculados a una masa de agua surgente que registra temperaturas entre 13 y 14°C (**Figs. 38 y 39**). Este año los huevos de anchoveta se asocian con aguas cuyas temperaturas fluctuaron entre 12 y 18°C, con una leve preferencia por temperaturas entre 14-16°C (**Fig. 41b**). Por su parte, las salinidades fluctúan entre los 34,1 y 35,1 psu, sin embargo los huevos de la especie tienen una marcada preferencia por el rango 34,7-34,9 psu.

En el período 2002-2003 hay un aumento en la extensión espacial de los huevos, con una gran cantidad de estaciones positivas en el año 2002, en este período se destacan dos grandes focos: el primero se localiza al sur de Arica y se extiende incluso hasta el oeste de los 71°W, este foco se caracteriza por presentar densidades intermedias y el segundo núcleo se ubica entre Iquique y el Loa y abarca un área de casi 1.000 mn² y registra densidades de más de 1.000 ind/m². En cuanto a su asociación con la temperatura, los núcleos se encuentran en aguas que fluctúan entre los 13 y 17°C y en sectores de gradientes térmicos relevantes (**Figs. 38, 39 y 41a**). Respecto a la salinidad, los huevos se localizan en el estrato de 34,4-35,2 psu, con una nítida predilección por el estrato 34,7 y 34,8 psu, lo que es coincidente con lo expuesto en años anteriores (**Figs. 40 y 41b**).



Durante el 2004, hay un leve decrecimiento en la cobertura geogr3fica de los huevos, en especial en el sector ubicado al norte de Iquique. En este a1o, se observan tres focos principales: el primero se localiza frente al puerto de Arica y es un foco oce3nico que registra las mayores concentraciones con densidades superiores a los 1.000 huevos/m² y que se extiende por aproximadamente 280 mn²; el segundo centro se ubica frente a Iquique en un sector muy costero que queda restringido por el borde interno de las aguas surgentes de 15°C, este sector alcanza densidades superiores a los 800 huevos/m² y cubre un 3rea aproximada de 700 mn²; por 3ltimo el tercer n3cleo se sit3a frente a Tocopilla y tambi3n queda restringido por el borde interno de las aguas de 15°C, logra densidades superiores a los 500 huevos/m² en un 3rea aproximada de 800 mn². En relaci3n al temperatura, como se mencion3 anteriormente, los n3cleos principales quedan restringidos por el borde interno de las aguas de 15°C y las mayores abundancias se logran en aguas de 14 y 15°C. En cuanto a la salinidad, los huevos de la especie se sit3an en el rango 34,4-35,1 psu, con una moda en el estrato 34,7-34,9 psu (**Figs. 40 y 41b**).

9.3 An3lisis de los Centros de Gravedad (CG)

En el caso de los huevos de anchoveta, los CG no evidencian un patr3n muy definido. No obstante lo anterior, es posible observar ciertas tendencias en algunos a1os. El a1o 1992, el CG se localiza frente a Iquique siendo 3sta la posici3n m3s meridional de todo el per3odo analizado, debido a que los focos de mayor abundancia se localizaron al norte de Iquique aunque este a1o los huevos presentaron una gran cobertura espacial (**Figs. 38 y 42**).

Durante 1995 el CG sufre un gran desplazamiento superando incluso la cuadra de Tocopilla, lo anterior se deber3a a que en este a1o la repartici3n geogr3fica de los huevos esta centrada mayoritariamente al sur de los 21°S, no detect3ndose n3cleos



relevantes al norte de esta latitud; asimismo, el foco principal se ubica en las proximidades de Tocopilla. Por su parte, 1996 presenta un cambio en la distribución de los huevos ya que virtualmente no existen registros de huevos al sur de Mejillones y además se produce una gran concentración al SW de Iquique a una distancia de 40-50 mn de la costa, lo que implica que el CG se ubique en una región bastante oceánica a unas a unas 35 mn de la costa (**Figs. 38 y 42**).

El año 1997 debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS, los huevos varían de comportamiento espacial respecto del año anterior, este año se observa una distribución mucho más desplazada hacia el sur, talvez debido a los efectos del fenómeno de El Niño, por lo que el CG también se traslada en dirección sur y se emplaza frente a Tocopilla a unas 20 mn de la costa.

En el período, 1999 - 2001 los CG se localizan levemente desplazados al SW del río Loa, lo que es representativo de que en ese período en que las mayores agregaciones se registraron en los alrededores de Tocopilla o bien en Mejillones. En este período se destaca el año 2001 que presenta un CG muy costero emplazado a unas 6-7 mn de la costa, debido a que ese año los huevos se reportaron mayoritariamente en las primeras millas de la costa (**Figs. 38 y 42**).

Durante los años 2002 - 2003, los CG continúan posicionándose en la cercanías del río Loa pero más corridos hacia el norte, en estos años los CG también se localizan en posiciones bastante costeras que no sobrepasan las 10 mn de la costa y que tienen relación con los mayores focos de abundancia que se encuentran en las primeras millas de la costa, en sectores de gradientes térmicos relevantes.

El año 2004 presenta un CG desplazado hacia el norte a unas 30 mn de la costa debido principalmente al foco emplazado frente al puerto de Arica y que es un foco



oceánico que posee las mayores concentraciones del año con densidades superiores a los 1.000 huevos/m² (**Figs. 38 y 42**).

9.4 Análisis exploratorio de datos

En los años analizados se monitorearon 6057 estaciones, en las cuales se registraron las variables predictoras latitud, longitud, temperatura y salinidad superficial del mar. Al analizar el grado de completitud del registro de estas variables, se constató que en 1992 el 86 % de las estaciones no tenía el registro de salinidad (**Tabla 13**), hecho que repercute en el ajuste de los modelos, por lo tanto dicho año fue excluido del análisis. Además de las variables predictoras mencionadas se contabilizó el número de huevos y por consiguiente, la presencia o ausencia de éstos. Del total de estaciones analizadas, sólo en un 30 % de éstas se registró la presencia de huevos, estimándose una densidad media por estación positiva del orden de 50 huevos/0,05 m².

En la **Tabla 14** se detalla por crucero el número de estaciones totales, el número de éstas con presencia y ausencia de huevos y la densidad promedio de las estaciones positivas. En cuanto a la presencia de huevos, los años 2000 y 2002 presentaron la mayor proporción de estaciones positivas con un 42% y 53%, respectivamente; mientras que el menor número de estaciones con presencia de huevos correspondió al 2001, con un 12 % (**Fig. 43**). Respecto a la densidad de huevos, el mayor índice se registró en el año 2001 con 125 huevos/0,05 m², año que como se indicó anteriormente presentó la menor proporción de estaciones positivas. Tomando como referencia el año 1999 en que se estimó una densidad media de 60 huevos/0,05 m², se aprecia que los años anteriores presentaron densidades más bajas, fluctuando en torno a los 37 huevos/0,05 m²; en tanto en los años posteriores, exceptuando el 2001, las densidades medias variaron entre los 50 y 72 huevos/0,05 m² (**Fig. 43 y Tabla 14**).



Las estadísticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura superficial y salinidad superficial, junto a las variables de interés densidad de huevos se presentan en la **Tabla 15**. En los nueve años se cubrió un área muy similar, que abarca latitudinalmente de los 18°23' y 26°3' S y longitudinalmente de los 70°5' y 71° 41' W. El año 1997 presenta la mayor temperatura superficial del mar promedio con 18° C y un rango de variación de 4°C, mientras que los restantes años registran una temperatura superficial del mar promedio entorno a los 16°C, con un máximo rango de variación para el año 1995 de 5°C. Para la salinidad superficial del mar, en los nueve años, se observaron promedios en el intervalo de los 34,66 y los 34,89 psu con un rango máximo de variación de 1,37 psu.

9.5 Modelamiento estadístico

Los resultados del ajuste de los modelos aditivos generalizados para cada set de datos se resumen en las **Tablas 16 y 17**. Los modelos de efectos principales de cuatro covariables (latitud, longitud, temperatura y salinidad) y un factor correspondiente al año, fueron significativos, con pseudo-R² de 0,15 y 0,10 para los modelos de presencia de huevos y densidad de huevos para las estaciones positivas, respectivamente.

9.5.1 Análisis de presencia / ausencia de huevos

Para caracterizar la relación entre la distribución de huevos con variables de localización y oceanográficas, se modeló la variable respuesta de presencia de huevos considerando una distribución de probabilidades binomial, con función de enlace logit y un ajuste robusto a través de cuasi-verosimilitud.



Los predictores incorporados en el modelo presentaron un comportamiento no-lineal, confirmado a trav3s de la prueba F (**Tabla 16**). La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gr3ficamente a trav3s de los suavizadores splines c3bicos en la **Fig. 44**.

En el caso de la presencia de huevos, se puede observar que latitudes (Lat) inferiores a los 23° S. existe un efecto positivo en encontrar estaciones con presencia de huevos, mientras que sobre esta latitud la influencia es negativa. Por su parte, la longitud (Lon) tiene un efecto positivo para valores entre los 70°36' y 71°12' W y negativo a longitudes mayores, es decir el proceso de desove aparece m3s vinculado a la zona costera que oce3nica. En relaci3n con la variable temperatura superficial (TSM), se observa un efecto positivo de 3sta para valores entre los 15° y 17° C, mientras que para temperaturas superiores a 3stas la temperatura tiene un efecto negativo. La variable salinidad (Sal) muestra una alta incertidumbre en el suavizador a salinidades inferiores a las 34,5 psu, observ3ndose un efecto positivo en la presencia de huevos por estaci3n entorno a las 34,7 psu, mientras que para salinidades superiores a lss 34,8 psu la influencia es negativa (**Fig. 45**).

En la escala temporal, la presencia de estaciones positivas present3 una tendencia fluctuante en torno a un valor promedio, registr3ndose una mayor probabilidad de 3xito, es decir, de encontrar estaciones con presencia de huevos en los a3os 1997, 2000, 2002 y 2004, mientras que en los a3os restantes se presentaron probabilidades m3s bajas que el promedio, con el menor 3ndice en el 2001 (**Fig. 46a**).

9.5.2 An3lisis de la densidad de huevos



Para caracterizar la relación entre la densidad de huevos 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 presentaron un comportamiento no-lineal (**Tabla 17**). La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en la **Fig. 45**.

Las estaciones con presencia de huevos se observan en todo el rango de latitud cubierto, pero con una mayor concentración de éstas al norte de los 24°30' S., de igual manera la función suavizada para la latitud muestra que al norte de los 23°S existe un efecto positivo sobre la densidad de huevos y la influencia es negativa a latitudes superiores. Por su parte, el efecto de la función suavizada para la longitud muestra que el proceso de desove aparece vinculado a una zona más costera que oceánica, teniendo un impacto positivo gradual en la densidad de huevos el área localizada al este de los 70°22' W. En relación a la temperatura, se puede observar que las estaciones con huevos se localizaron principalmente entre los 14° y 18° C y que temperaturas inferiores a los 16,5°C tienen un efecto positivo sobre la densidad de los huevos, sobre ésta temperatura la influencia es negativa. Cabe destacar que temperaturas fuera del intervalo de los 15,14°C y los 17,29° C, poseen una alta incertidumbre en la estimación reflejada por las amplias bandas de confianza del suavizador.

La figura relacionada con la variable salinidad, muestra que los huevos estuvieron presentes en un rango que va entre las 34,40 y 35,30 psu, favoreciendo la densidad de huevos las aguas con salinidades inferiores a las 34,83 psu, la función suavizada presentó una alta variabilidad para salinidades fuera del



intervalo de las 34,50 y 35,10 psu., reflejada en la amplitud de las bandas de confianza (**Fig. 45**).

La contribuci3n parcial del factor a3o indica que para los a3os 1997, 2000, 2002 y el 2004 se tuvo un efecto positivo en la densidad de huevos, coincidiendo con los a3os con mayor probabilidad de 3xito de encontrar estaciones positivas. La mayor densidad se registro en el a3o 1997.



VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las bajas intensidades de los vientos observados en el transcurso del crucero señalaron una predominancia de bajas intensidades (menores a 5 m/s), situación similar a lo registrado en cruceros anteriores de igual período estacional. Sin embargo, si bien los porcentajes de intensidades débil fueron similares o incluso levemente mayores en los cruceros de años anteriores (Braun *et al.*, 2002; Braun *et al.*, 2004), las intensidades registradas en este crucero fueron, en general, más bajas, principalmente en el área al norte de Iquique.

En gran parte de la zona de estudio, la mayoría de las mediciones de esta variable tuvo una dirección favorable a la surgencia, lo que se tradujo en índices de surgencia (IS) positivos a lo largo de toda la costa de la zona de estudio. Si bien los IS de mayor magnitud se encontraron desde Antofagasta hasta el límite sur de la zona, es este sector también el que registró un área con índices promedio negativo, precisamente frente a Taltal. La magnitud de este IS negativo es menor a los valores positivos que se registraron antes y después de este evento. En este sentido, lo observado en el registro horario del viento a bordo coincide con los registros de viento en Antofagasta, lo que sugiere, por lo tanto, que este evento de vientos desde el norte tuvo una duración de al menos un par de días.

Por otra parte, producto de las bajas intensidades de los vientos en la zona, particularmente la mitad norte, se originó una baja turbulencia. La excepción a esto son las áreas frente a bahía Moreno (T15) y punta Ballenita (T02), que con sus mayores intensidades relativas de turbulencia tuvieron espesores de capa de mezcla (CM) que superaron los 20 m, siendo notoriamente mayores a las del resto de la zona que se caracterizó por una CM de hasta 5 m.



Adicionalmente, las bajas intensidades del viento en toda la zona se tradujeron en dos situaciones notorias: la primera es una capa de mezcla muy reducida, que en general no super3 los 5 m la que incluso no se present3 entre las localidades de Pisagua y Arica; y la segunda es la presencia de anomalías positivas de temperatura, pero no significativas ($< 1^{\circ}\text{C}$), que abarcaron pr3cticamente toda el 3rea entre Arica y hasta al menos rada Paposo (3nico sector con valores hist3ricos de temperatura del sector sur), ya que, al disminuir la mezcla superficial, los valores de TSM son m3s altos que cuando se presenta este proceso. Por lo tanto, esta condici3n de viento de tipo local origin3 la capa de mezcla de menor espesor y las anomalías de TSM (ATSM) positivas mencionadas.

No obstante las ATSM fueron positivas, las anomalías de salinidad superficial (ASSM) en la misma 3rea fueron negativas, incluso hasta $> 0,1$ psu (absoluto) en algunos sectores del 3rea entre Arica e Iquique, sin embargo, son s3lo significativas aquellas ubicadas en el sector central y oce3nico. Las ASSM negativas pueden estar asociadas al giro cicl3nico localizado en el sector indicado, el que provocarí el ascenso de aguas subsuperficiales de menor salinidad. Al respecto, las, isohalinas ubicadas en la capa superficial de los primeros 50 m de este sector, como tambi3n las isotermas pero en menor grado, tuvieron un ascenso en el sector oce3nico, tanto en la transecta de Arica (T47) como en la de punta Junín (T39), confirmando lo seíalado anteriormente.

Las anomalías de salinidad fueron positivas, pero sin ser significativas, s3lo en el sector oce3nico que va desde punta Patache (T32) al sur, las que si estuvieron en este caso asociadas a valores de ATSM positivos.

La presencia de giros oce3nicos de mesoescala es una condici3n habitual en la zona, y son estos los que tienden a alterar la tendencia del flujo geostrofico hacia



el norte, patrón normal de circulación (Blanco *et al.*, 2001), que se observó en este crucero.

Los giros ciclónicos observados, de un diámetro aproximado de 50 mn y que se ubicaron frente a punta Madrid y Mejillones, habrían provocado el levantamiento de la isoterma de 15°C. Lo anterior significó también la presencia de anomalías negativas de profundidad de la isolínea de 15°C más intensas en comparación con los sectores vecinos, específicamente los valores de -30 m y de -10 m, observados frente a estas dos localidades mencionadas. En el caso de los giros anticiclónicos, estos provocaron una mayor profundidad de la isoterma de 15°C y, como se observó en los sectores ubicados frente a punta Lobos (T31) y rada Paposo (T07), originaron anomalías positivas de estas variables.

Algunas de las características de la termoclina, durante el período del crucero, estuvieron también relacionadas principalmente con la presencia de los giros. En este sentido, la termoclina registró un espesor notoriamente menor en los sectores donde se ubicaron los giros anticiclónicos, él que llegó a ser inferior a 5 m, en comparación con los del otro tipo en que se superaron los 15 m. La profundidad de la base de la termoclina también se vio afectada, registrándose un menor nivel en el caso de los giros ciclónicos y uno mayor en el caso de los anticiclónicos. En el caso de los gradientes promedio y máximo de temperatura en la termoclina, la tendencia general fue que los giros ciclónicos provocaran un foco de máximo valor, contrario a lo producido por los giros en el otro sentido. Al igual que lo sucedido por la profundidad de la base de la termoclina, la profundidad de ubicación del máximo gradiente térmico también formó núcleos de máxima profundidad en donde se localizaron los giros anticiclónicos, presentándose una situación contraria en los caso de los giros ciclónicos.



En consecuencia, las anomalías de temperatura y salinidad, negativas y positivas, observadas en el área oceánica en la zona de estudio, estarían asociadas a procesos locales de viento y/o a la presencia de giros de mesoescala. Por otra parte, los mayores valores de anomalía en el sector costero no fueron significativos, ya que es este sector el que tienen la mayor variabilidad en TSM y SSM.

La comparación de la distribución de temperatura con cruceros anteriores que abarcaron hacia el sur de Antofagasta, señaló que los valores encontrados en este último muestreo fueron similares a las de septiembre de 1993 entre Arica y los 26°S y alrededor de 1°C mayores a los de igual mes de 1994, en toda la zona. Sin embargo, respecto a los de 1995 éstos valores fueron mayores en 2°C (Castillo *et al.*, 1994; Castillo *et al.*, 1995 y Castillo *et al.*, 1996), principalmente en la mitad norte de la zona (Arica – Mejillones).

En el caso de la salinidad superficial la situación fue diferente, ya que en el crucero de invierno de 1993 esta variable fue mayor en hasta 0,2 psu entre Arica y Antofagasta, tanto en el sector costero como oceánico, mientras que de Antofagasta a los 26°S la diferencia fue cercana a los 0,1 psu. En el caso de 1994, los valores de salinidad fueron mayores en 0,1 psu en prácticamente toda la zona. En el invierno de 1995, la salinidad superficial mostró una situación similar descrita para la variable temperatura, es decir, en invierno de 1995 los valores fueron menores en 0,1 psu respecto de 2004, en toda la zona.

La zona norte de Chile en invierno de 1993 fue considerada bajo condiciones post-niño, es decir aun se mantenían algunas características cálidas heredadas de El Niño 1991-1992 (Castillo *et al.*, 1994), las que fundamentalmente se refieren a anomalías de salinidad y no de temperatura, tal como se observó en el análisis



anterior, en donde se indica que las salinidades de 1993 son notoriamente mayores a las de 2004.

Las condiciones oceanográficas de la zona norte en invierno de 1994 fueron consideradas como normales, sin embargo, los valores de temperatura de 2004 son levemente mayores a estos. No obstante lo anterior, una condición de mayor temperatura en 1°C, en términos relativos, no es suficiente para indicar una condición anormal cálida para el actual crucero.

El caso de 1995, la diferencia anteriormente señalada en la mitad norte de la zona, de hasta 2°C mayor en el 2004, pudo deberse a un desfase temporal en el muestreo, ya que las estaciones oceanográficas de 1995 en este sector de la zona fueron realizadas a principios de agosto, mientras que en el 2004 éstas se realizaron en la segunda quincena de septiembre. Por lo tanto, hay una diferencia de un mes y medio, situación que puede ser relevante. A lo anterior se puede sumar, como posible causa de las diferencias encontradas entre 1995 y 2004, una menor intensidad de viento que afectó la mitad norte de la zona de estudio en el último año.

La surgencia se manifestó claramente a lo largo de gran parte de la zona. Lo anterior se observó, tanto a nivel superficial como en las secciones transversales a la costa. El foco de surgencia más intensa según la TSM, se observó en la punta norte de la península de Mejillones. Mientras que en el sectores de rada Paposó (T07) se registró la menor intensidad de la surgencia ya que se observó una disminución de los gradientes de temperatura y densidad en superficie, un IS de tipo negativo y el hundimiento de las isotermas de la capa superficial.

Por otra parte, la disminución del espesor de la termoclina y de los gradientes térmicos promedio y máximo durante el período de invierno fue una condición



característica de esta estaci3n. Lo seÑalado se debe a la importante disminuci3n de las TSM que alcanz3 el m3nimo anual durante este per3odo en la zona y, por lo tanto, disminuyen por ello los gradientes en la vertical.

Las anomal3as de temperatura y salinidad por sobre 1°C y 0,1 psu (absoluto) en la capa superficial de los primeros 100 m, y que forman n3cleos preferentemente subsuperficiales, no son valores significativos ya que es 3sta capa en donde se present3 la mayor variabilidad en la vertical. En este sentido, en la capa superficial seÑalada, es usual encontrar desviaciones est3ndar de magnitud similar o incluso mayores a las anomal3as registradas en este crucero.

Bajo los 100 m de profundidad, las anomal3as entre 0,5 y 1°C en temperatura y menores a 0,05 psu, fueron en general, valores de anomal3a no significativos. Dada esta situaci3n, los valores de anomal3as encontrados en la vertical de las secciones analizadas ser3an en su mayor3a no significativas, con la excepci3n de algunos sectores con valores sobre el rango seÑalado, lo que se asoci3 principalmente a la presencia de un n3cleo de AESS m3s desarrollado, tal como ocurri3 en las transectas de Arica y bah3a Moreno.

El buen estado fisiol3gico de la poblaci3n fitoplanct3nica se reflej3 en los valores de feopigmentos que, en general, siguieron la misma distribuci3n que la cloa, es decir, manteniendo en la costa valores inferiores. Los focos de altas concentraciones de clorofila a (cloa), y que se centraron desde bah3a Moreno (T15) a Arica (T47), evidencian la importante abundancia fitoplanct3nica en el 3rea seÑalada.

Los mayores valores de cloa superficial en la zona de estudio se observaron, en general, ubicados en las sectores de baja intensidad de vientos que son, por ejemplo, punta Copaca (T23) a bah3a Moreno (T15) y caleta Chipana (T29). En el



sector sur (rada Paposo (T07) - punta Ballenita (T2), a diferencia del sector norte, se observaron dos transectas con valores meso-oligotr3ficos. Lo anterior, adem3s, se refleja en la distribuci3n de fliv.

En el sector centro-norte, en particular, se observ3 un claro aumento de las concentraciones de cloa en comparaci3n con la distribuci3n de invierno del a3o 2003, donde los valores m3s altos fueron $> 5 \mu\text{g/L}$, adem3s de presentar amplios sectores costeros con concentraciones oligotr3ficas (Braun *et al.*, 2003), lo que no fue observado en esta oportunidad.

La distribuci3n de cloa correspondiente al invierno de 1994 (Arica – Coquimbo), fue similar a la de invierno 2004. La mayor diferencia en la distribuci3n de estos dos per3odos se observ3 en el sector oce3nico, ya que en 1994 dos de los n3cleos eutr3ficos se extendieron hasta las 100 mn, (Castillo *et al.*, 1995). En comparaci3n con el invierno de 1995 (Arica - Coquimbo), al igual que en el caso anterior, hubo similares valores en la parte norte de la zona de estudio, aunque con una menor extensi3n de los n3cleos productivos, en cambio en la parte sur las concentraciones del presente crucero fueron mucho mayores, ya que la mayor3a de las concentraciones costeras registradas en 1995 fueron inferiores a $1 \mu\text{g/L}$ (Castillo *et al.*, 1996).

Por otra parte, la distribuci3n de fluorescencia in vivo (fiv), sigui3 una distribuci3n cercana a la de cloa, aunque, debido a la mayor densidad de datos tanto en la superficial como en la vertical disponibles, la fliv present3 estructuras que no necesariamente se observaron en la cloa. En este sentido, ya que el coeficiente de determinaci3n entre la cloa y fliv fue $> 0,7$, se puede decir que la fliv representa adecuadamente la distribuci3n de cloa. Sin embargo, las mediciones de fliv pueden ser utilizadas solamente como un indicador relativo de cloa, por lo tanto, los resultados obtenidos al utilizar la ecuaci3n lineal para la transformaci3n de fliv



a cloa deben ser usados solamente como un indicador del rango probable de concentración de cloa (Castillo *et al.*, 1996). Por lo tanto, como resultado del ajuste, se puede indicar que el foco de fliv que se encontró separado de la costa, con valores que superaron los 5 volt desde Mejillones a Tocopilla, podría contener valores de cloa $> 6 \mu\text{g/L}$, lo que a su vez coincidió con un foco importante de huevos de anchoveta. Mientras que hacia el norte, desde Tocopilla a Arica la franja costera de fliv da cuenta de un foco costero continuo, que al igual que la cloa, tuvo los más altos valores entre Tocopilla y punta Lobos.

En la vertical, los núcleos más extensos de cloa se registraron en la parte centro-norte, principalmente en Arica, punta Junín y punta Copaca, donde las concentraciones $> 1\mu\text{g/L}$ incluso superaron las 40 mn de extensión, con una capa que abarcó desde la superficie hasta una profundidad aproximada de 30 m. Destacaron además en este sector las transectas situadas frente a punta Lobos, donde el núcleo de altas concentraciones ($> 1\mu\text{g/L}$) se ubicó dentro de las primeras 5 mn, centrándose en los primeros 10 m de profundidad, y bahía Moreno, adonde superó los 20 m entre la costa y las 10 mn. En el sector sur en cambio, a saber, rada Paposo y punta Ballenita, los núcleos pigmentarios ($> 1\mu\text{g/L}$) estuvieron restringidos a la primera estación de muestreo, con un espesor del núcleo no superior a los 30 metros de profundidad. En comparación con las distribuciones verticales registradas durante el invierno de 1994, al igual que en la vista superficial, no hay grandes diferencias, reflejándose esta situación en las altas concentraciones de cloa integrada (cloint) que ambos cruceros tuvieron. Lo anterior significa que el pigmento presentó, en general, altas concentraciones y que además, éstas se distribuyeron en forma homogénea en la capa de 0 a 30 m. En el crucero de 1995, las concentraciones en la vertical fueron menores a las registradas en el presente estudio, y estuvieron más restringidas a la costa, lo que se reflejó en los bajos valores de cloaint que se observaron en toda la zona de estudio.



Morales *et al.* (1996), indicó que para la zona norte (Arica a punta Copaca) en el invierno del año 1993 las concentraciones del pigmento mayores a 1 $\mu\text{g/L}$ se distribuyeron ampliamente hacia el oeste alcanzando en algunos sectores hasta las 100 mn. Situación que no se observó en el 2004, sin embargo, el rango de concentraciones reportado en 1993 (0,2 a 16,8 $\mu\text{g/L}$) se mantuvo dentro de lo informado para el presente muestreo.

La distribución pigmentaria más pegada a la costa que se observó en los sectores de punta Lobos (T31) y de rada Paposo (T07) a punta Ballenita (T02) serían la respuesta a una entrada de agua oceánica hacia la costa, lo que se observa a través de las líneas de flujo geostrofico en ese sentido y a condiciones de viento débil hacia el oeste en el primer sector y viento hacia la costa en el segundo sector indicado.

Con respecto a la distribución de fliv, al igual que en la cloa, los valores fueron bajos en la parte sur del área de estudio, hasta el sur de bahía Moreno.

Desde punta Hornos (T09) hasta caleta Chipana (T19), la extensión de los núcleos de altos valores de fliv hacia el oeste fue notoria, coincidiendo con una parte importante del gran foco superficial de presencia y concentración de huevos de anchoveta. Este foco de huevos que partió desde punta Tres Picos (T11) coincidió, además, con la extensión hacia el oeste del frente térmico donde la profundidad base de la termoclina fue de entre 20 a 40 m, presentando también un amplio rango de salinidades (34,5 a 34,8 psu). Los flujos de anomalía geopotencial hacia el oeste y el transporte Ekman en la misma dirección, señalado por el IS positivo, señalan el desarrollo de una surgencia intensa en esa zona, situación que podría estar provocando el desplazamiento de huevos de anchoveta hacia el oeste, pero siempre manteniéndose dentro de la zona de frente térmico costero.



Hacia el norte de punta Junín, las distribuciones de cloa y fliv presentaron núcleos de valores altos que coincidieron con la distribución más oceánica de los huevos. Por otro lado, desde este punto hacia Arica, tanto la fliv como la distribución de huevos fue costera. En la última transecta de Arica, los huevos de anchoveta se distribuyeron en altas concentraciones hasta las 45 mn, registrándose 5 mn antes la mayor cantidad de huevos del crucero, donde además se observó un importantes núcleos de fliv y cloa subsuperficiales, reflejándose esta última en la cloa integrada, no así en los respectivos valores superficiales. En este sector, además, la TSM fue alta ($> 17^{\circ}\text{C}$) con una profundidad base de la termoclina de entre 10 y 30 m con una salinidad de 34,9 psu.

De acuerdo a lo presentado en las figuras de asociación de huevos y las variables oceanográficas en este crucero, parece ser claro que la variable huevos relaciona su presencia y abundancia con la zona costera que está afectada por procesos de surgencia. En esta zona se encuentran en general: los mayores gradientes térmicos horizontales, menores temperaturas y salinidades relativas, menores espesores de CM y termoclina y mayor abundancia fitoplanctónica. En definitiva, parece ser el proceso de surgencia, que define ciertas características ambientales, el que determinó la presencia y abundancia de los huevos de anchoveta en la zona y periodo de estudio.

El valor P_0 estimado durante el período de desove del año 2004 exhibe una disminución respecto de lo reportado para el año 2003, sin embargo, estuvo por sobre el promedio histórico, insertándose dentro de los más altos desde el año 1992 a la fecha, después de los períodos anuales de 2003 y 2001, así también y consecuente con una mayor producción de huevos, la tasa de mortalidad diaria de huevos en el mar se encuentra dentro de los tres valores mas altos de la serie anual de aplicación del método de producción de huevos. Por otro lado, el error



observado en la estimación del P_0 muestra en todas las aplicaciones del método, una directa relación con el número de observaciones efectuadas, es decir, mientras mayor es el número de observaciones, menor es el error, encontrándose a su vez, las mayores incertidumbres durante los años 2001 y 2003.

La frecuencia de desove de anchoveta estimada para el invierno de 2004 se mostró levemente inferior al año 2003, siendo comparable a la evaluada durante el año 1999, situándose dentro de los seis valores más altos desde 1992 a la fecha, señalando que durante el período en que se realizó la prospección de los adultos de anchoveta, el 17,6% de las hembras maduras desovaron a diario, dicho en otras palabras, que en el período de muestreo de 30 días, una hembra madura desovó, en promedio, 5,3 veces, o cada 5,7 días, valor que se encuentra dentro del rango promedio de desove de una hembra, considerando los periodos anuales previos.

La fecundidad registrada para el año 2004 derivada del análisis de 96 ovarios, correspondientes a hembras hidratadas capturadas entre Arica y Chañaral, fue la mas baja de los últimos 10 años, denotando una disminución en mas de un 34% respecto a la observada en el año 2003. La fecundidad varió entre 4.020 a 12.634 ovocitos por hembra, para ejemplares de anchoveta comprendidas entre 15,3 a 30,8 gramos. La baja fecundidad estimada para el año 2004 puede ser respuesta a dos factores principales, ya que actuaría de manera dependiente con el tamaño y el peso de los ejemplares analizados, variables que presentaron un estrecho rango, insertándose también dentro de los más bajos de la serie analizada.

Si bien los valores bajos de fecundidad obtenidos en el año 2004 pueden deberse a un efecto de muestreo debido al bajo rango de pesos para la regresión, esto es un reflejo del también reducido rango de tallas en la población de hembras que se viene observando desde el año 2002. Sin embargo, la caída en la fecundidad



relativa promedio (ovoc/g de peso de hembra) estar3a indicando un proceso biol3gico en la poblaci3n. Lamentablemente no se cuenta con informaci3n acerca de la variabilidad temporal (i.e. intraper3odo reproductivo) en la fecundidad parcial, de forma de dilucidar en forma clara si estamos frente a un efecto de muestreo, a un proceso biol3gico o al efecto combinado de ambos.

La biomasa estimada corresponde al valor m3s alto de la serie hist3rica de aplicaciones del m3todo. Se mantiene la estrecha relaci3n entre las biombras estimadas y las capturas totales del a3o, la cual es producto de los cambios en las 3reas de desove en funci3n de la disponibilidad o abundancia de anchoveta en la zona norte, asumiendo que la captura total del a3o es un buen indicador de la abundancia/disponibilidad. Es decir, cuando la abundancia/disponibilidad es alta, la anchoveta tiende a desovar en una zona m3s amplia en comparaci3n a a3os de menor abundancia/disponibilidad.

De acuerdo a lo presentado en las figuras de asociaci3n de huevos y las variables oceanogr3ficas, parece ser claro que la variable huevos relaciona su presencia y abundancia con la zona costera que est3 afectada por procesos de surgencia. En esta zona se encuentran en general los mayores gradientes t3rmicos horizontales, menores temperaturas y salinidades relativas, menores espesores de CM y termoclina y mayor abundancia fitoplanct3nica. En definitiva, parece ser el proceso de surgencia, que define ciertas caracter3sticas ambientales, que determinan la presencia y abundancia de los huevos de anchoveta en la zona y per3odo de estudio.

Al examinar visualmente el patr3n de distribuci3n de los centros de gravedad se advierte que en general los CG de los huevos se posicionan en las primeras 20 mn de la costa, a excepci3n de los a3os 1996, 2000 y 2004. Lo anterior es concordante con lo mencionado por otros autores que indican que los focos m3s



importantes de huevos de la especie, tienden a ubicarse en las primeras millas de la costa, en los bordes internos de gradientes térmicos y salinos (Oliva *et al.*, 2002 y Braun *et al.*, 2004). También es importante destacar que en el año 1997, debido a la influencia del evento ENOS, el centro de gravedad se desplaza hacia el sur, en este sentido Yañez *et al.* (1995) al analizar la distribución de anchoveta y sardina en la zona norte también mencionan un desplazamiento de las especies hacia el sur cuando la zona de estudio se ve influenciada por el evento ENOS.

Finalmente, se destaca que en el período invernal, la distribución espacial de los huevos de anchoveta se incrementa notablemente, apreciándose grandes concentraciones (Braun *et al.*, 2004), por otra parte, Morales *et al.* (1996) indican que en invierno (julio-septiembre), es la época de desove principal y de mayor abundancia del ictioplancton. También se destaca el hecho de que la mayoría de los CG se ubiquen cerca de la desembocadura del río Loa, lo que refuerza la hipótesis de que este sector es una zona de desove importante, en este sentido Pizarro *et al.*, (1998) mencionan que frente a la desembocadura del río Loa en el norte de Chile, entre los 20°30'S - 21°45'S, se han encontrado históricamente concentraciones importantes de huevos y larvas de *Engraulis ringens*.

Al emplear modelos aditivos generalizados, quedó en evidencia la relación no lineal entre los factores de localización y oceanográficos y la presencia y densidad de huevos de anchoveta en la zona norte del país. Los modelos propuestos son capaces de explicar una buena fracción de la variabilidad en los datos, vale decir, existe una ganancia de los modelos que incorporan las covariables latitud, longitud, salinidad y temperatura superficial del mar, frente a uno sin incorporar dichas variables explicatorias.

IX. CONCLUSIONES



En relaci3n al n3mero de huevos, el invierno de 2004 present3 con respecto al crucero MPH precedente una tasa de cambio positiva igual a 30,4%, constituy3ndose en el segundo registro m3s importante de la serie 1992 – 2004.

El patr3n de distribuci3n espacial de los huevos de anchoveta en el 3rea de estudio, se3ala que el desove se verific3 en el rango latitudinal comprendido entre punta Carrizalillo (26°00´S) y Arica (18°25´S), no reconoci3ndose registros positivos a huevos, frente a punta Lavata (25°40´S) y entre punta Piedra (24°40´S) y caleta Botijo (24°30´S) y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 80mn al oeste de punta A3a (22°00´S), Cerro Tolar del Carmen (21°50´S), punta Arenas (21°40´S) y punta Chileno (21°00´S), respectivamente. En t3rminos generales, los huevos de anchoveta tendieron a disminuir de costa a mar afuera y de norte a sur.

La intensidad del viento en la zona de estudio medida en forma horaria durante el crucero, fue menor que lo registrado en los per3odos de invierno de los 3ltimos 3 a3os.

La anomal3a de TSM tuvo un predominio de valores positivos en toda la zona. La anomal3a de SSM, por su parte, present3 valores negativos hacia el extremo norte de la zona y positivas hacia el sector oce3nico, desde Iquique hasta el l3mite sur.

La zona de estudio present3 condiciones oceanogr3ficas en superficie y subsuperficiales que se pueden indicar como normales.

Las anomal3as de temperatura y salinidad, tanto negativa como positiva, observadas en superficie el 3rea oce3nica en la zona de estudio, estar3an asociadas a procesos locales de viento y/o a la presencia de giros de mesoescala. La profundidad de la isoterma de 15°C registr3 anomal3as negativas y positivas



significativas que estuvieron asociados a patrones de flujo determinados por giros de mesoescala.

El espesor de la termoclina se presentó con características similares a las de los tres últimos años.

Anomalías térmicas significativas se encontraron sólo en la vertical de la transecta de bahía Moreno. Anomalías de salinidad vertical se registraron desde bahía Moreno al sur.

La clorofila a presentó altos valores de concentración con núcleos eutróficos que superaron los 20 m de espesor, por lo que la estructura vertical estuvo bien representada por la distribución de clorofila integrada.

La población fitoplanctónica tuvo durante el crucero un óptimo estado fisiológico, lo que se reflejó en los bajos valores de feopigmentos. La fluorescencia in vivo, representó adecuadamente la distribución de clorofila (coeficiente de determinación 0,7).

La distribución de huevos de anchoveta mostró una asociación positiva con las distribuciones de clorofila y fluorescencia in vivo, con pequeñas espesores de capa de mezcla y con una termoclina de espesor inferior a 10 m. Los rangos de temperatura y salinidad en donde se registró presencia de huevos fueron amplios. Las características señaladas están determinadas por la surgencia costera en la zona.

La producción diaria de huevos estimada en invierno de 2004, aunque reveló una notoria disminución con respecto a lo registrado durante el año 2003, fue la tercera más alta desde 1992. Si bien, una alta producción no está estrechamente



relacionado con una alta mortalidad, existe sin embargo, la posibilidad de que ello suceda.

El peso promedio alcanzado, cerca de 24 gramos, se constituye entre los cinco más bajos de los últimos 10 años, esto podría estar respondiendo la baja fecundidad registrada durante el año 2004, fecundidad que se constituye a su vez en el valor mas bajo desde el año 1992, exhibiendo un descenso de un 34% respecto del año precedente.

En cuanto a la fracción de hembras desovantes en la zona de estudio, el 17,6% de ellas desovó diariamente, lo que da una frecuencia de desove por hembra madura de 5,3 veces o cada 5,7 días, considerando un período de 30 días. Esta cifra se acerca a la registrada durante el año 2003 y se encuentra dentro de los valores considerados altos (18 a 19 %) de todas las observaciones realizadas, estos resultados estarían estrechamente relacionados con el peso promedio de las hembras maduras, ya que en los períodos donde se han encontrado valores dentro de este rango, han sido en aquellas ocasiones cuando las hembras han presentado valores en el peso promedio entre los 23,6 a 32 gramos.

La biomasa estimada durante el invierno 2004, se inserta como la más alta de todos los períodos analizados, lo que indica una buena relación entre esta variable y la captura total del año 2004, que alcanzó a 1.400.000 toneladas.

El efecto de las funciones suavizadas indica que si bien el desove se produce en todo el rango latitudinal analizado, el área al norte de los 23°S presenta condiciones más favorables para la presencia y la densidad de huevos. Respecto de la longitud se observa que éste es un proceso costero, en efecto longitudes localizadas al este de los 70° 22' W tienen un impacto positivo gradual en la densidad de huevos.



En cuanto a las condiciones oceanográficas, temperaturas entre los 15° y 17°C favorecieron la presencia de huevos de anchoveta, verificándose un efecto positivo sobre las densidades en el rango de los 15° a 16,5°C; en tanto, salinidades en torno a las 34,7 psu poseen un efecto positivo en la presencia de huevos, mientras que para la densidad de huevos salinidades entre los 34,40 y 34,83 psu ejercen un efecto positivo.



X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aitchison, J., & J. A.C. Brown. 1957. The lognormal distribution. Cambridge University Press, Cambridge, MA. 387 p.
- Augustin, H.N. D.L. Borchers, E.D. Clarke, S.T. Buckland & M. Walsh. 1998. Spatiotemporal medelling for the annual egg production method of stock assessment using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat .Sci.* 55: 2608-2621.
- Alheit, J., V.H. Alarcon and B.J. Macewicz. 1984. Spawning frecuency and sex ratio in the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 25: 43-52.
- Ayon, P. y B. Buitron. **1997**. Estimación de la biomasa desovante del stock norte-centro de la anchoveta por “el Método de Producción de Huevos”, durante el invierno 1996. En Crucero de Evaluación de la Biomasa Desovante de la Anchoveta. BIC Humboldt 9608-09. IMARPE-PERU. CEE-VECEP ALA 92/43. Informe N° 123. 13-19.
- Bakun A. And R. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the california and Peru Current System. CalCOFI. Rep., Vol XXIII, 99-112.
- Blanco, J. L. A. C. Thomas, M. E. Carr Y P. T Strub. **2001**. Seasonal climatology of hidrographics conditions in the upweling region off nortern Chile. *J. Geophis, Res.*, 106, C6, 11451-11467.



- Blanco, J.L. 1996.** Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile, Informe Interno para IFOP.
- Blaxter, J. and J. Hunter, 1982.** The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.* 20: 201 – 223.
- Braun, M., H. Reyes, V. Valenzuela, J. Castillo, J. Osses y V. Catasti. 2004.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Informe Final. FIP 2002-01. 156 pp + tablas y figuras.
- Braun, M., G. Claramunt, H. Reyes, V. Catasti, C. Montenegro, V. Baros, E. Díaz, J. Pizarro y P. Pizarro. 2003.** Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2003. Informe Final Proyecto FIP 2003-07. 131pp+ 55 figuras, 18 tablas y 3 Anexos.
- Braun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo y V. Catasti. 2002.** Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).
- Borchers, D.L., S.T. Buckland, I.G. Priede, and S. Ahmadi. 1997.** Improving the precision of the daily egg production method using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 2727 –2742.
- Butler, M., C. Leblanc, J. Belbin Y J. Macneil. 1990.** Cartografía de recursos marinos: un manual de introducción. FAO, Documento Técnico de Pesca N° 274. 281 p.
- Cañon, 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.



Castillo, J., M. Barbieri, J. C3rdova, S. Lillo, U. Parker, J. L. Blanco, M. Braun y J. Osses. **1996**. Evaluaci3n Hidroac3stica de los recursos anchoveta, jurel y sardina espa3ola de las regiones I a IV. Informe Final FIP-IT95-03. Instituto de Fomento Pesquero (Valpara3so, Chile). 165 p + Tablas y figuras.

Castillo, J., M. Barbieri, A. Paillam3n, U. Parker, J. L. Blanco, H. Reyes, M. Braun y J. Osses. **1995**. Evaluaci3n hidroac3stica de los stocks de sardina espa3ola, anchoveta y jurel en la zona norte, I a IV regiones. Informe Final FIP. Instituto de Fomento Pesquero (Valpara3so, Chile). 152 p + Tablas, figuras y anexo.

Castillo, J., J. L. Blanco, H. Reyes, M. Braun, H. Reyes y H. Robotham. **1994**. Evaluaci3n directa del stock de sardina espa3ola, anchoveta y jurel (I a IV regiones). Informe Final FIP-IT/93-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valpara3so, Chile). 108p + anexos.

Castillo, J. y O. Guzm3n. **1985**. Variaciones de la distribuci3n espacial de la sardina espa3ola y jurel durante El Ni3o 1982-83. Invest. Pesq. (Chile), 32: 79-93.

Claramunt, G., G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, R. Escribano, M. Oliva, A. Olivares y A. Zuleta. **1997**. Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta por el "M3todo de Producci3n de Huevos" en la I y II Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 96-01. Fondo de Investigaci3n Pesquera. Universidad "Arturo Prat" Iquique. 75 p. + anexos.

Claramunt, G., G. Herrera, J. Pizarro, P. Pizarro, R. Escribano, M. Oliva, A. Olivares, C. Guerra y A. Zuleta. **1996**. Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta por el "M3todo de Producci3n de Huevos" en la I y II Regiones. Informe Final,



Proyecto FIP 95-01. Fondo de Investigación Pesquera. Universidad “Arturo Prat” Iquique. 49 p + anexos.

Cochran, W.G. 1977. Sampling techniques. 3rd edition. Wiley and Sons. New-York, 413p.

Eastman, J. R. 1997. IDRISI for windows: User’s Guide. Clark University, MA-USA, 372 pp.

Frontier, S. 1966. Zooplancton de la región Nosy-Bé I (Programa des recortes et techniques d’etude. II). Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah orstom (Oceanog.), 4(3):3-37.

García, M. 1993. Fluctuaciones ambientales y su relación con pesquerías pelágicas del Pacífico suroriental. Tesis para optar al título de Ingeniero Pesquero, Esc. Cs. del Mar, UCV. Valparaíso. 104 pp.

Gordon, S., H. Chisheng & K. Stephen. 1992. Spatial analysis of Bearing Sea groundfish survey data using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1366-1378.

Hastie, T. J. and R. J. Tibshirani. 1990. Generalized additive models, Chapman & Hall, London.

Hewitt, R. Bindman and N. Lo. 1984. Procedures for Calculating the Egg Production Estimate of Spawning Biomass. Administrative report LJ-84-19. National Marine Fisheries Service. Southwest Fisheries Center. La Joya. Ca. U.S.A. 46 p.



- Hunter, J. N. Lo and R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. 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: 67 - 77.
- Hunter, J. R. and S. R. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish Bull., U.S. 77: 641-652.
- Hunter, J. R. and B. J. Macewicz. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 21: 139-149.
- Jacob, B. 2002. Variabilidad espacio temporal de las condiciones oceanográficas físicas y biológicas asociadas a la Anchoveta (*engraulis Ringens*) en la zona norte de Chile durante los periodos Pre El Niño (1995-96) y El Niño (1997-98). Tesis para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Pesca y Acuicultura. Universidad del Mar.
- Lo, N. 1985. A model for temperature – dependent northern anchovy egg development and an automatic procedure for the assignment of egg to staged eggs. NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 43 – 50.
- Lo, N. 1997. Empirical analyses of the precision of regression estimates of daily egg production and egg mortality of pelagic fish for daily egg production method. Ozanografika. 2: 71-89.



Lohrenz, S. E., D. Wiesenburg, I. P. DEPalma, K. S. Jhonson y D. E. Gustafson, Jr. 1988. Interrelationships among primary production, chlorophyll, and environmental conditions in frontal regions of the western Mediterranean Sea. *Deep-Sea. Res.* 35(5):793-810.

Macewicz, B. and R. Hunter. 1993. Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. *CalCOFI Rep.*, Vol. 34. 112-121.

Macewicz, B. J.; J. J. Castro; C. E. Coto and J. R. Hunter. **1996**. Adult reproductive parameters of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. *CALCOFI-REP*, 1996, vol 37, pp. 140-151.

Martínez, C., G. Böhm, R. Gili, J. Oliva, M. Cortés, E. Díaz, L. Muñoz, M. Nilo y E. Palta. **2003**. Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Norte. Informe Final. Inst. Fom. Pesq.

Martínez, C., L. Caballero, U. Parker, G. Böhm, J. Oliva, V. Fernández, S. Peña, R. Gili, H. Hidalgo, P. Barría, R. Serra y M. Nilo. **1995**. Diagnóstico de las principales pesquerías pelágicas zona norte en 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. Chile. 135 p.

Martínez, C., L. Caballero, U. Parker, G. Böhm, J. Oliva, V. Fernández, S. Peña, R. Gili, H. Hidalgo, P. Barria, R. Serra y M. Nilo. **1994**. Diagnóstico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. 135 p.

Martínez, C., U. Parker, L. Caballero, G. Böhm, J. Oliva, S. Peña, R. Gili, H. Hidalgo, V. Fernández, P. Barria y R. Serra. **1993**. Diagnóstico de las principales



pesquerías pelágicas zona norte 1992. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. 135 p.

Martínez, C., L. Caballero, G. Böhm, J. Oliva, R. Gili, V. Böcic, P. Barria y R. Serra. 1992. Diagnóstico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1991. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. Chile. 51 p.

McCullagh, P. & J. A. Nelder. 1983. Generalized Linear Models. New York:Chapman and Hall. 261.p

Microimages. 1997. TNTmips The Map & Image Processing System 5.8, User's Guide and Technical References. MicroImages, Inc, Nebraska, USA.

Millero, F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Res., 28A, 625-629.

Morales, C. E., J. L. Blanco, M. Braun, H. Reyes AND A. G. Davies. 1996. Anchovy larval distribution in the coastal zone off northern Chile: The effect of low dissolved oxygen concentrations and of a cold-warm sequence (1990-1995). Invest. Pesq., Valparaíso: 24, 77-96.

Moser, H.G. and E.H. Ahlstrom. 1985. Stating anchovy eggs. In An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy (*Engraulis mordax*), R. Lasker, ed. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep.. NMFS 36: 37- 41.



Neter J., W. Wasserman & M. Kutner. 1990. Applied Linear Statistical Models. 3rd ed. R. D. IRWIN, INC. 1181 p.

NODC. 1991. Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National oceanographic data Center. NOAA. USA.

Oliva J., H. Reyes, V. Baros, E. Díaz, C. Montenegro, V. Catasti, G. Claramunt, G. Herrera, J. Pizarro, P. Pizarro y S. Soto. **2003**. Evaluación del stock desovante de la anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2002. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 2002-10. 87 p. + anexos.

Oliva 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.

Oliva J., C. Montenegro, M. Braun, O. Rojas, E. Díaz, V. Catasti, H. Reyes, P. Barría, R. Serra, G. Claramunt, G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, R. Escribano y M. Oliva. **2001**. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, año 2000. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 2000-06. 114 p. + anexos.

Oliva J., M. Braun, J. Cordoba, J. Castillo, V. Catasti, V. Valenzuela, O. Rojas, J. Blanco Y C. Martínez. **2000**. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones (1999). Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 99-10. 133 p.



- Oliva J., M. Braun, J. Castillo, J. Blanco y O. Rojas. **1998**. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones (1997). Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 97-01. 133 p.
- Oliva J., J. Barañados Y M. Tirado. **1989**. Determinación de la fecundidad y frecuencia del desove de la sardina (*Sardinops sagax*), 1986. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número Especial): 341-348.
- Parker, K. **1980**. A direct method for estimating northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning biomass. Fish. Bull., U.S. 78: 541-544.
- Parsons, T.R , Y. Maita y C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press 173 pp.
- Pennington, M. **1986**. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. (U.S.) 84:519-525.
- Pennington. M. 1983. Efficient estimators of abundance for fish and plankton surveys. Biometrics 39:281-286.
- Picquelle S. J. and R. P. Hewitt. 1983. The northern anchovy spawning biomass for the 1982-83 California fishing season. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 24: 16-28.
- Picquelle, S. J. and G. Stauffer. 1985. Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assessment. 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: 7-15.

Pizarro J., W. Palma 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. En: Invest. Mar., Valparaíso, 26: 97-108.

Reynolds, R. 1982. A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Techival Report NNS-31, National Metereological Center, NOAA, Silver Springs, Md.

Rojas, 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.

Rojas, O. y J. Oliva. **1993**. Evaluación del Stock Desovante de Anchoveta de la Zona Norte por el Método de Producción de Huevos. Programa de evaluación directa de recursos pelágicos de la zona Norte. Convenio Empresas Pesqueras del Norte e Instituto de Fomento Pesquero. 50 p.

Santander, H., P. E. Smith y J. Alheit. **1982**. Determinación del esfuerzo de muestreo requerido para el estimado de producción de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente al Perú. Bol. Inst. Mar. Perú, Callao. 7(1):16p.

Santander, H., J. Alheit and P.E. Smith. **1984**. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicación del " Método de Producción de Huevos ". Bol. Inst. Mar Perú, Callao. 8: 209-250.



Seabird, 2004. Manual de Proceso de datos de CTD Sea Bird.

http://www.seabird.com/pdf_documents/manuals/SBEDataProcessing_5.32a.pdf

SERNAPESCA, 2002. Anuario Estadístico de Pesca.

Silva, C., E. Yañez. M. A. Barbieri y K. Nieto. 2003. Asociaciones entre la pesquería de pequeños pelágicos, la clorofila *a* y la temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile. *In: Actividad pesquera y de acuicultura en Chile.* Valparaíso, 157-162.

Smith. P. E., W. Flerx and R. P. Hewitt. 1985. The CalCOFI vertical egg tow (CalVET) net. *In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, **Engraulis mordax**.* U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 27-32.

Stéfansson, G. 1996. Analysis of groundfish survey abundance data; combining the GLM and delta approaches *ICES J. Mar. Sci.* 53: 577-588

Thompson, S.K. 1992. "Sampling". John Wiley & Sons, Inc. 343 pp.

UNESCO, 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.

UNESCO, 1981b. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°37.



UNESCO, 1981c. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.

Yamamoto, K. and H. Yoshioka. **1964**. Rhythm of development in the oocyte of the medaka, *Oryzias latipes*. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ. 15: 5-19.

Yáñez, E., A. Gonzalez Y M. A. Barbieri. **1995**. Estructura térmica superficial del mar asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y Anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. Invest. Mar., Valparaíso, 23: 123-147.

FIGURAS

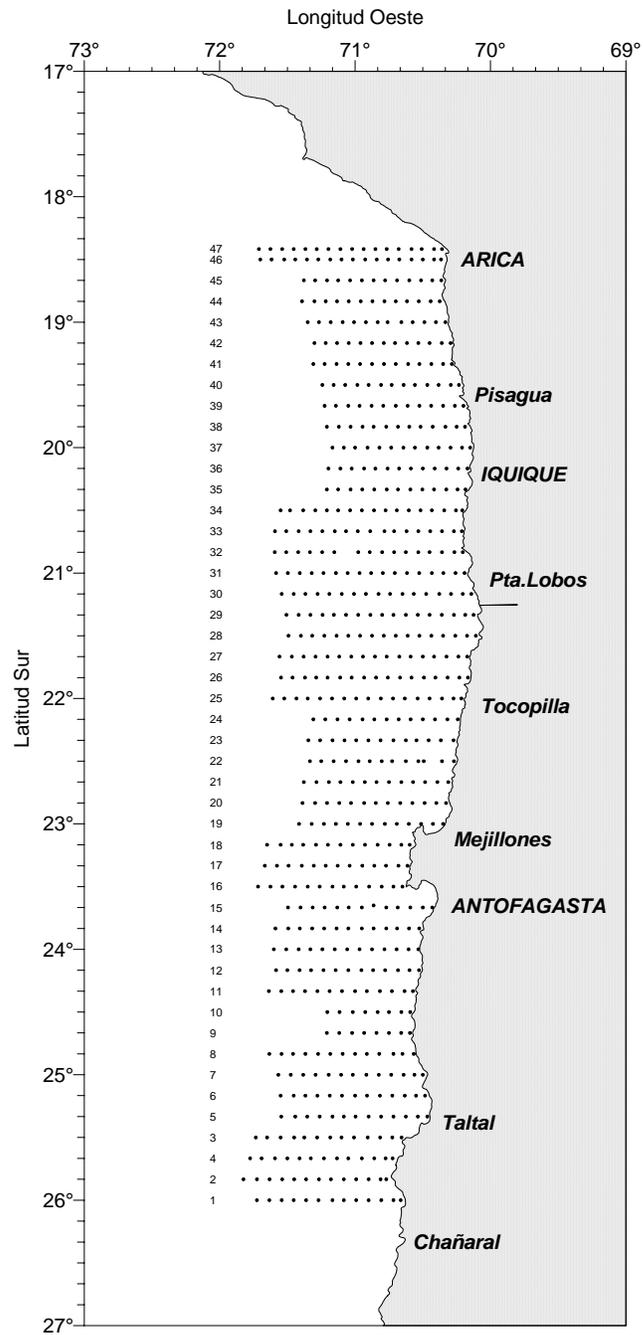


Figura 1.- Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MPH - Invierno 2004.

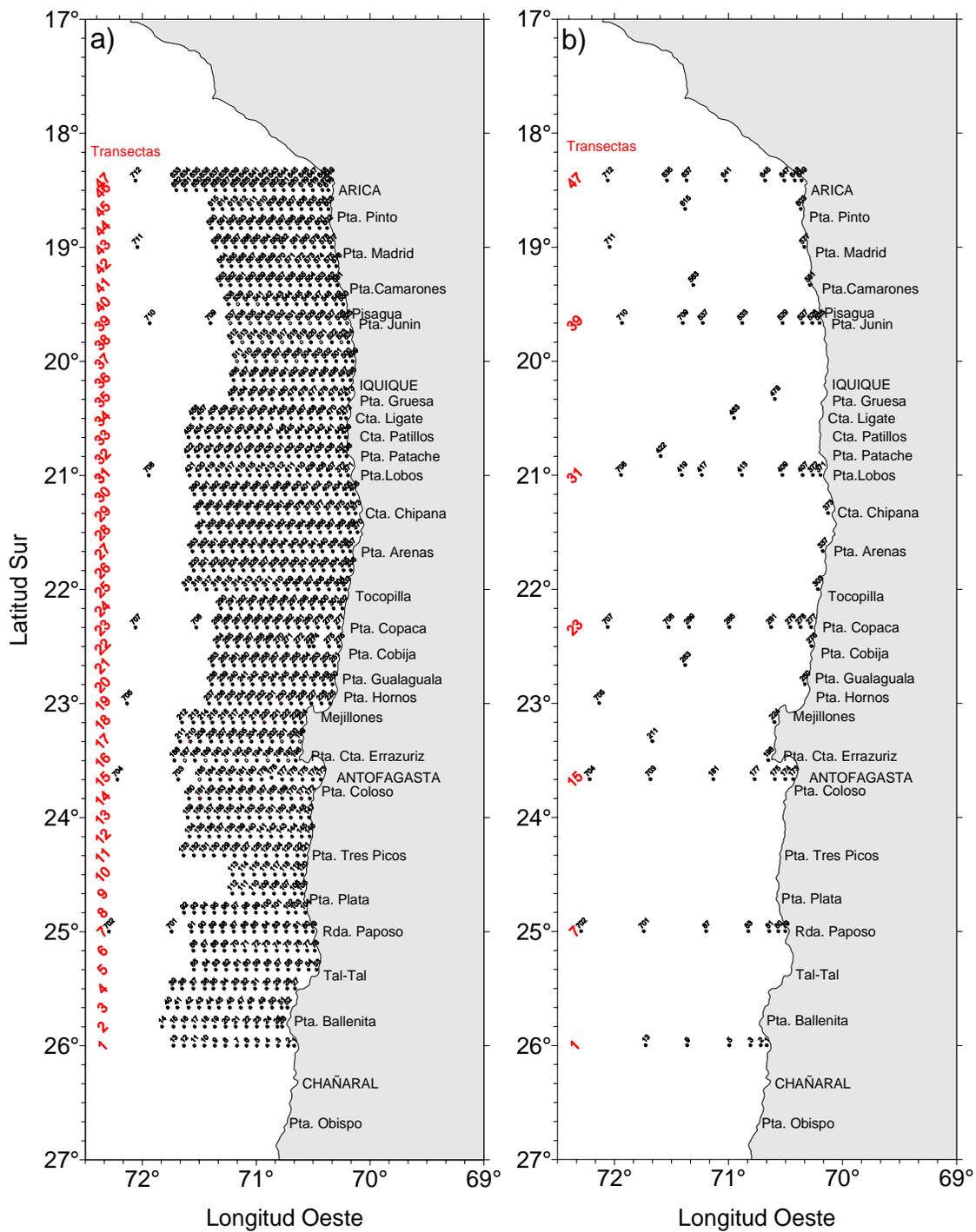


Figura 2. Ubicación geográfica de a) estaciones oceanográficas con CTD y b) estaciones con muestreo de clorofila (estaciones completas). En rojo se indica el número de la transecta. Crucero MPH - Invierno 2004.

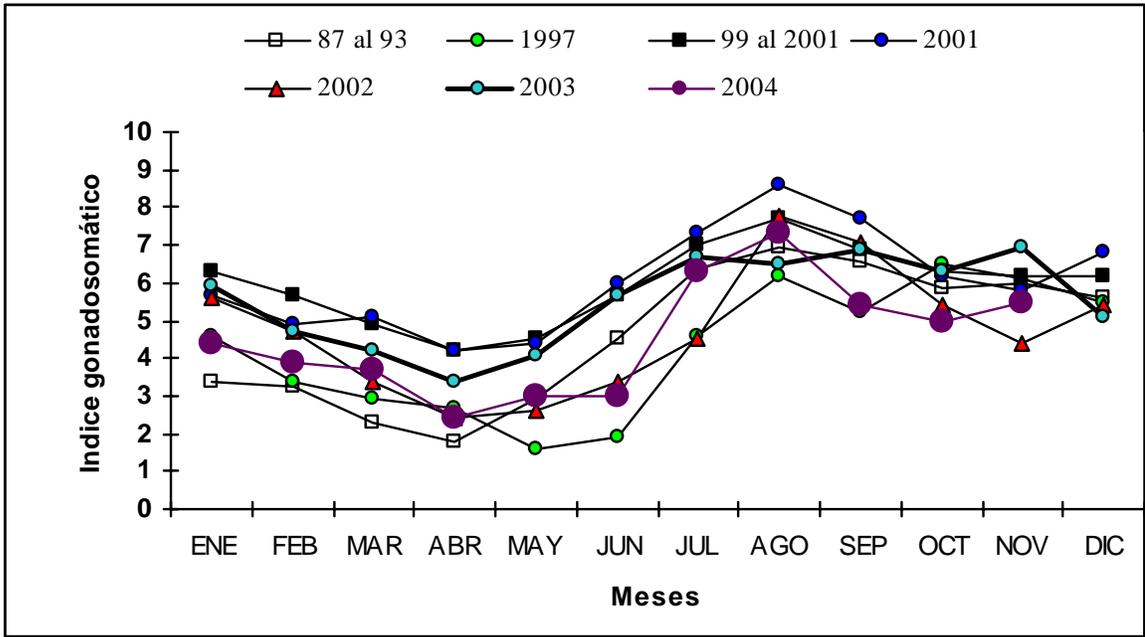


Figura 3. Evolución del índice gonadosomático de la anchoveta en la I y II Región.

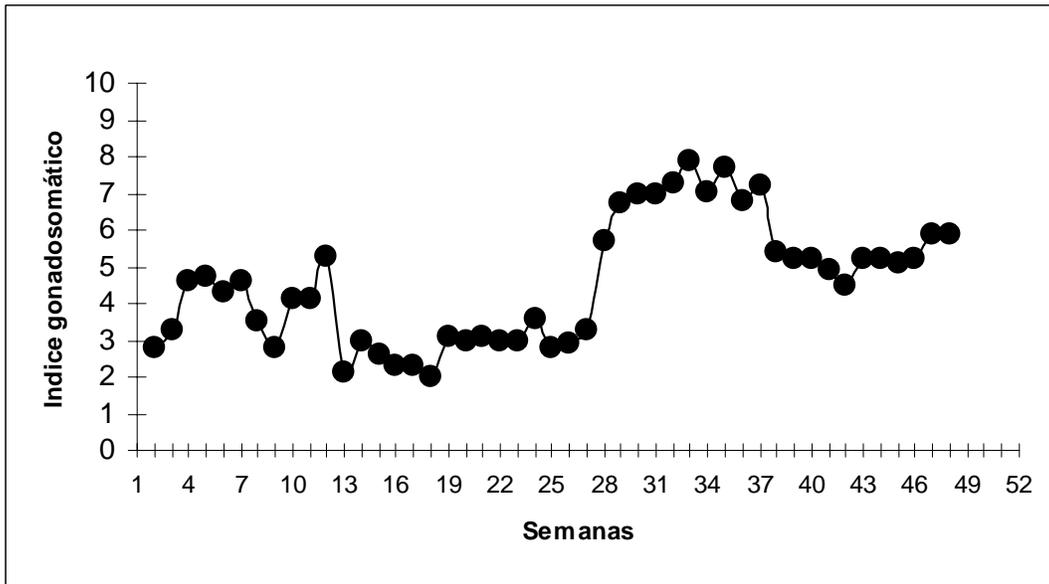


Figura 4. Evolución semanal del índice gonadosomático de la anchoveta (29 de diciembre de 2003 al 28 de noviembre de 2004).

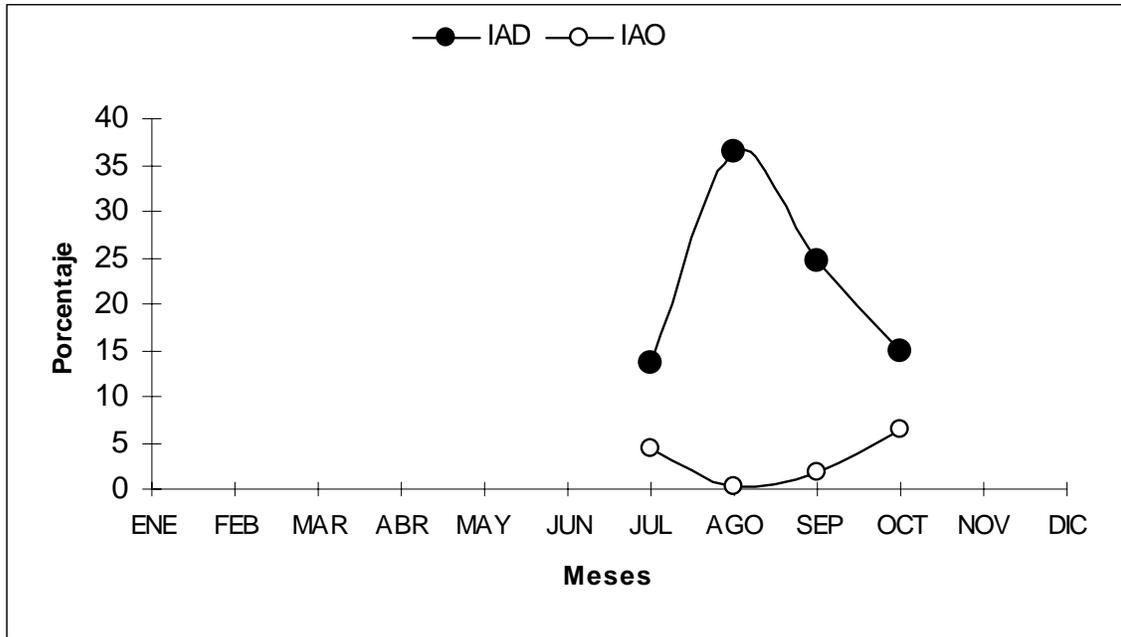


Figura 5 Evolución mensual de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO) (28 de junio al 31 de octubre de 2004).

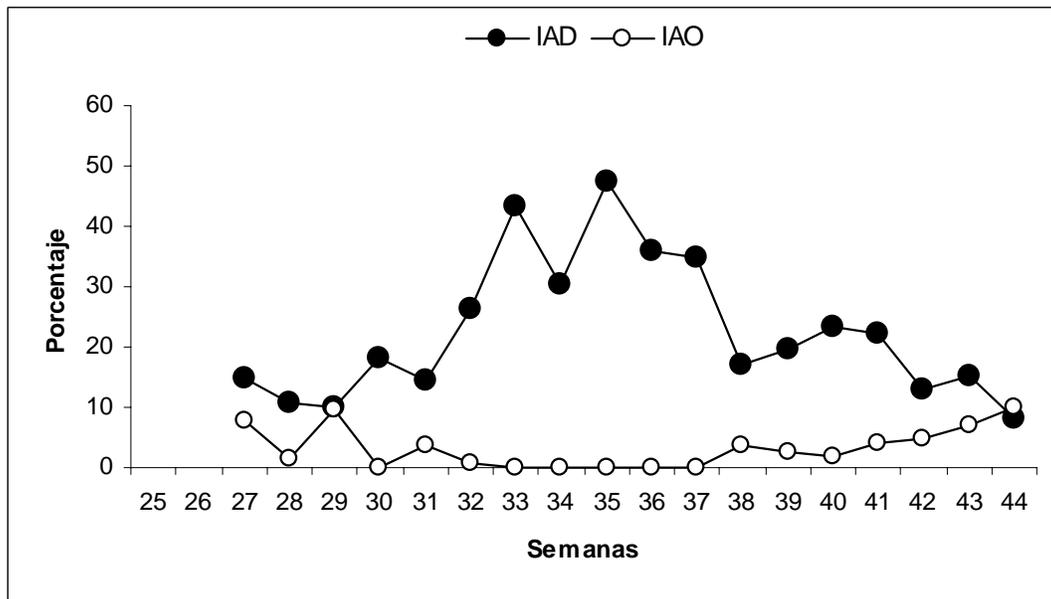


Figura 6. Evolución semanal de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO)(28 de junio al 31 de octubre de 2004).

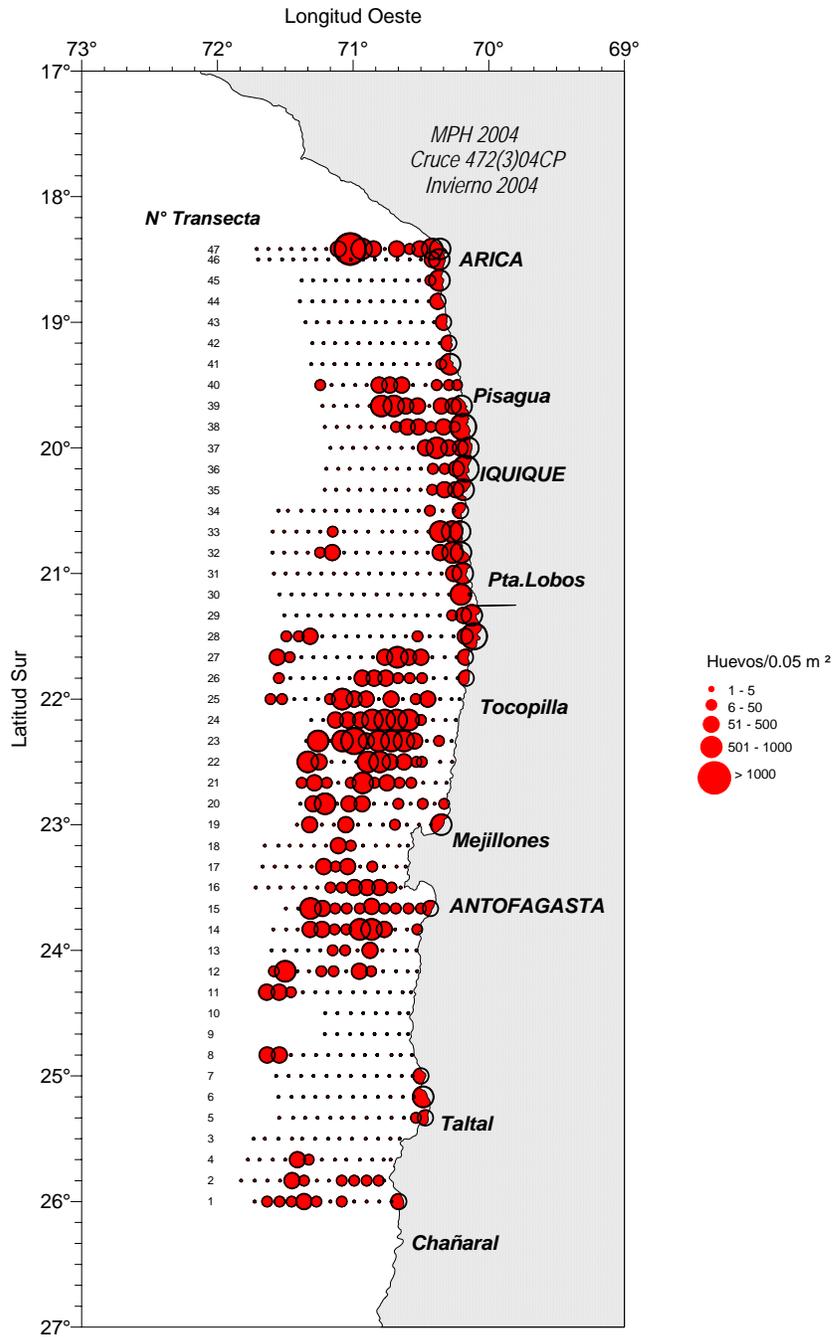


Figura 7 .- Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH - Invierno 2004.

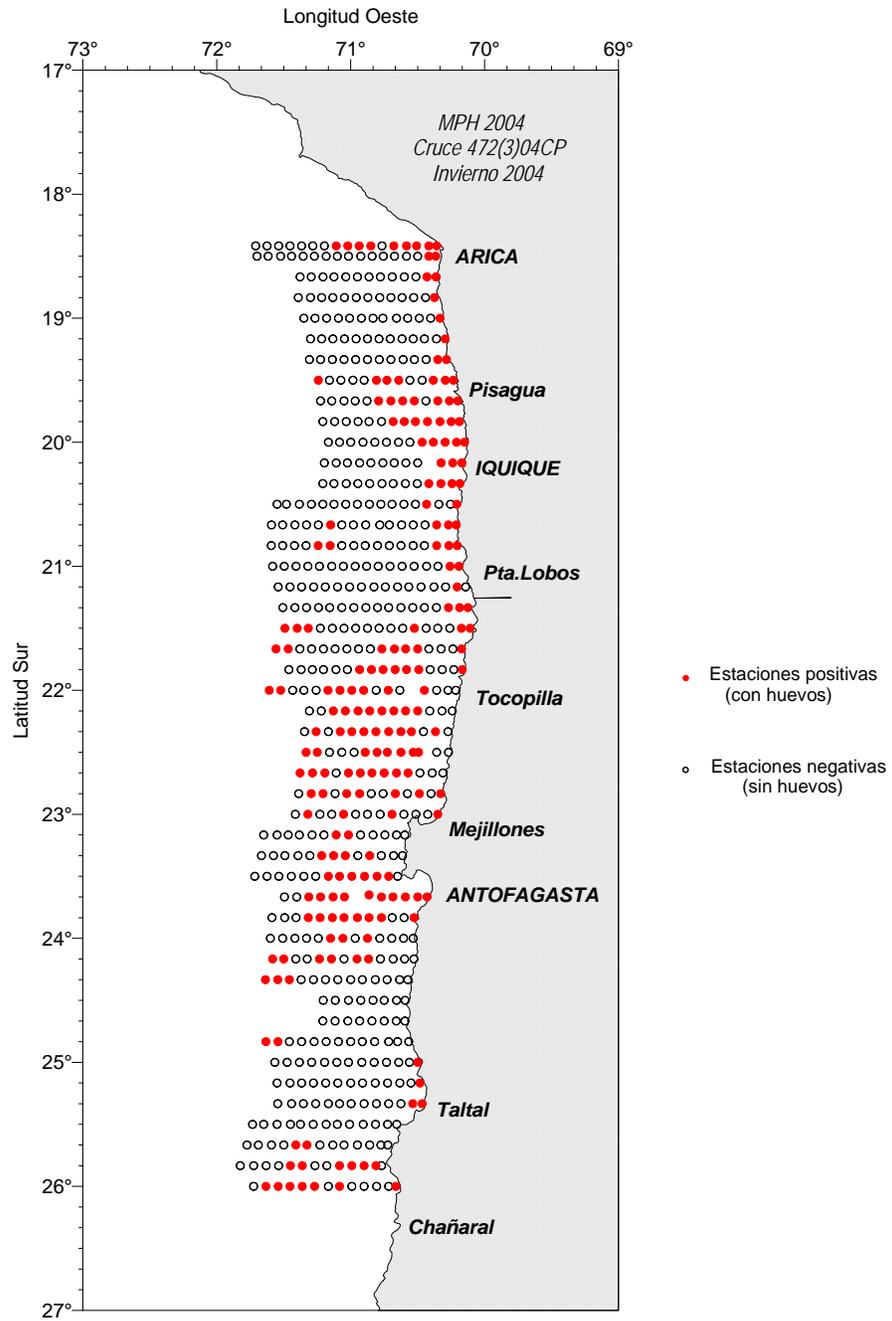


Figura 8.- Distribución geográfica de las estaciones planctónicas con presencia y ausencia de huevos de Anchoqueta. Crucero MPH - Invierno 2004.

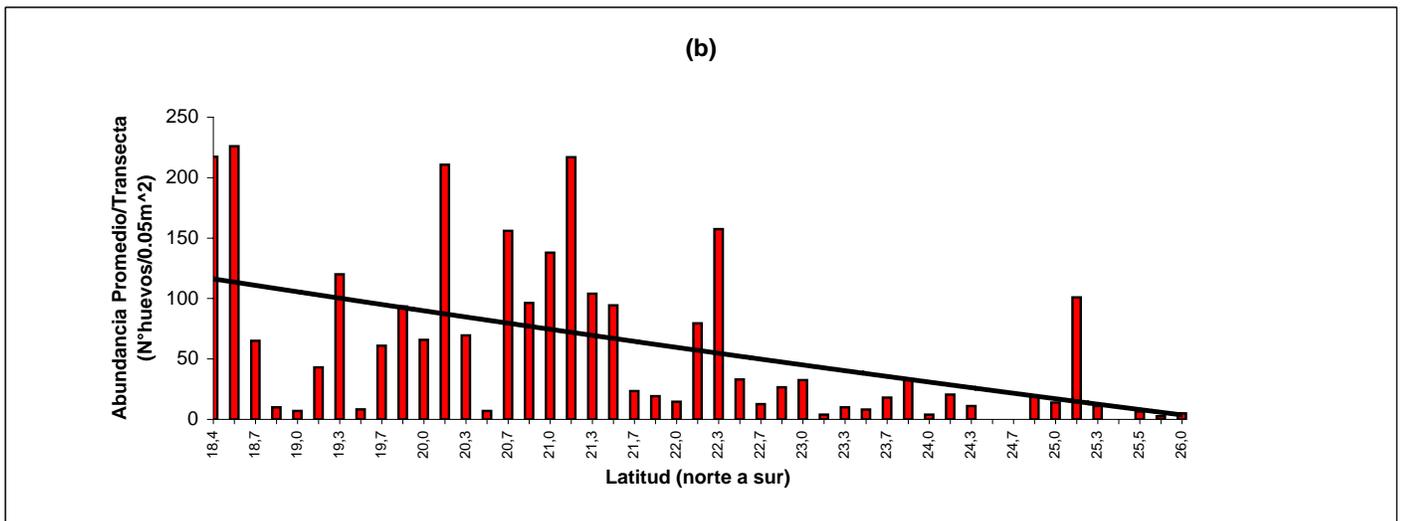
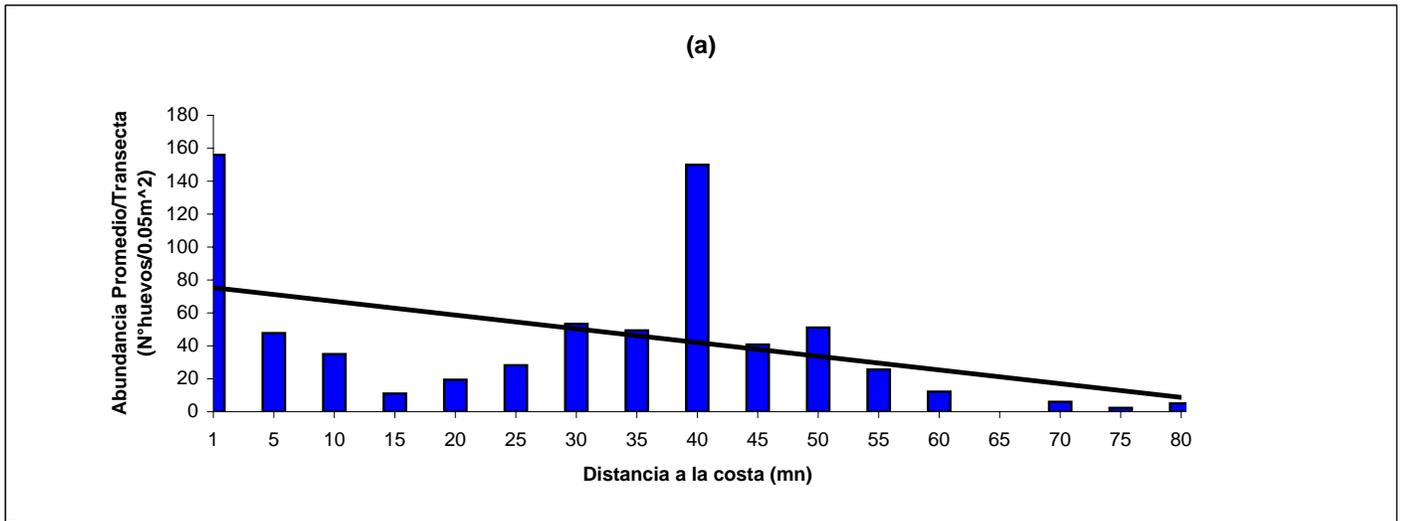


Figura 9. Distribución de la abundancia promedio de huevos de anchoveta por transecta con respecto a la distancia de la costa (a) y a la latitud (b). La línea continua indica la tendencia calculada estadísticamente. Crucero MPH - Invierno 2004.

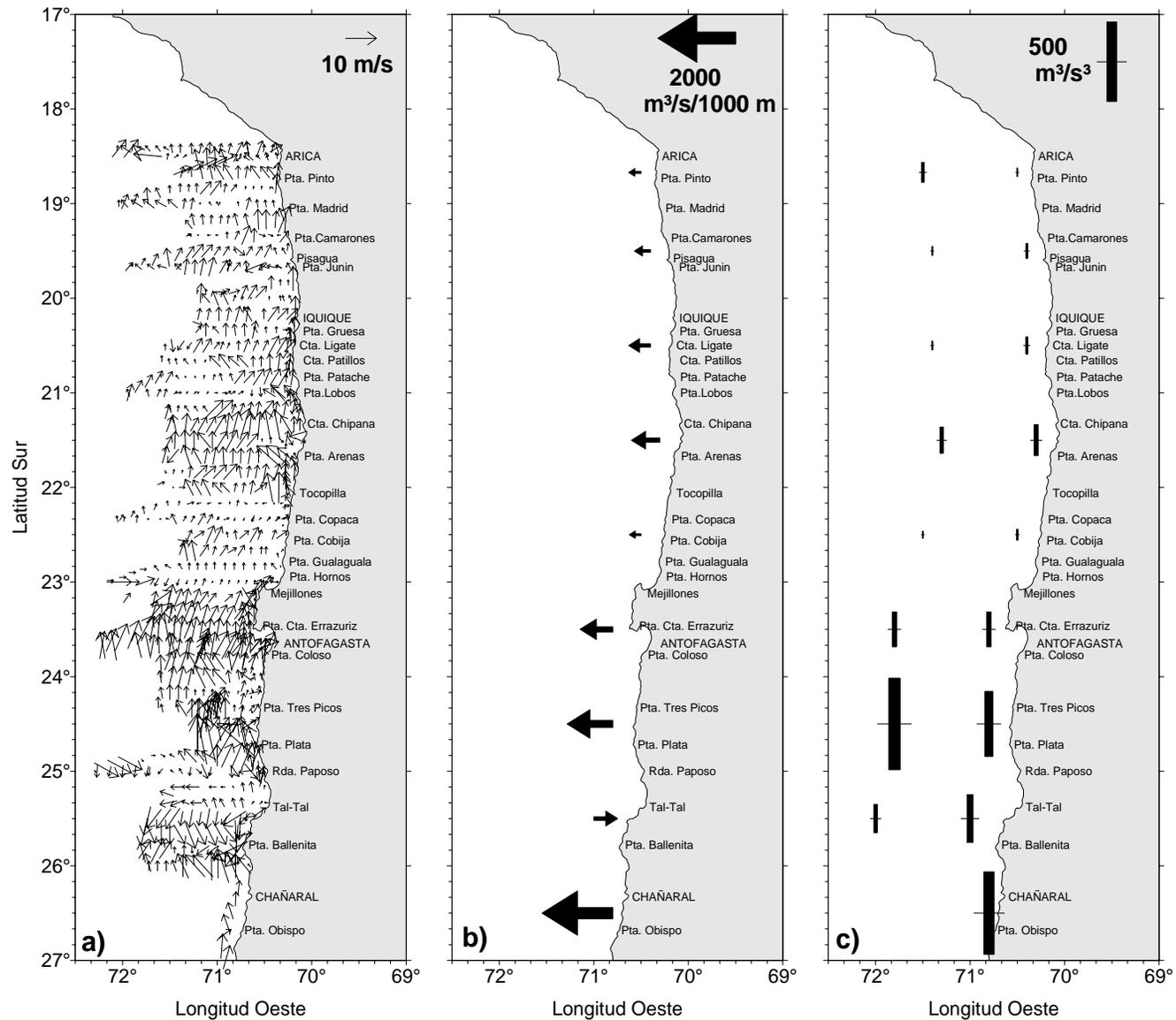


Figura 11. Dirección e intensidad del viento (m/s), (a) índice de surgencia (IS) promedio costero, (b) índice de turbulencia (IT) promedio costero y oceánico por grado de latitud, (c) del viento predominante medido cada una hora sobre el track de navegación. Para el IS e IT de las figuras a y b, el grosor y tamaño de los símbolos indica el tamaño proporcional para el valor indicado. Crucero MPH - Invierno 2004.

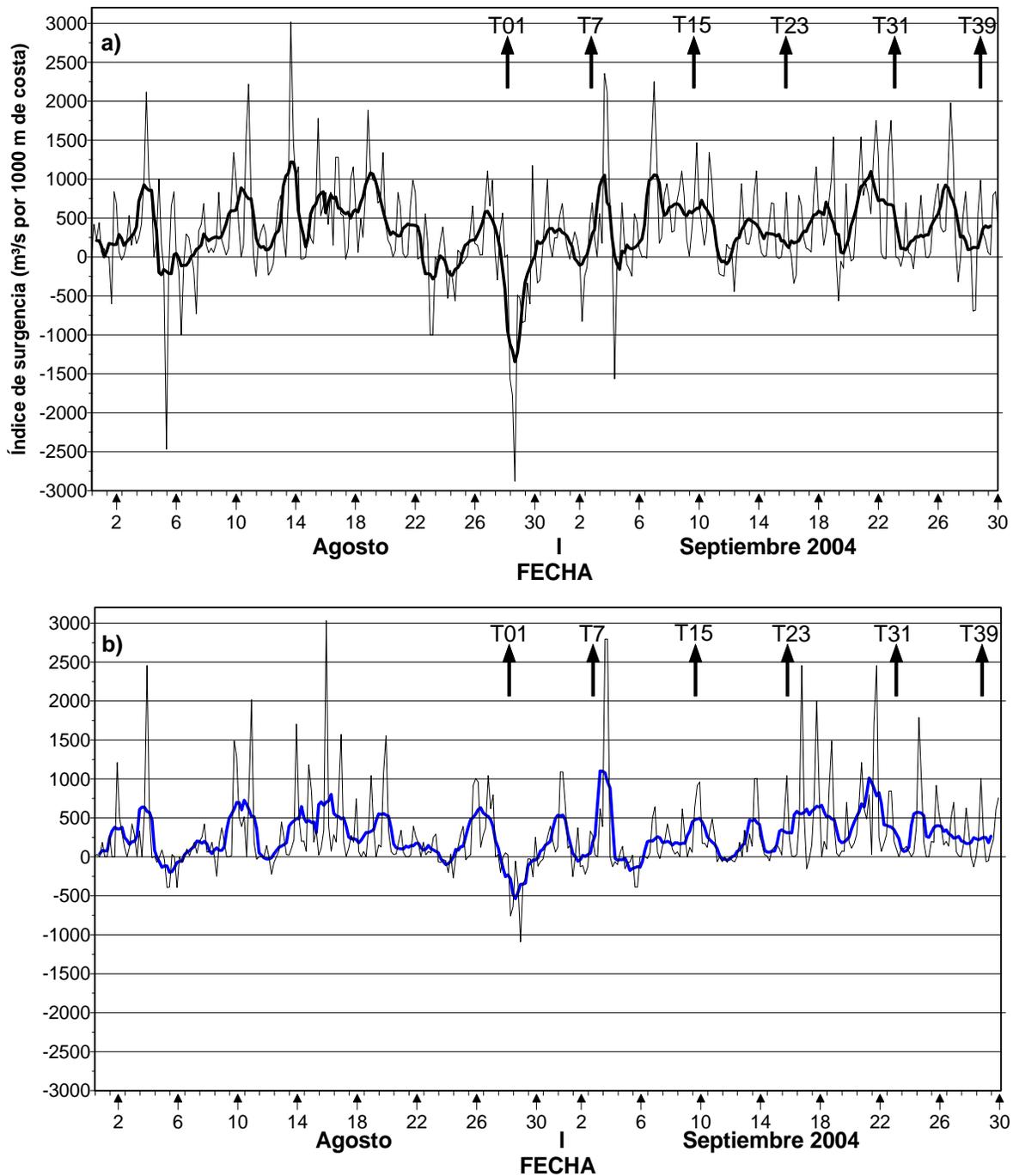


Figura 12. Índice de surgencia (IS) instantáneo e IS promedio (m^3s^{-1} por 1000 m de costa) obtenido con el viento registrado cada 4 horas en los aeropuertos de a) Antofagasta (Cerro Moreno) y b) Iquique (Diego Aracena) entre el 1 de Agosto y 30 de Septiembre de 2004. La línea gruesa indica el IS filtrado con un promedio móvil de 6 pesos. Se indican las transectas realizadas en cada fecha.

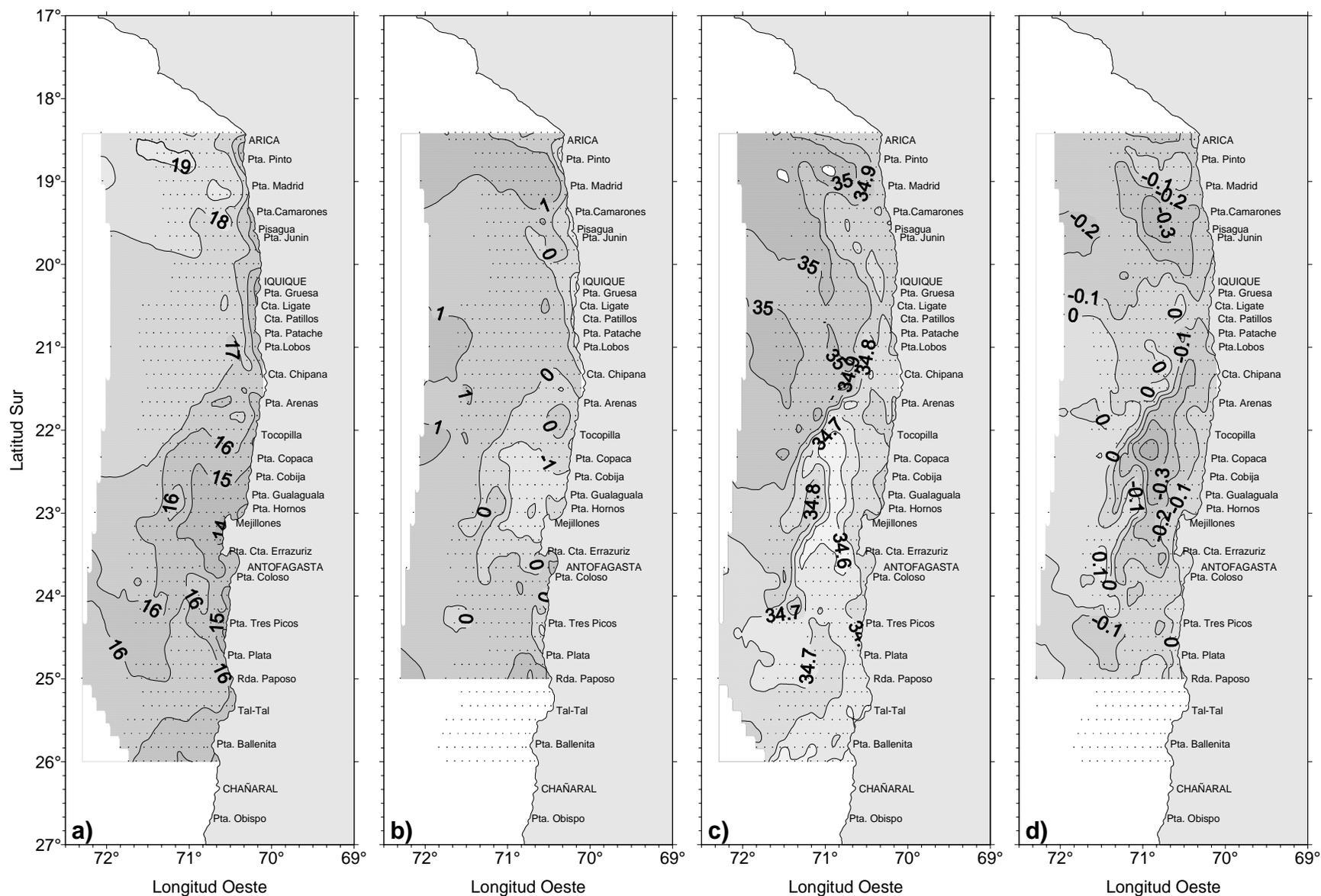


Figura 13. Distribución superficial de a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH - Invierno 2004.

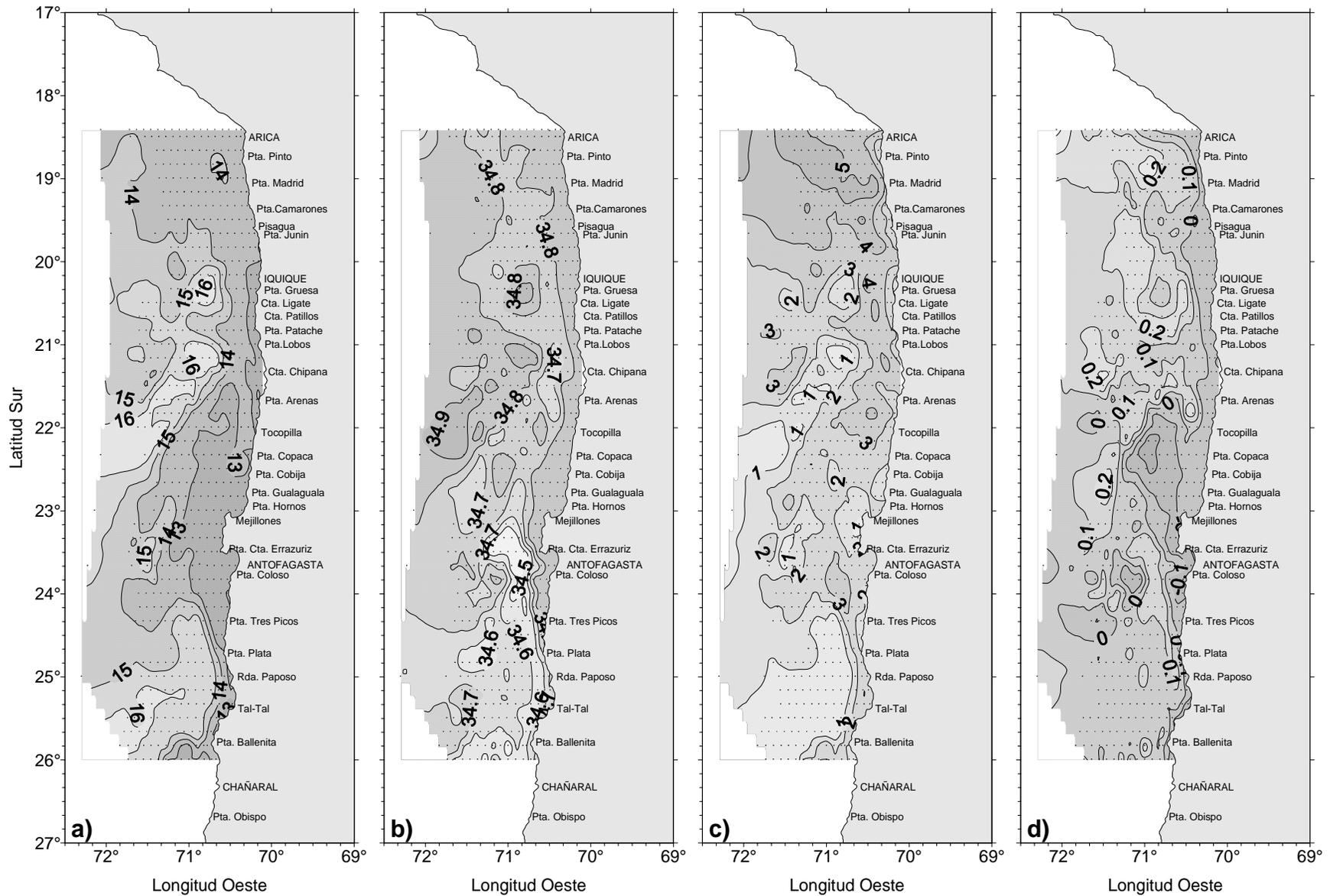


Figura 14. Distribución de a) temperatura (°C) y b) salinidad (psu) en el nivel de 50 m de profundidad, c) diferencia térmica (°C) y d) diferencia de salinidad (psu) entre superficie y el nivel de 50 m. Crucero MPH - Invierno 2004.

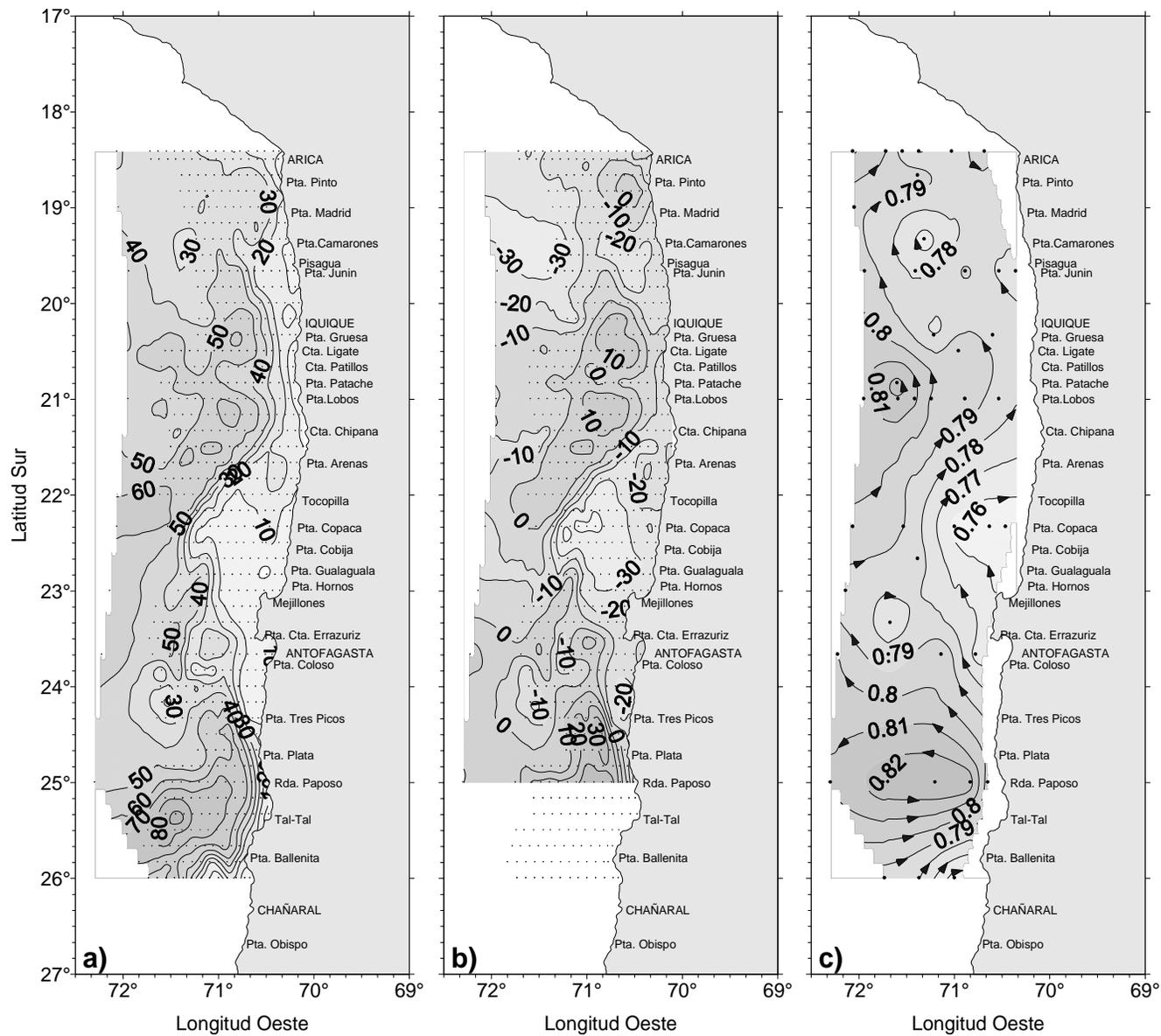


Figura 15. Distribución superficial de a) profundidad de la isoterma de 15°C (m), b) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) y c) Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 (db). Crucero MPH - Invierno 2004.

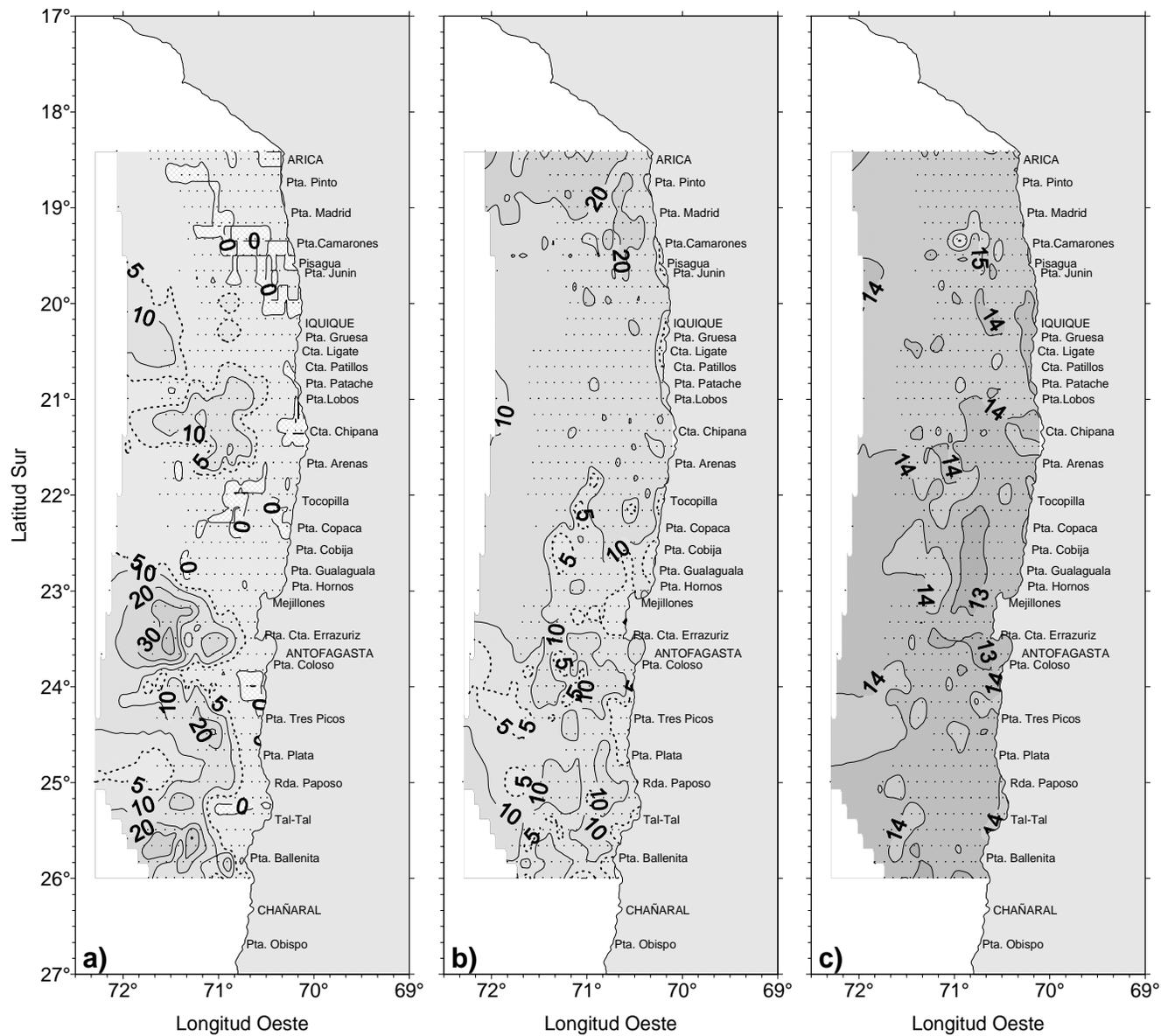


Figura 16. Espesor de la capa de mezcla (m) (a), espesor de la termoclina (m) (b) y temperatura base de la termoclina (°C) (c). Crucero MPH - Invierno 2004.

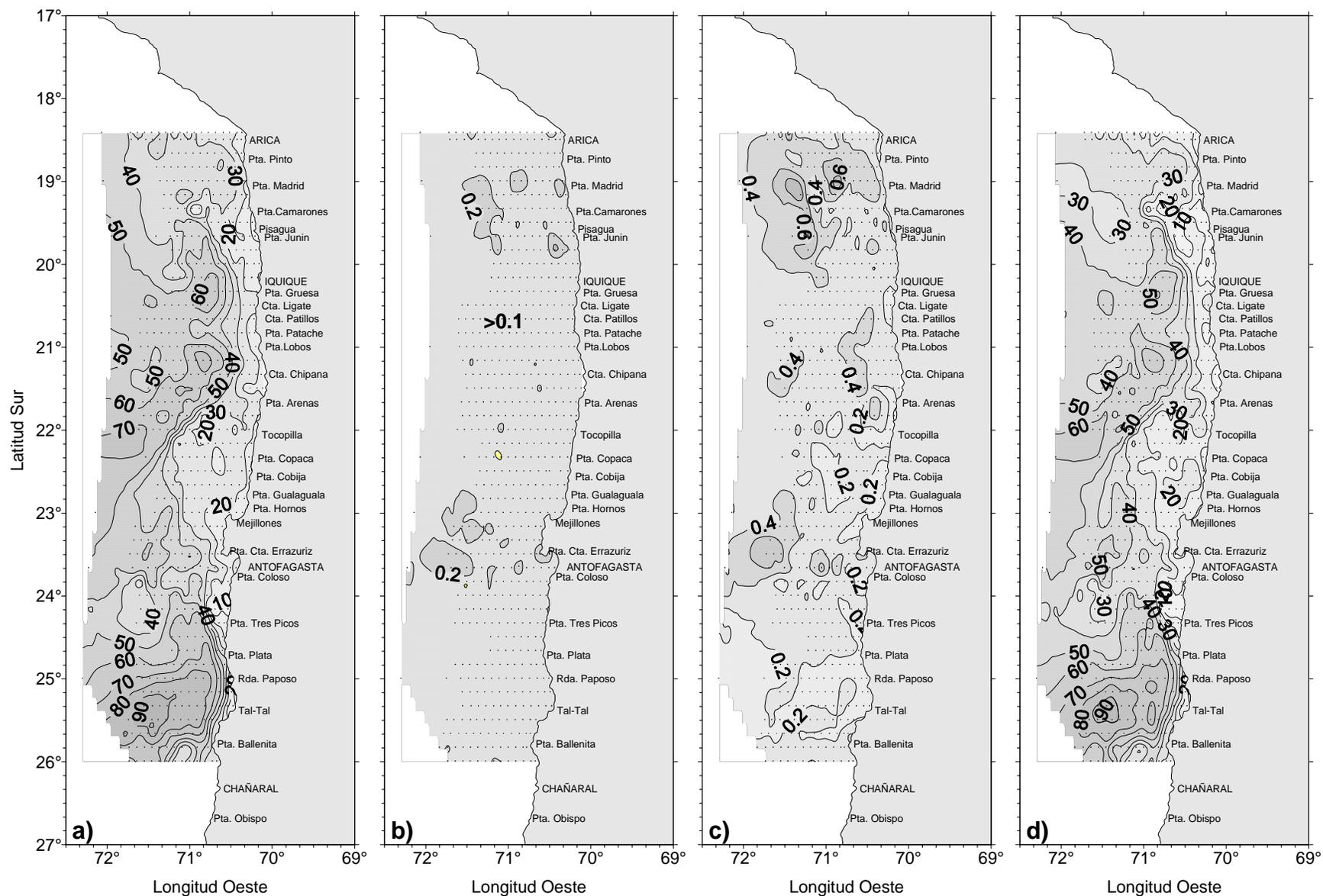


Figura 17. Profundidad de la base de la termoclina (m) (a), gradiente de temperatura promedio de la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) (b), máximo gradiente de temperatura en la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) (c) y profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) (d). Crucero MPH - Invierno 2004.

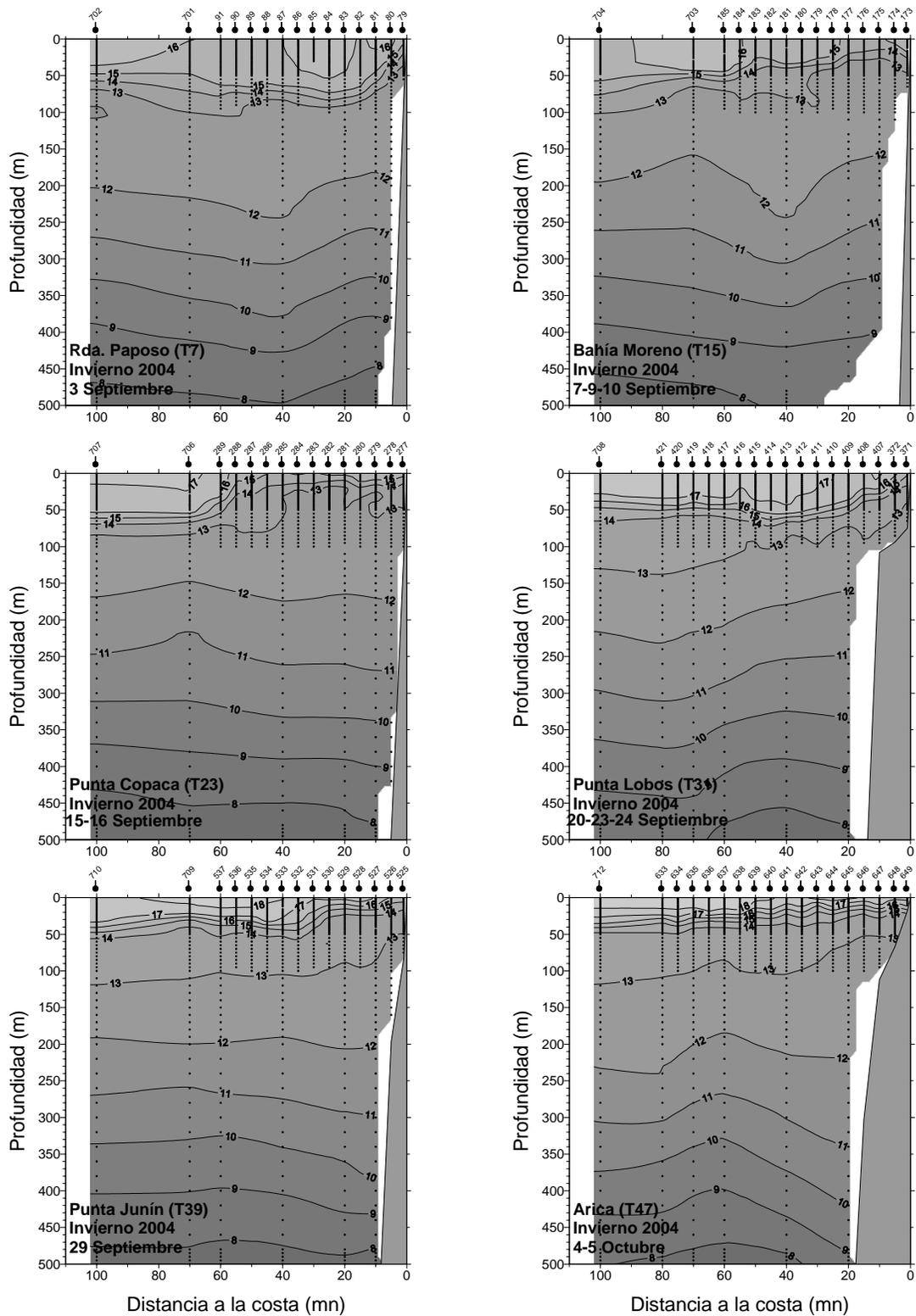


Figura 18. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas rada Paposo ($25^{\circ}00'\text{S}$) (T07), Bahía Moreno ($23^{\circ}40'\text{S}$) (T15), punta Copaca ($22^{\circ}20'\text{S}$) (T23), punta Lobos ($21^{\circ}00'\text{S}$) (T31), punta Junín ($19^{\circ}40'\text{S}$) (T39) y Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$) (T47). Crucero MPH - Invierno 2004.

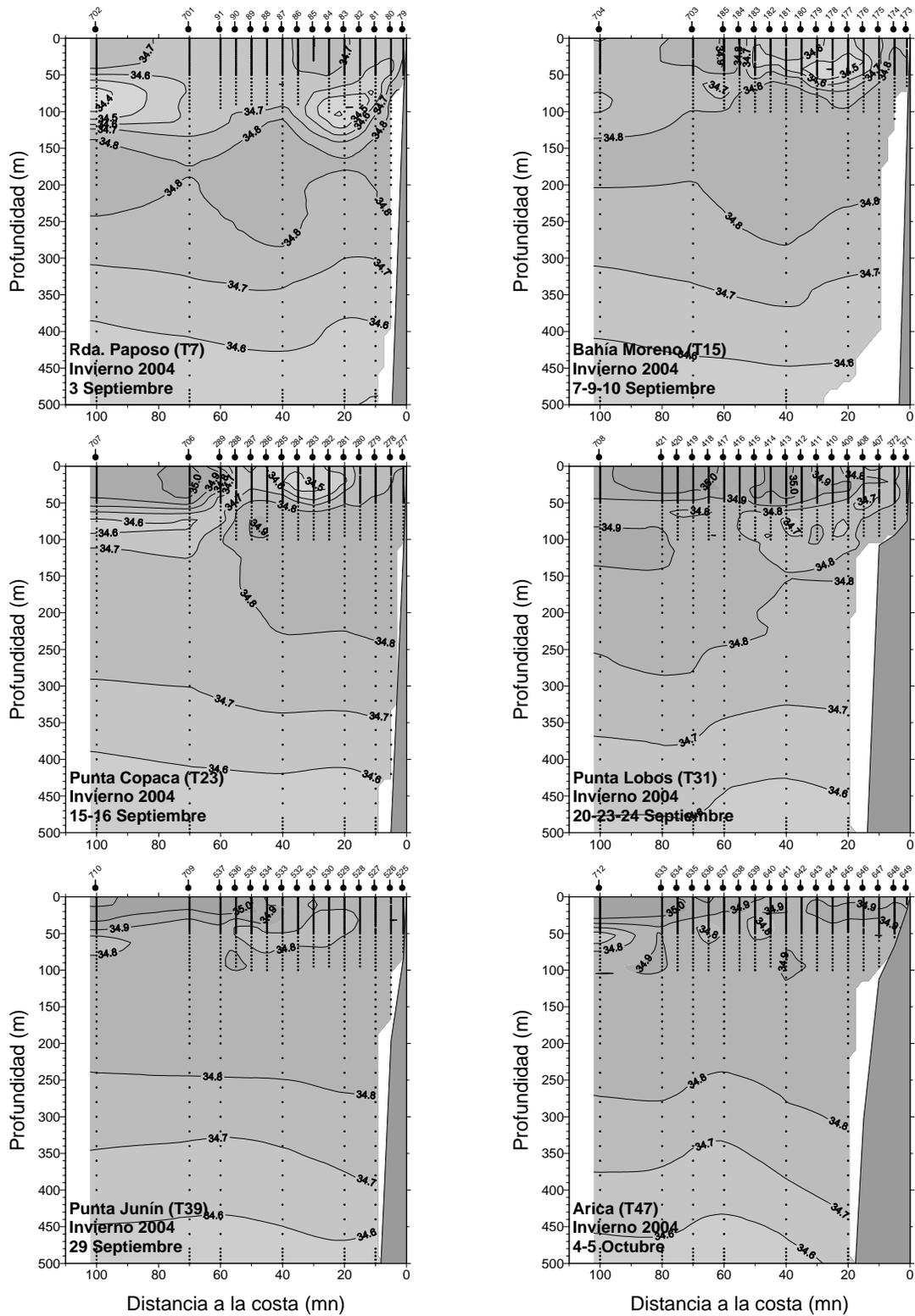


Figura 19. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de rada Paposo ($25^{\circ}00'S$) (T07), Bahía Moreno ($23^{\circ}40'S$) (T15), punta Copaca ($22^{\circ}20'S$) (T23), punta Lobos ($21^{\circ}00'S$) (T31), punta Junín ($19^{\circ}40'S$) (T39) y Arica ($18^{\circ}25'S$) (T47). Crucero MPH - Invierno 2004.

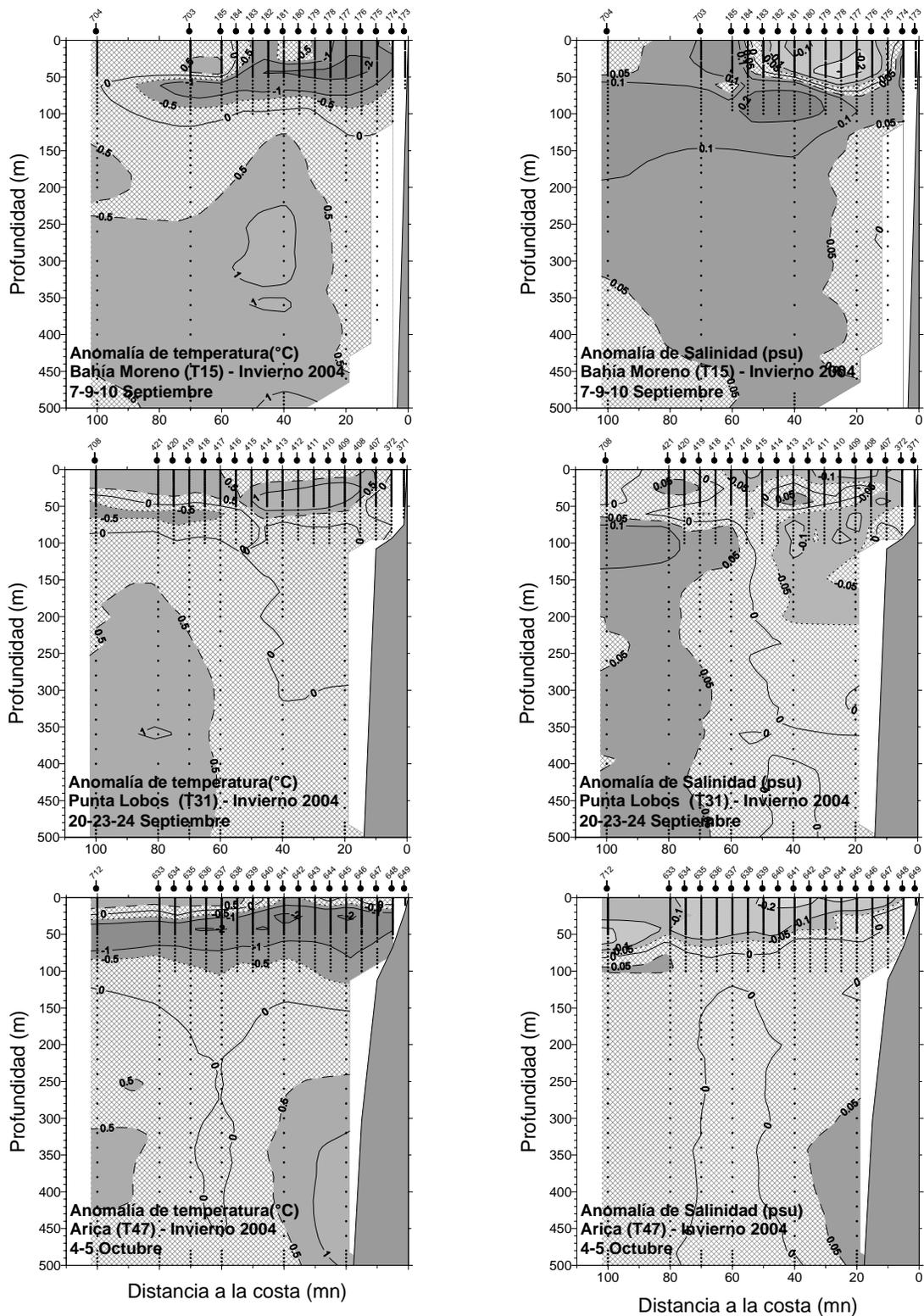


Figura 20. Anomalia vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas: de Bahía Moreno (23°40'S) (T15), punta Lobos (21°00'S) (T31) y Arica (18°25'S) (T47). Crucero MPH - Invierno 2004.

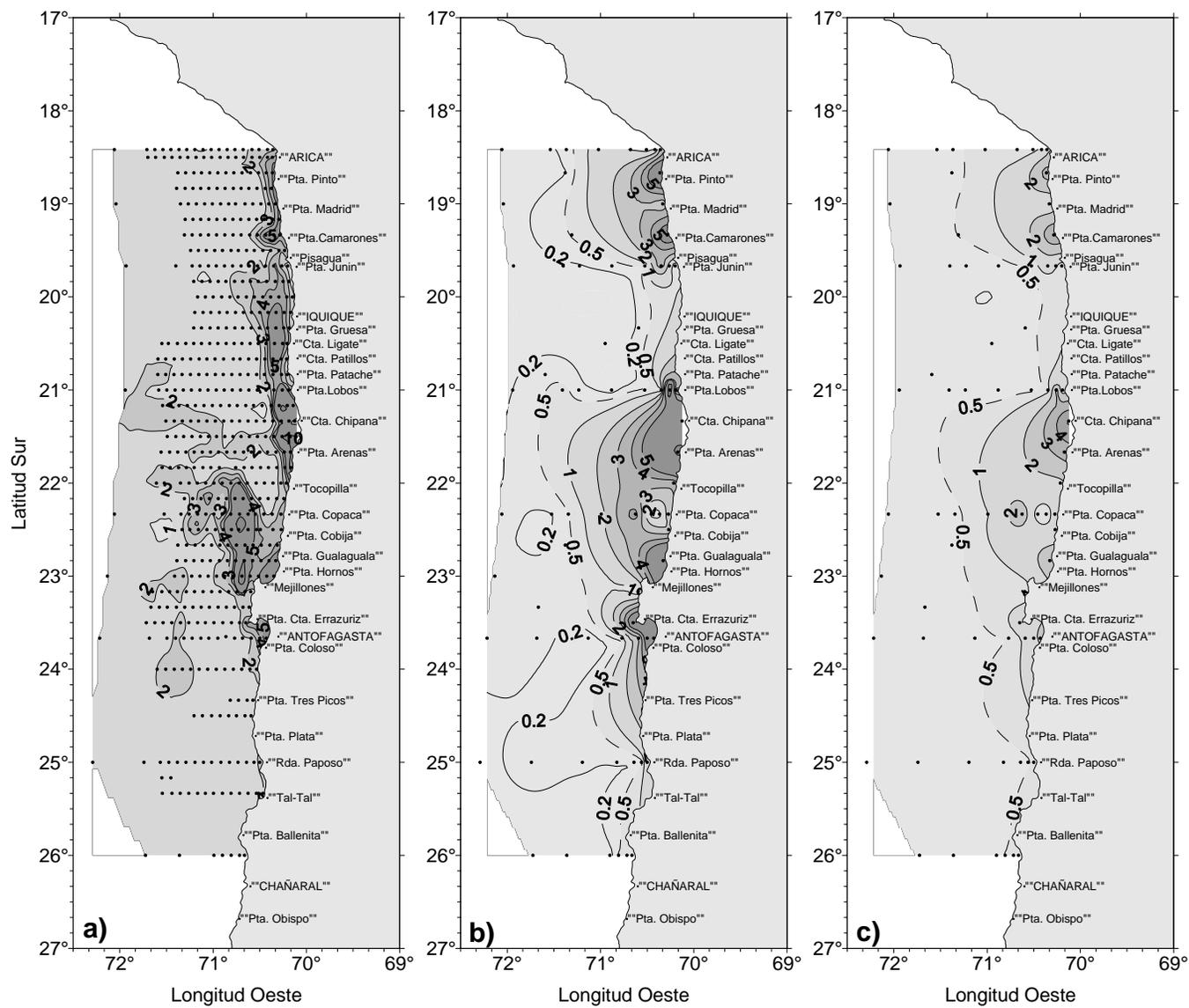


Figura 21. Distribución de a) fluorescencia in vivo (volts), b) clorofila a superficial ($\mu\text{g/L}$) y c) feopigmento superficial ($\mu\text{g/L}$). Crucero MPH - Invierno 2004.

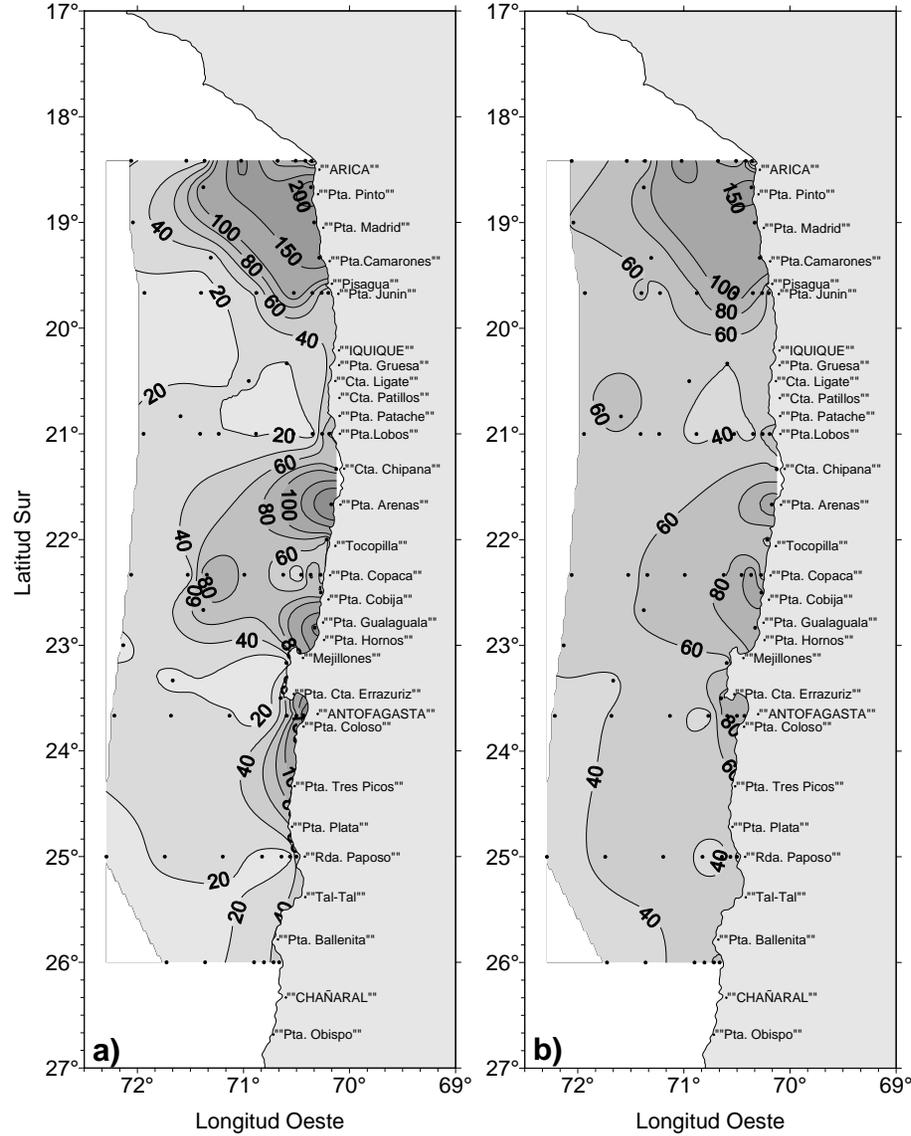


Figura 22. Distribución de a) clorofila integrada (mg/m^2) y b) feopigmentos integrados (mg/m^2). Crucero MPH - Invierno 2004.

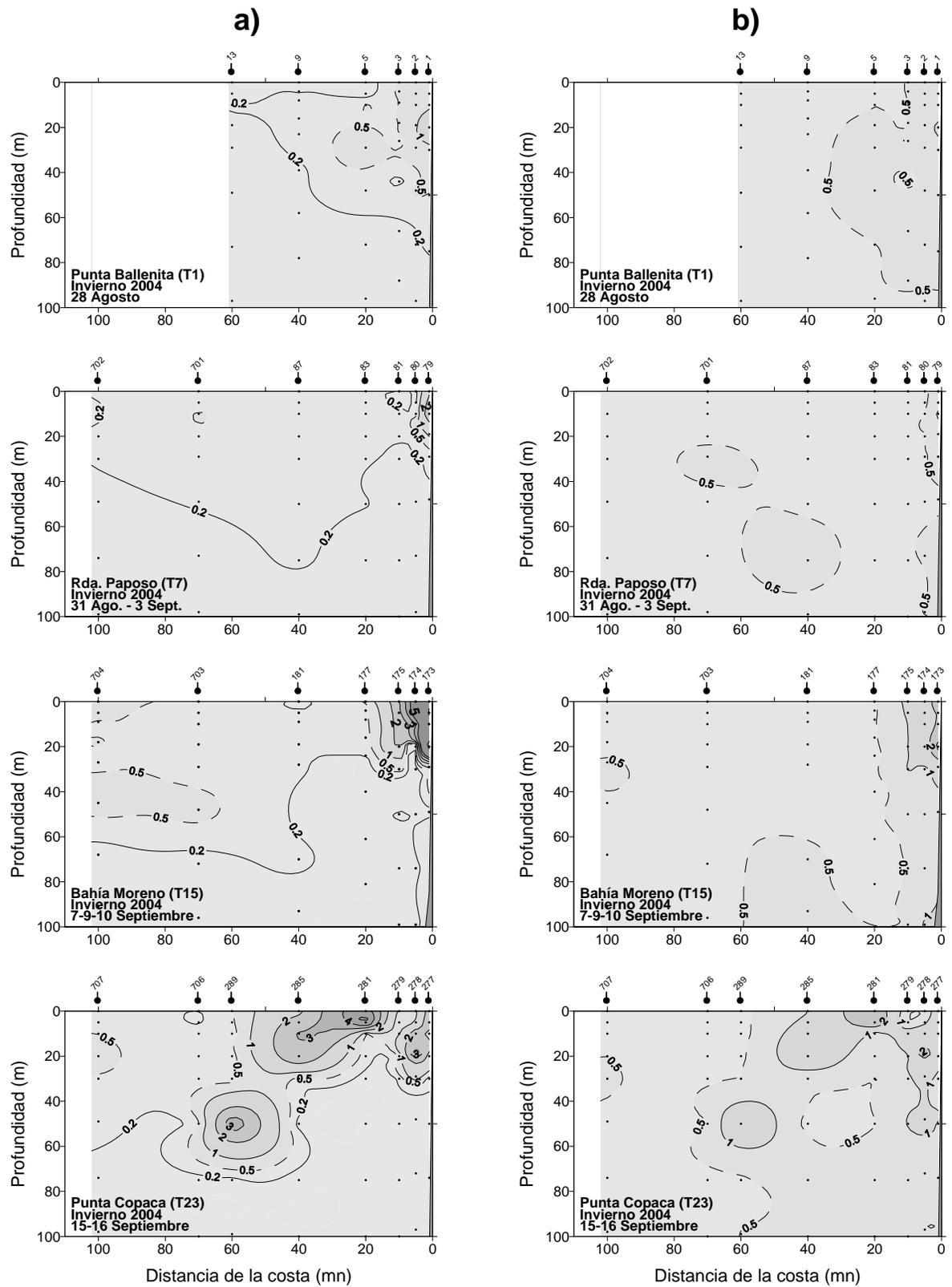


Figura 23. Distribución vertical de a) clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y b) feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 1 (Lat. $26^{\circ} 00'S$), 7 (Lat. $25^{\circ} 00'S$), 15 (Lat. $23^{\circ} 40'S$) y 23 (Lat. $22^{\circ} 20'S$). Crucero MPH - Invierno 2004.

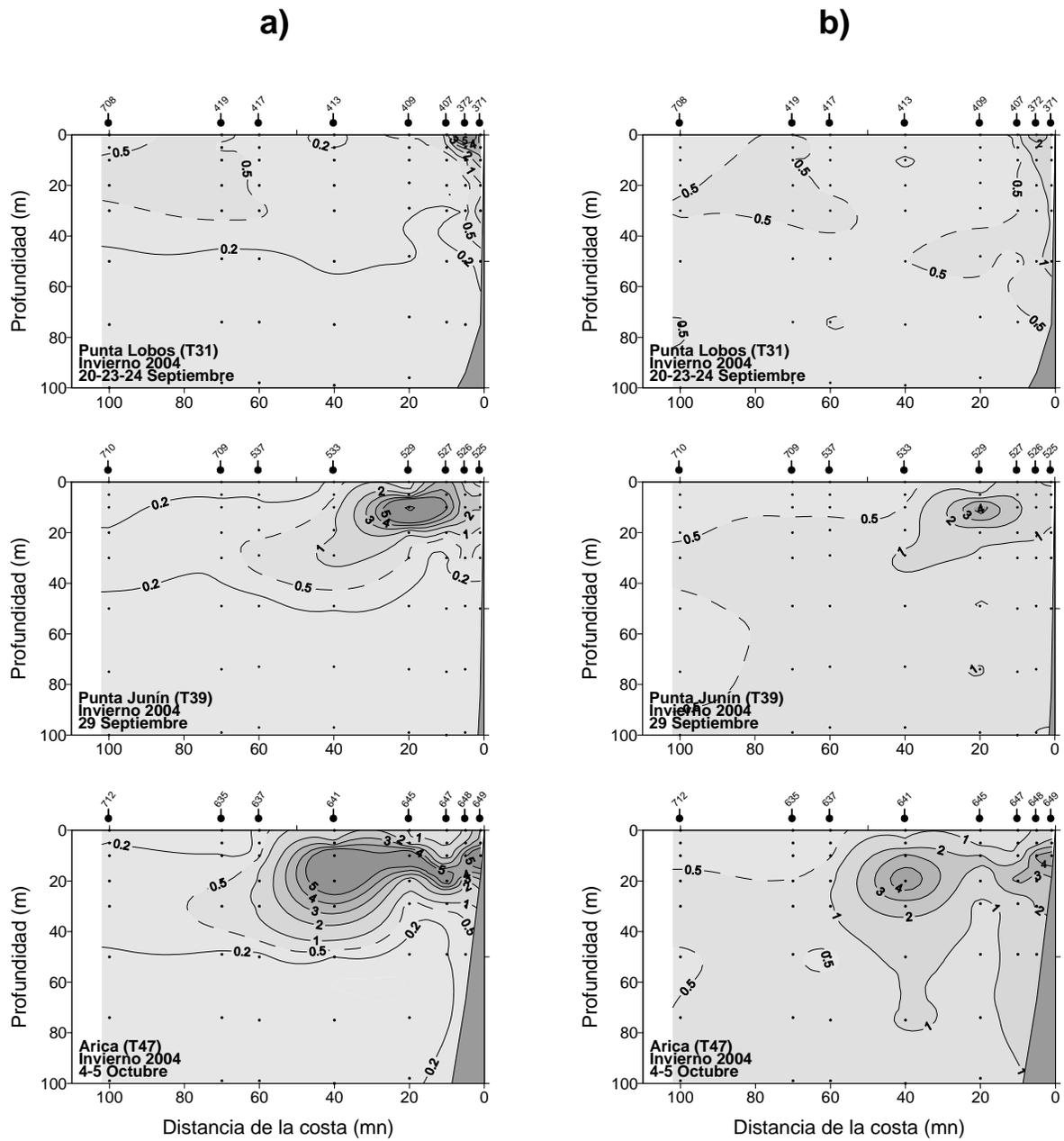


Figura 24. Distribución vertical de a) clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y b) feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 31 (Lat. $21^{\circ} 00'S$), 39 (Lat. $19^{\circ} 40'S$), 47 (Lat. $18^{\circ} 25'S$). Crucero MPH - Invierno 2004.

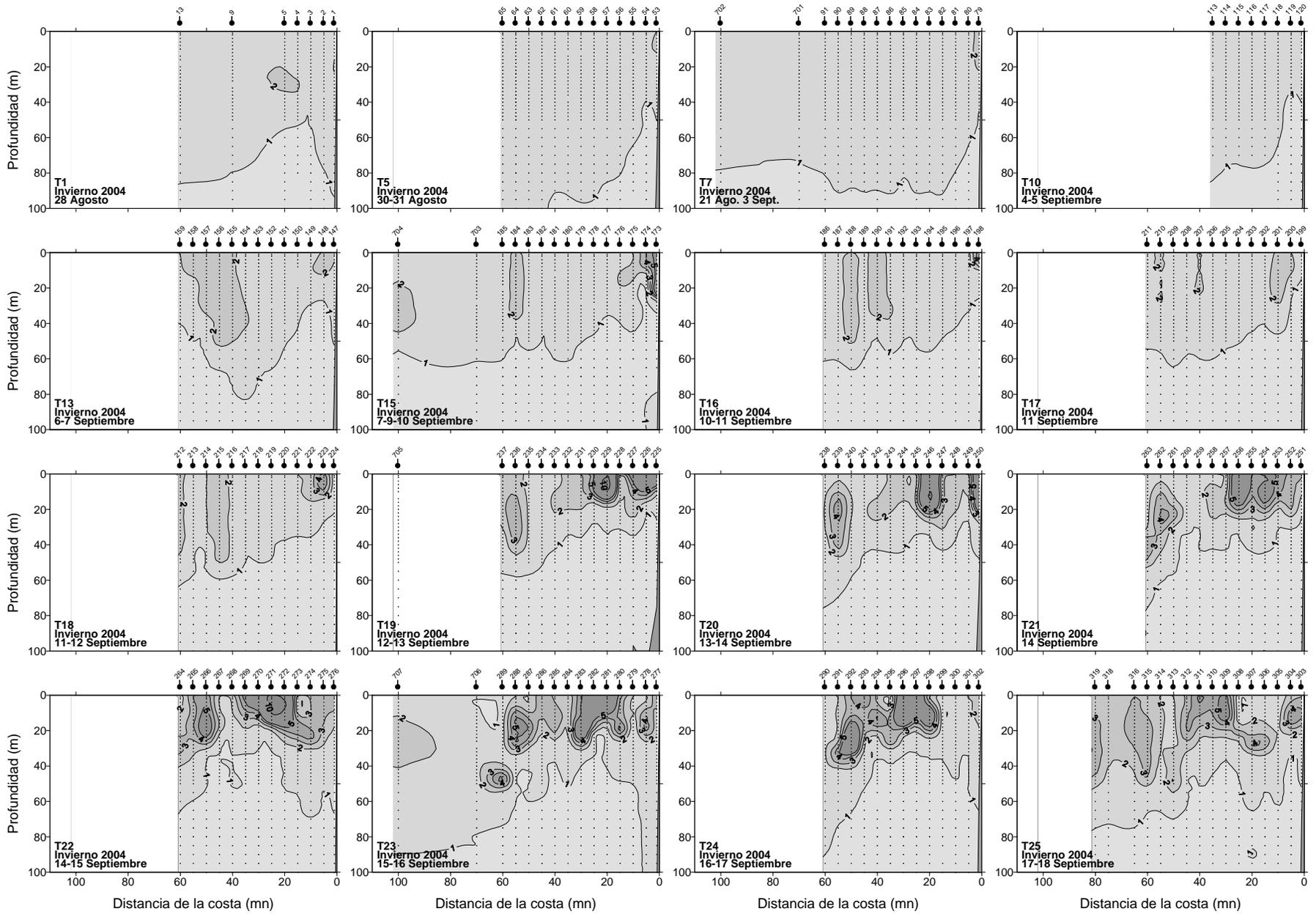


Figura 25. Distribución vertical de fluorescencia in vivo (volt) en las transectas 1 a 25. Crucero MPH - Invierno 2004.

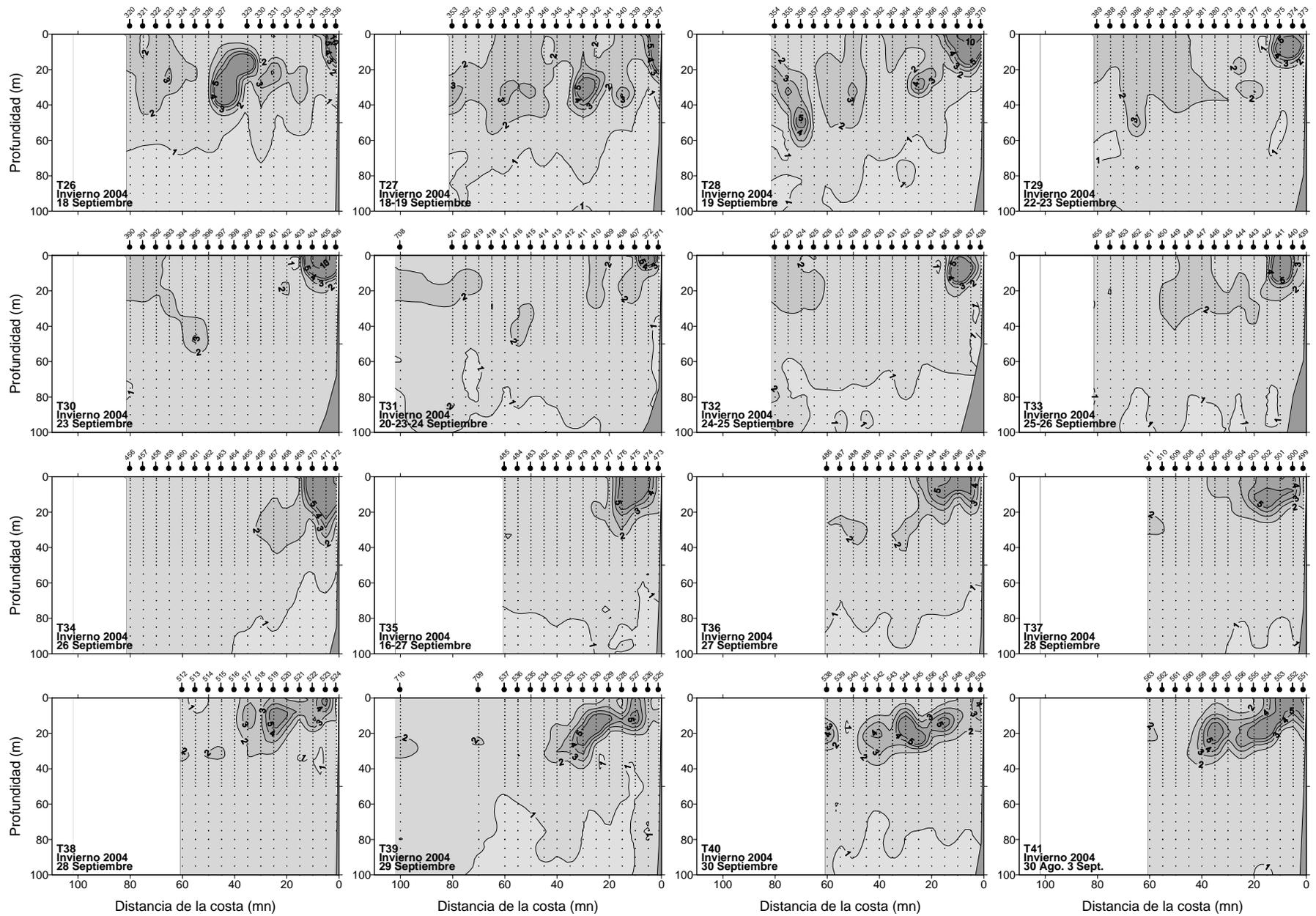


Figura 26. Distribución vertical de fluorescencia in vivo (volt) en las transectas 26 a 41. Crucero MPH - Invierno 2004.

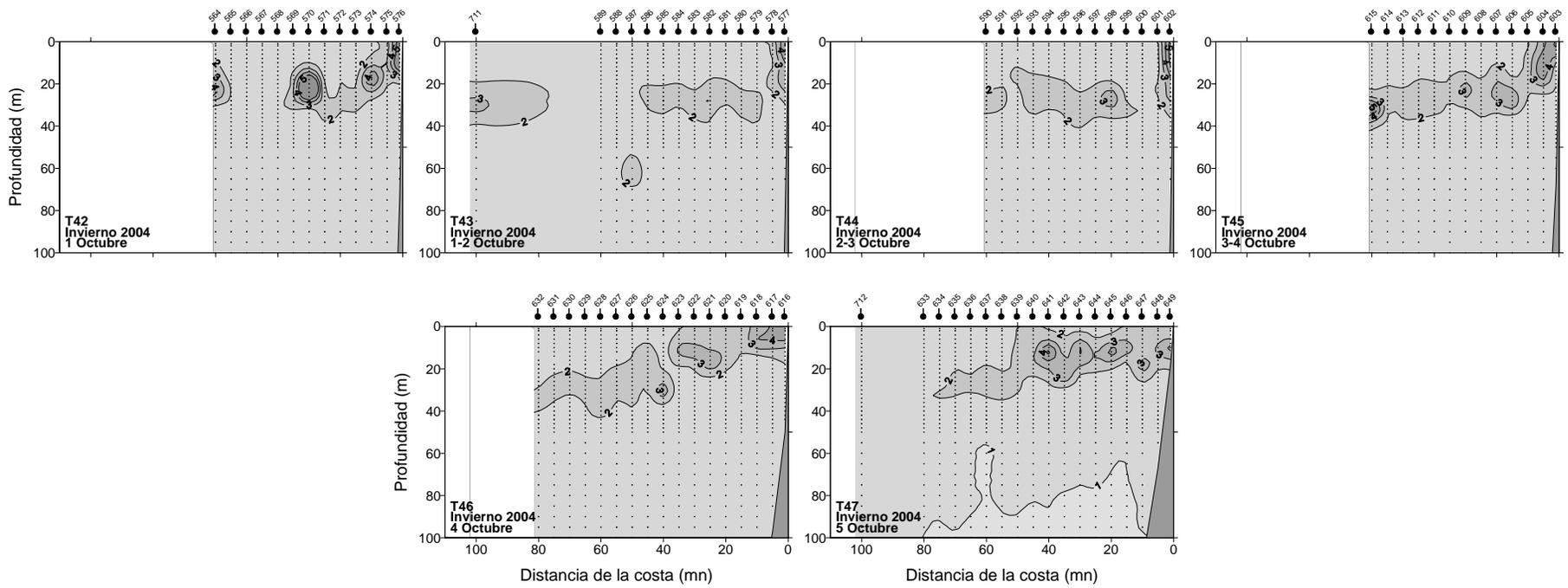
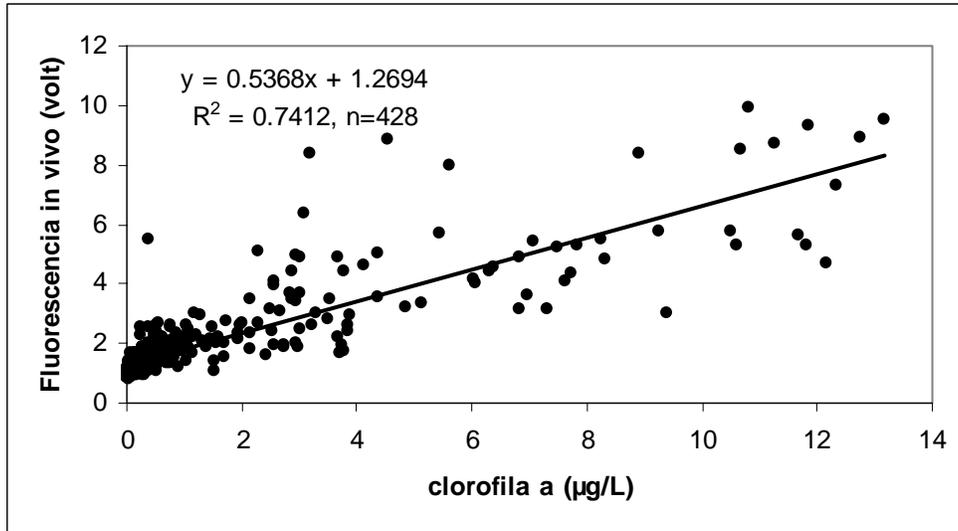


Figura 27. Distribución vertical de fluorescencia in vivo (volt) en las transectas 42 a 47. Crucero MPH - Invierno 2004.

a)



b)

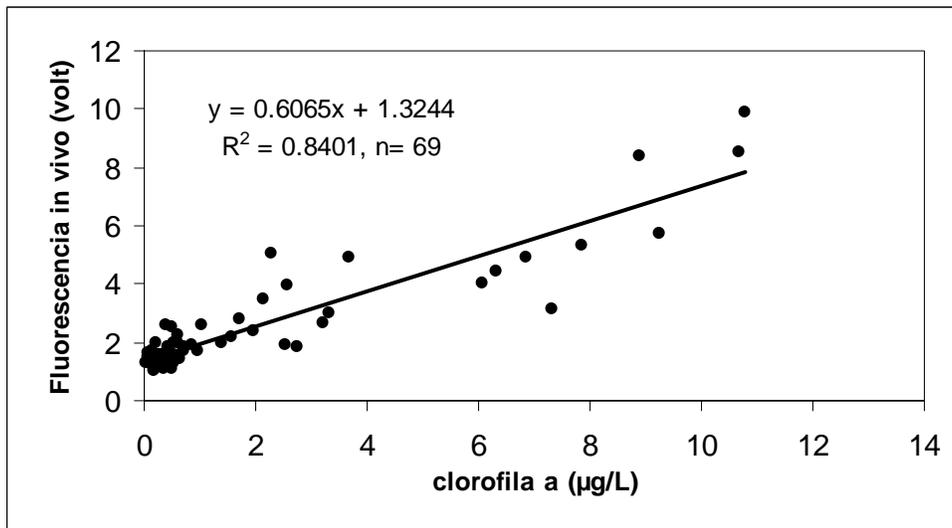


Figura 28. Asociación entre la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y la fluorescencia in vivo (volt), con todos los datos disponibles (a) y con los datos de nivel superficial (b). Crucero MPH - Invierno 2004.

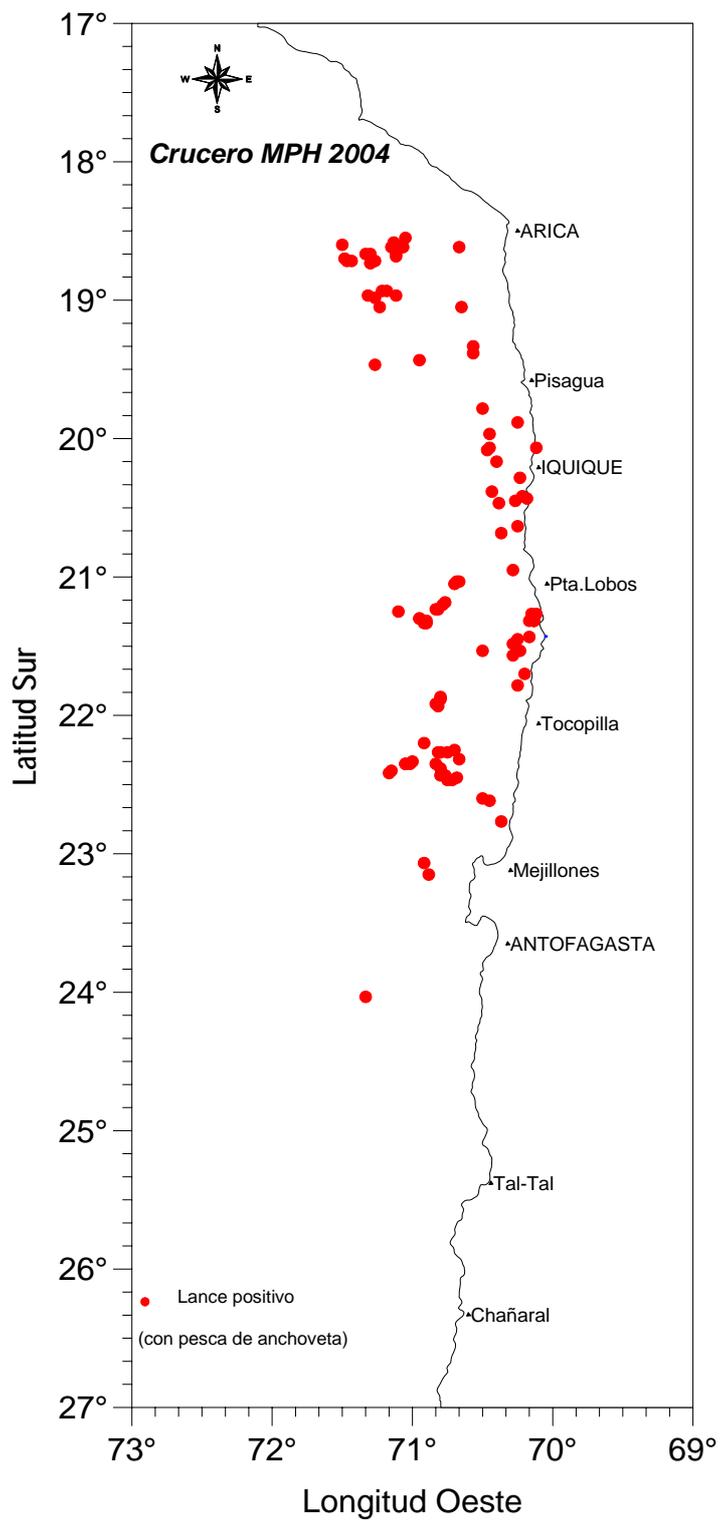


Figura 29. Distribución espacial de los lances de pesca efectivos realizados por embarcaciones cerqueras. Crucero MPH – Invierno 2004.

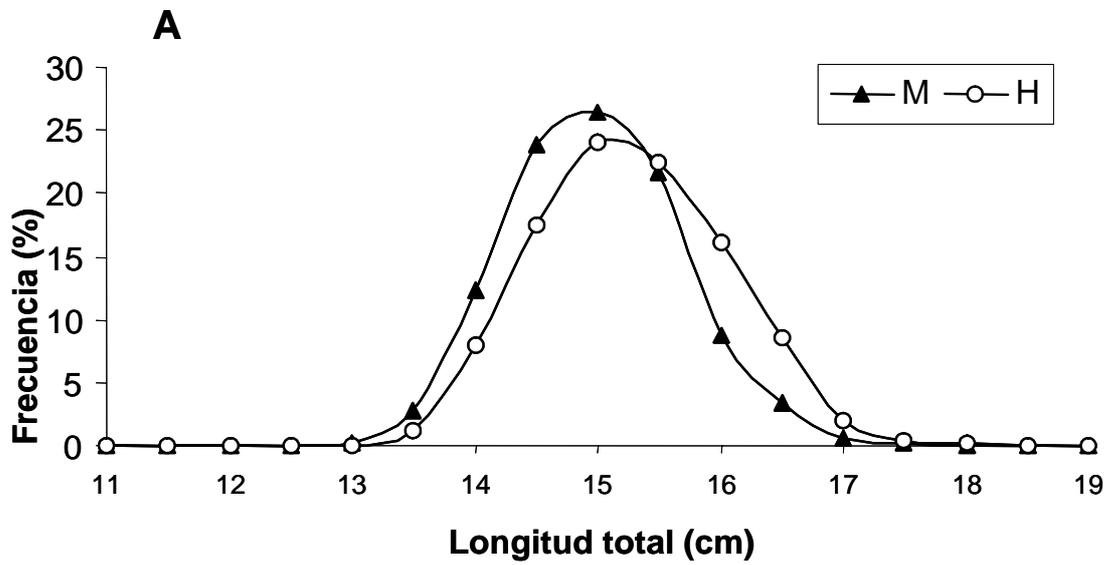


Figura 30A. Distribución de tamaños de anchoveta capturadas entre la I y II Regiones por sexo (M: machos, H: hembras).

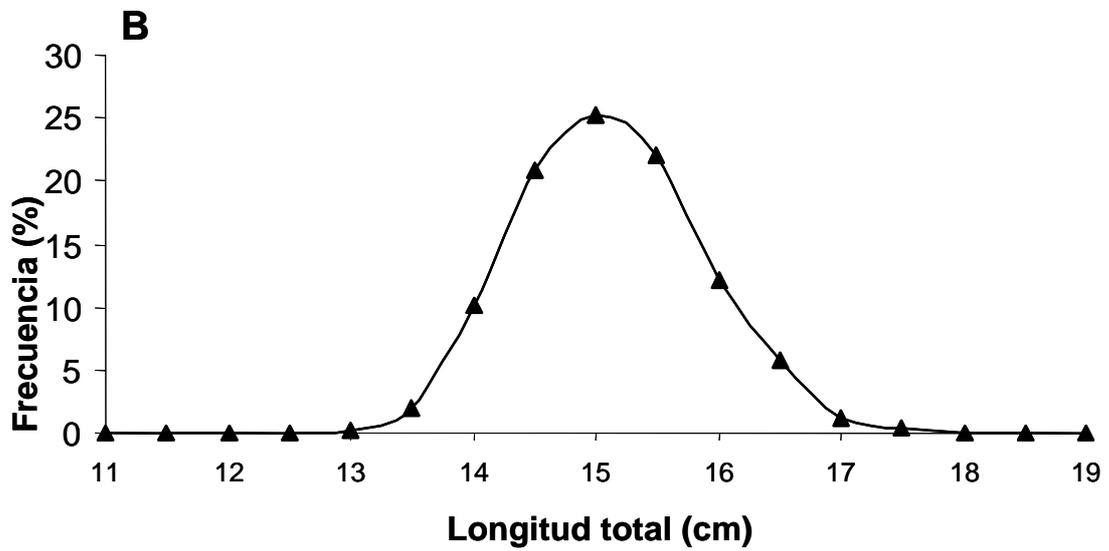


Figura 30B. Distribución de tamaños de anchoveta capturadas entre la I y II Regiones total. Crucero MPH 2004.

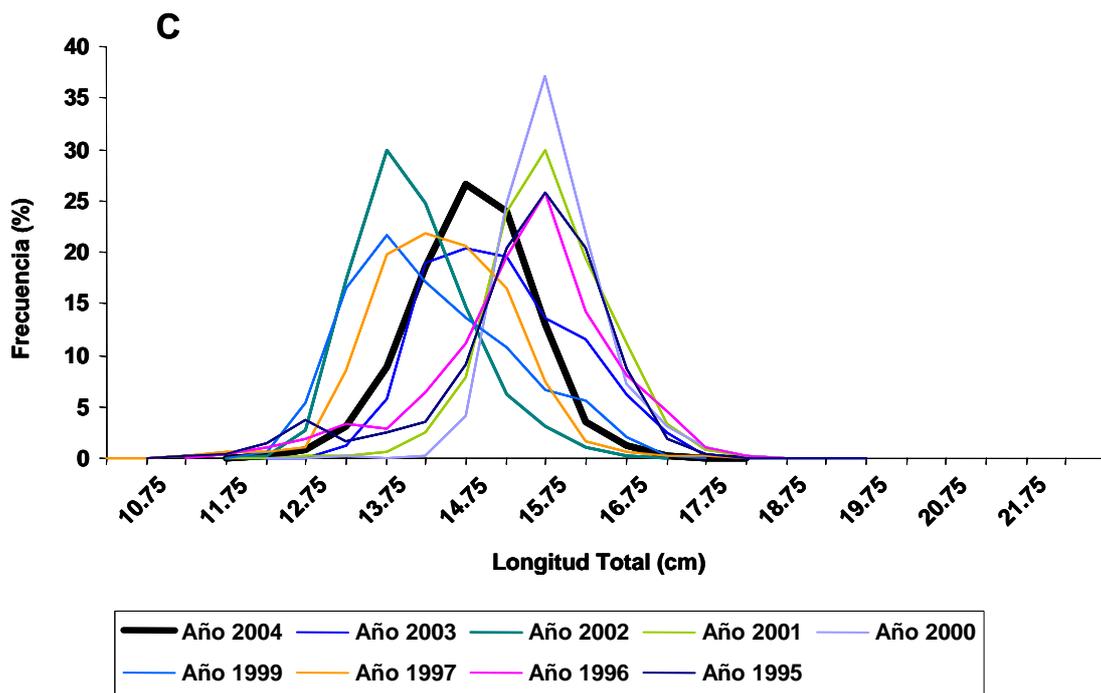


Figura 30C. Distribución de tallas de las hembras para cada año de aplicación del MPH en la zona norte.

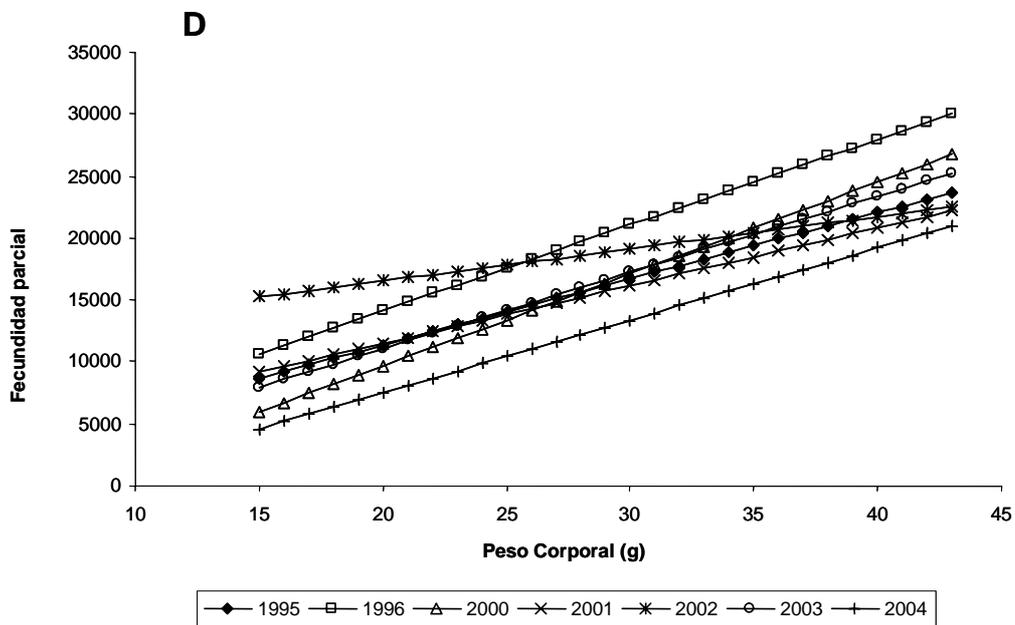


Figura 30D. Rectas ajustadas a la relación entre peso corporal y fecundidad parcial para cada año de aplicación del MPH en la zona norte.

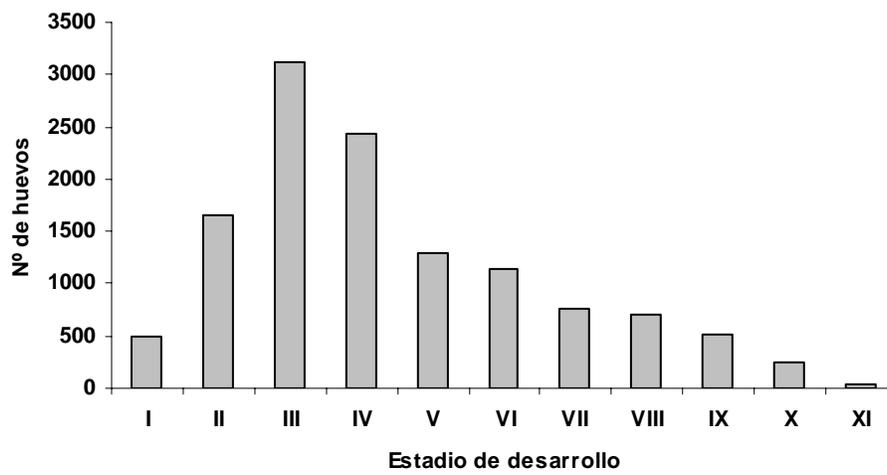


Figura 31. Frecuencia (Nº) de huevos de anchoveta por estadio de desarrollo.

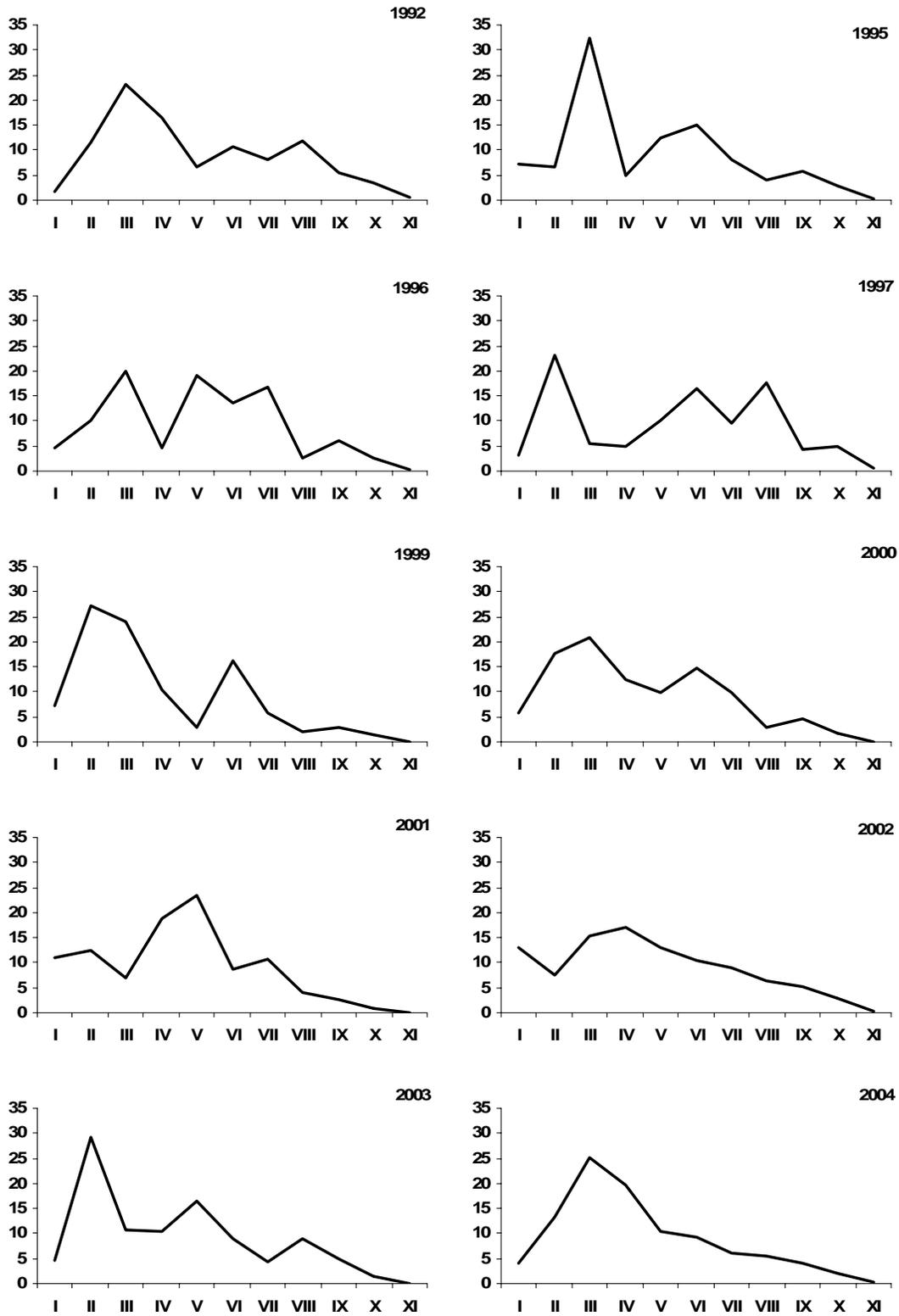


Figura 32. Distribuciones de frecuencias (%) de estadios de desarrollo en cada año de aplicación del MPH en la zona norte.

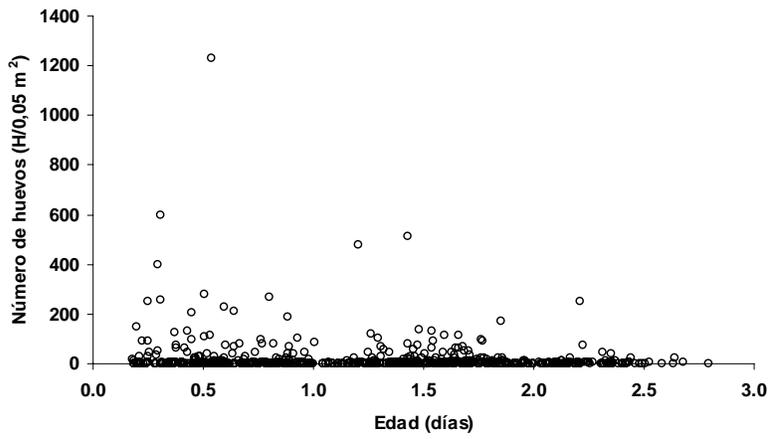


Figura 33. Número de huevos por unidad de muestreo (0,05 m²) en función de su edad (días).

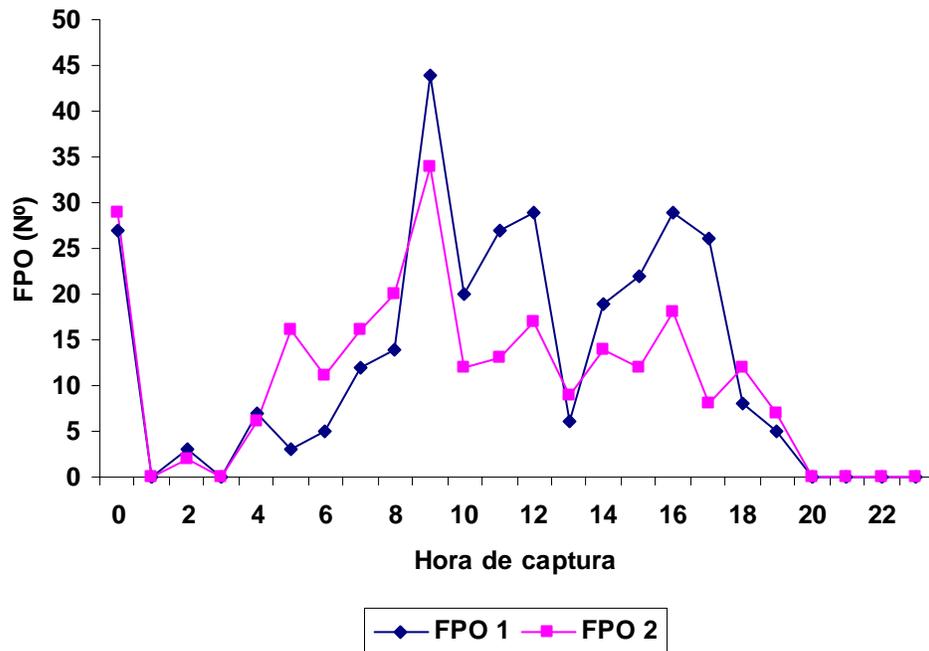


Figura 34. Distribución de frecuencia (Nº) de Folículos Postovulatorios de día 1 y día 2 para el total de hembras analizadas en función de la hora de captura.

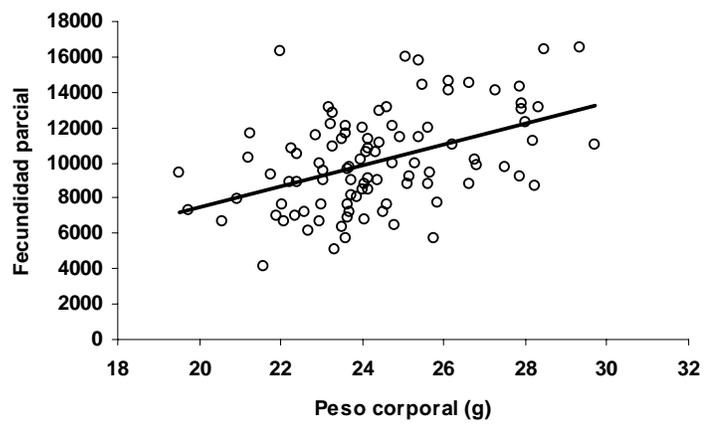


Figura 35. Fecundidad parcial en función del peso corporal para el año 2004.

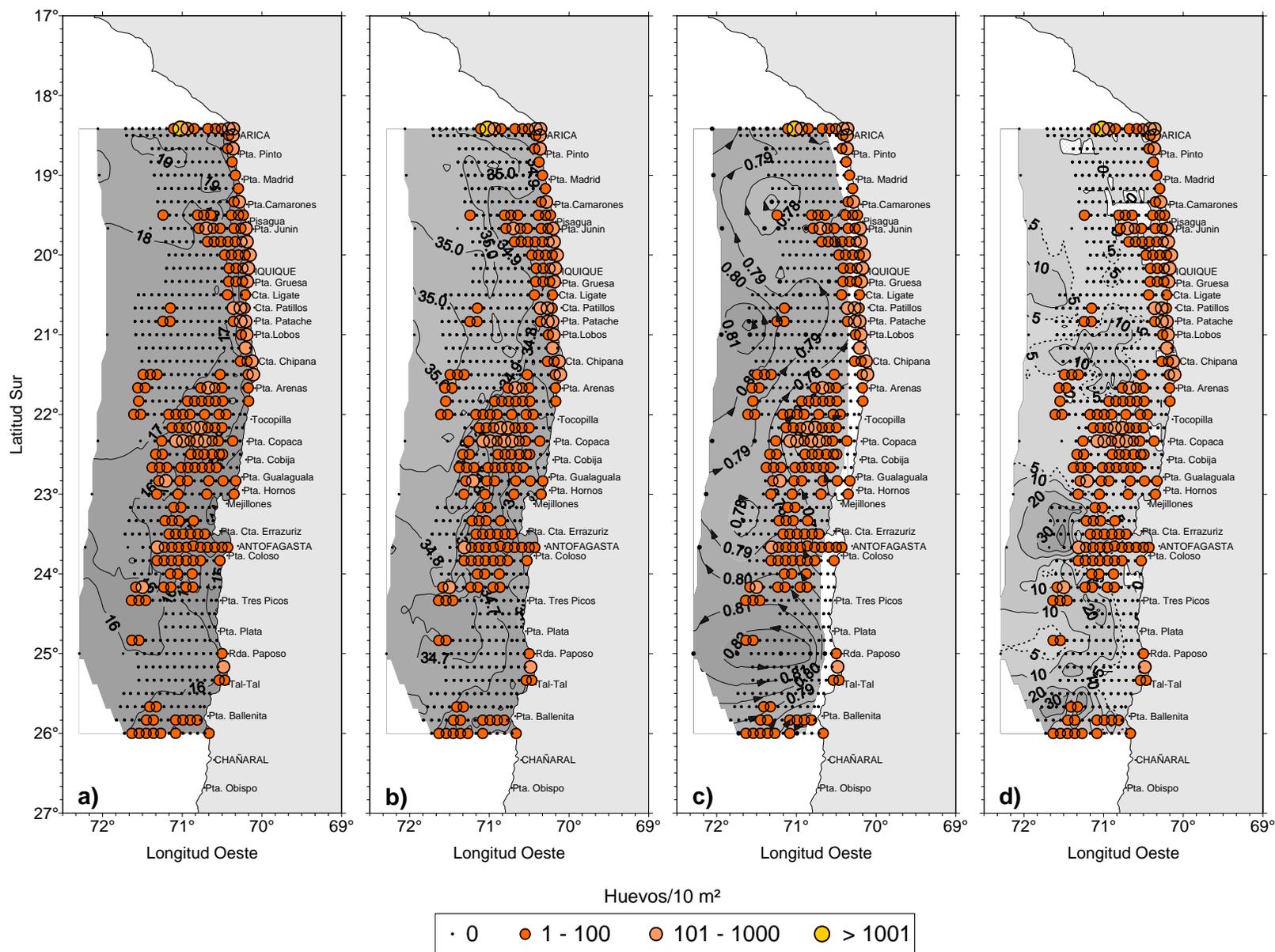


Figura 36. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta y su relación con a) la temperatura superficial, b) la salinidad superficial (psu), c) la Anomalia geopotencial de superficie referida a 500 (db) y d) el espesor de la capa de mezcla (m). Crucero MPH - Invierno 2004.

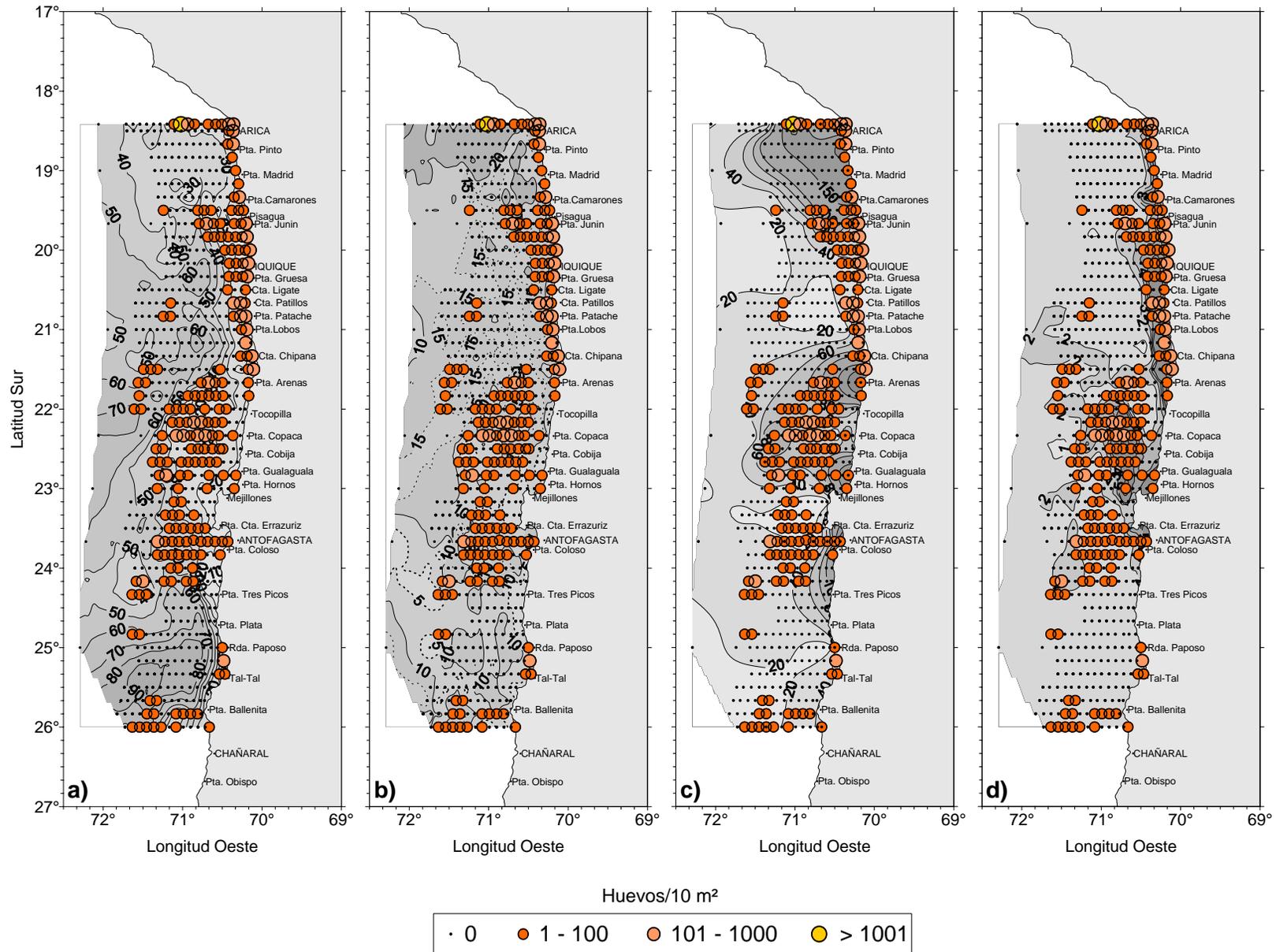


Figura 37. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta y su relación con a) la profundidad de la base de la termoclina (m), b) el espesor de la termoclina (m), c) la distribución de clorofila integrada (mg/m²) y b) la fluorescencia in vivo (volt) en superficie. Crucero MPH - Invierno 2004.

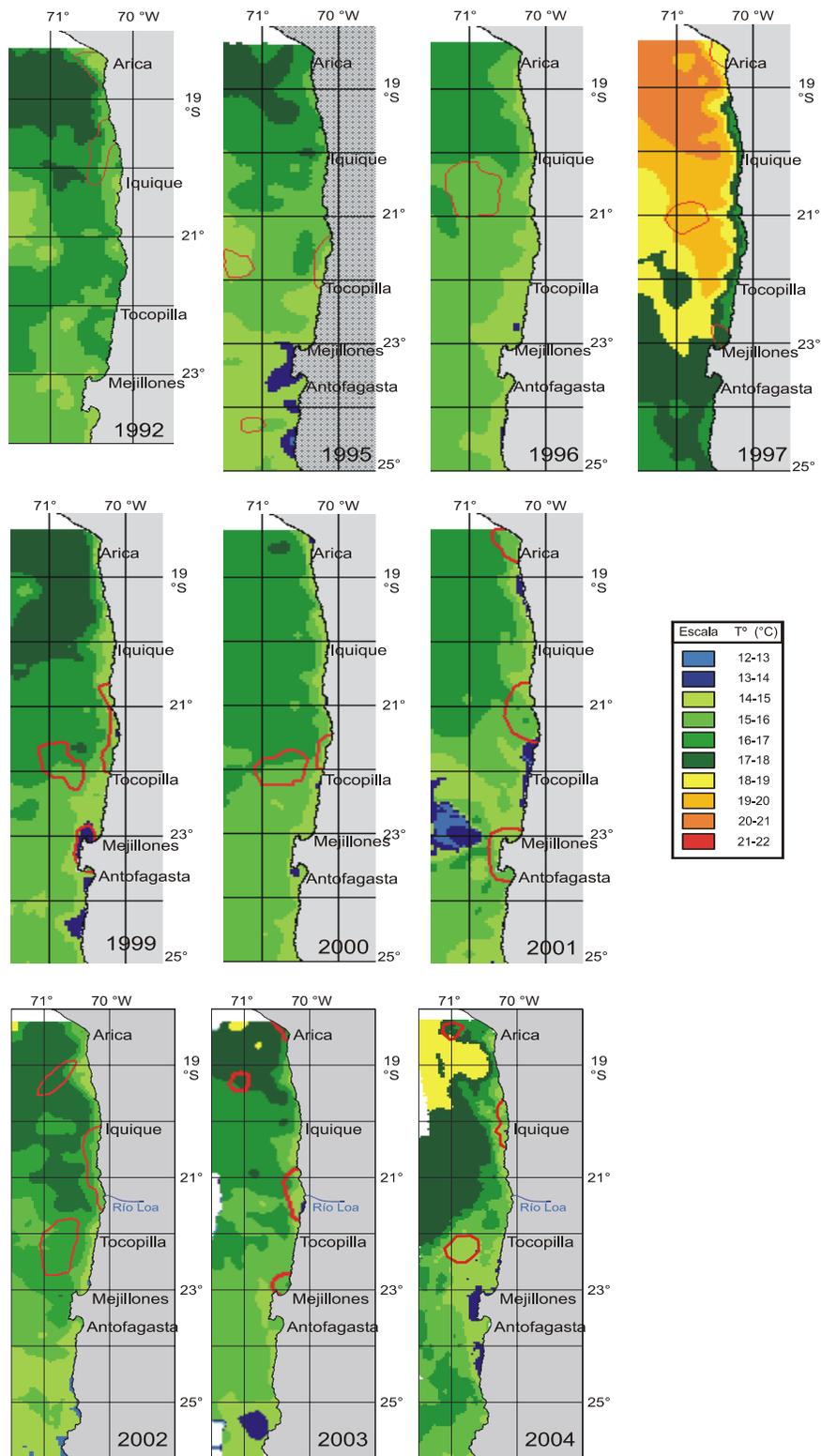


Figura 39. Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992 - 2004.

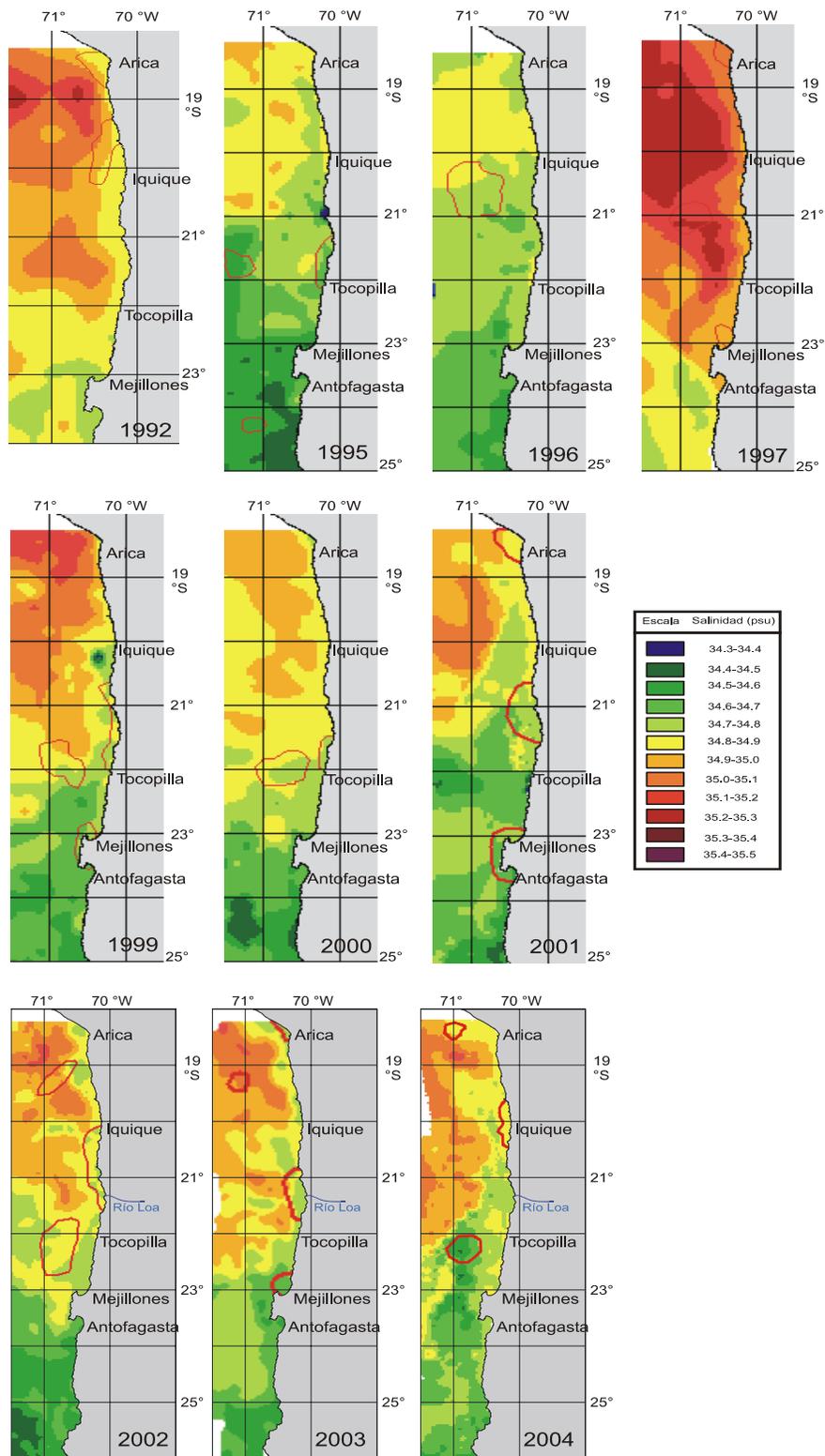
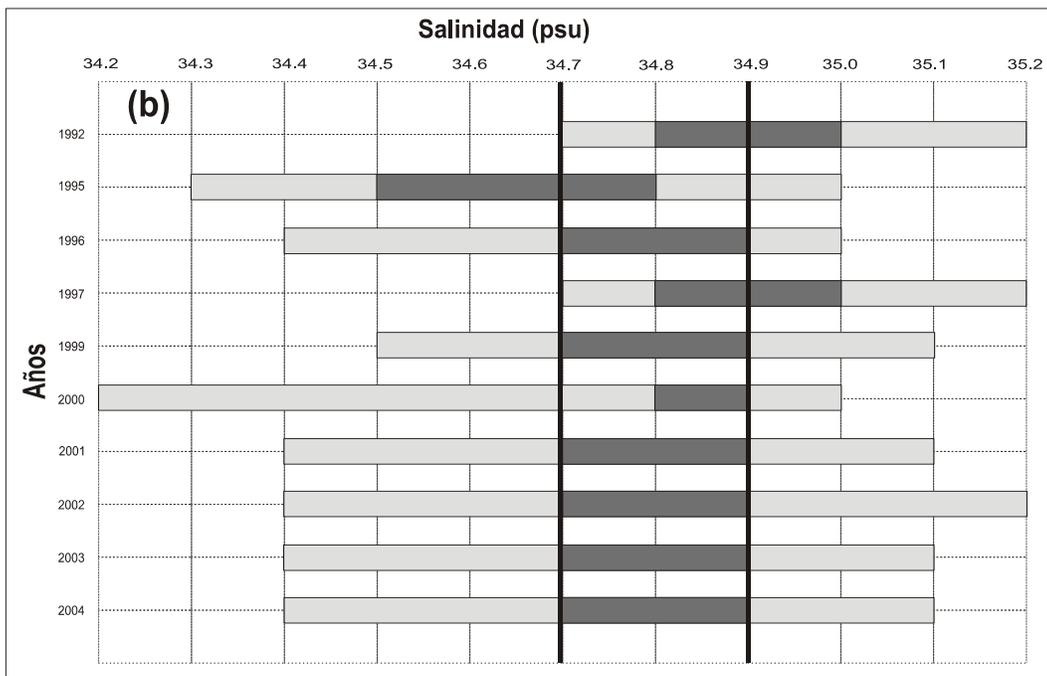
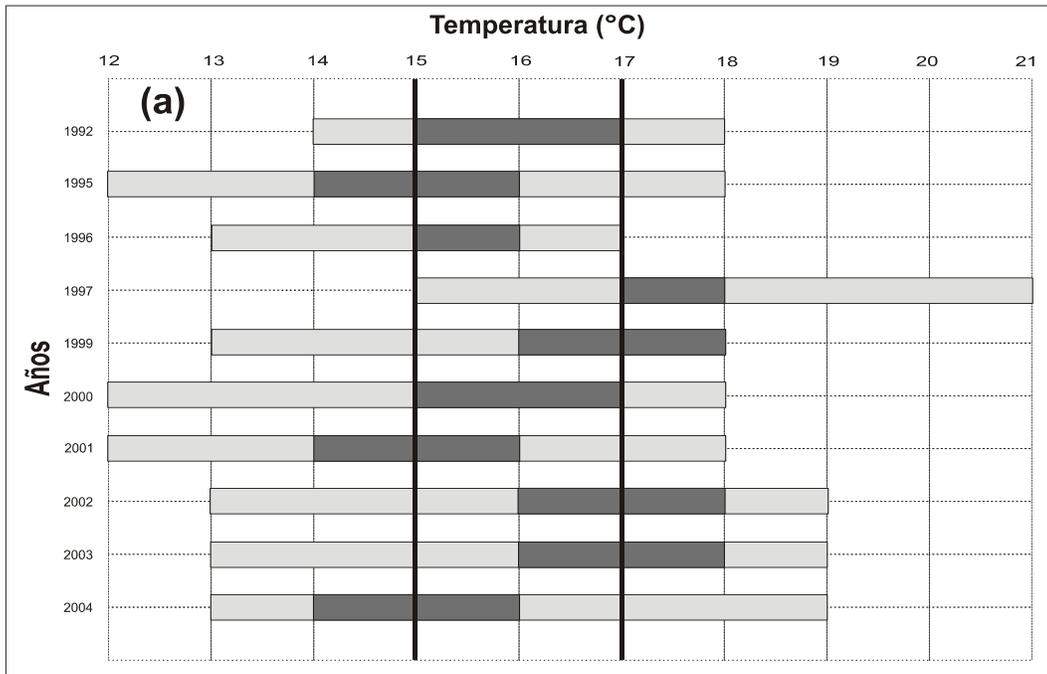


Figura 40. Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992 - 2004.



Rango
 Moda

Figura 41 Rangos de distribución preferencial de los huevos de anchoveta respecto de: a) temperatura (°C) y b) salinidad (psu). Período 1992-2004. Líneas verticales representan la ventana ambiental óptima.

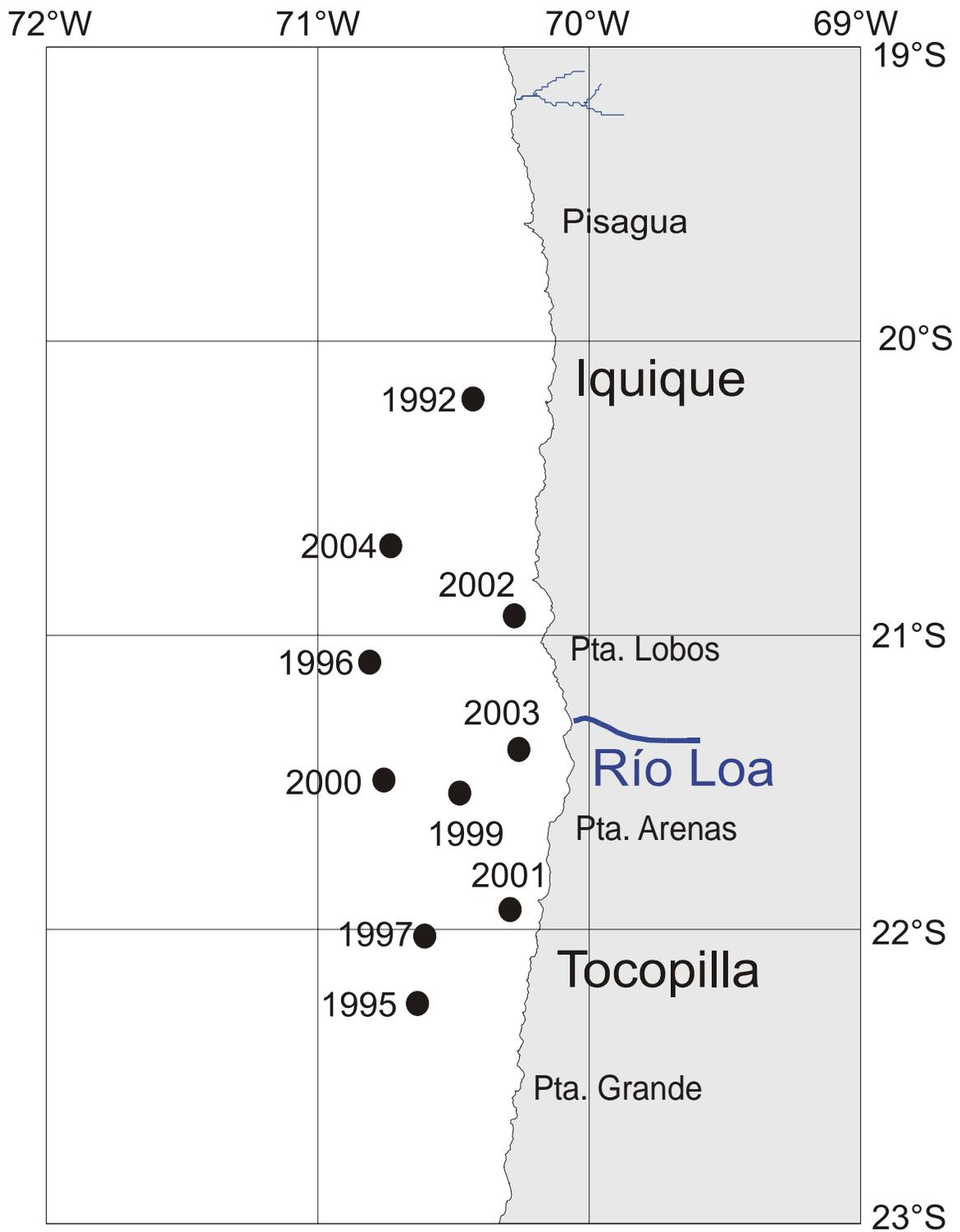


Figura 42. Distribución espacial de los centros de gravedad de las distribuciones de huevos de anchoveta. Período 1992 - 2004.

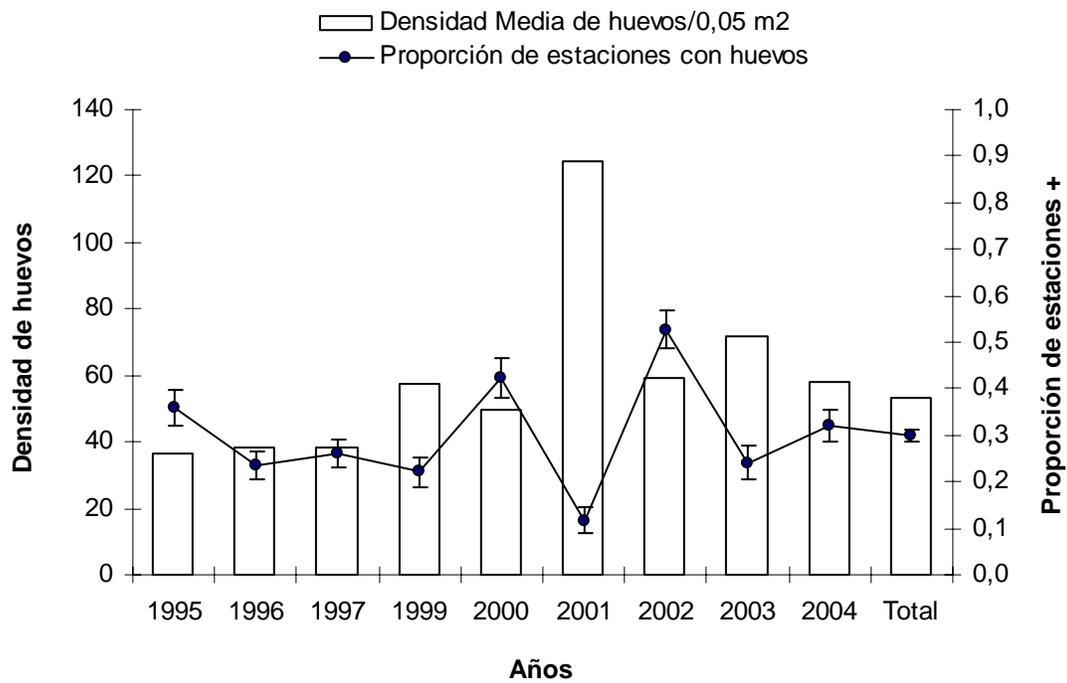


Fig. 43. Densidad media e intervalo de confianza para la proporción de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, por año y total. Cruceros realizados desde la I a IV Región.

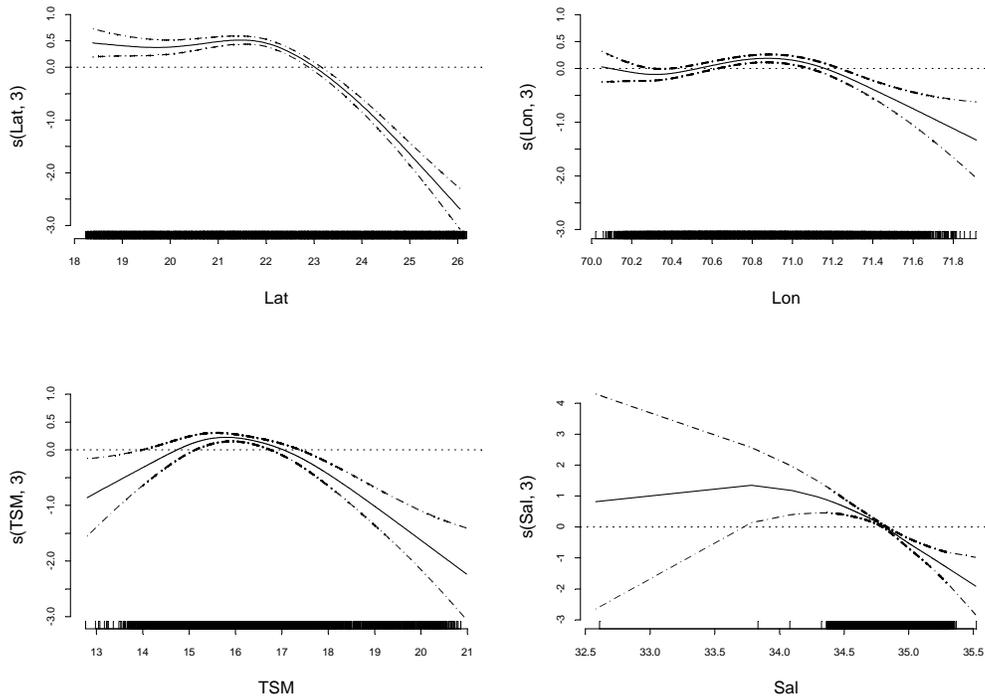


Figura 44. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto 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. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004.

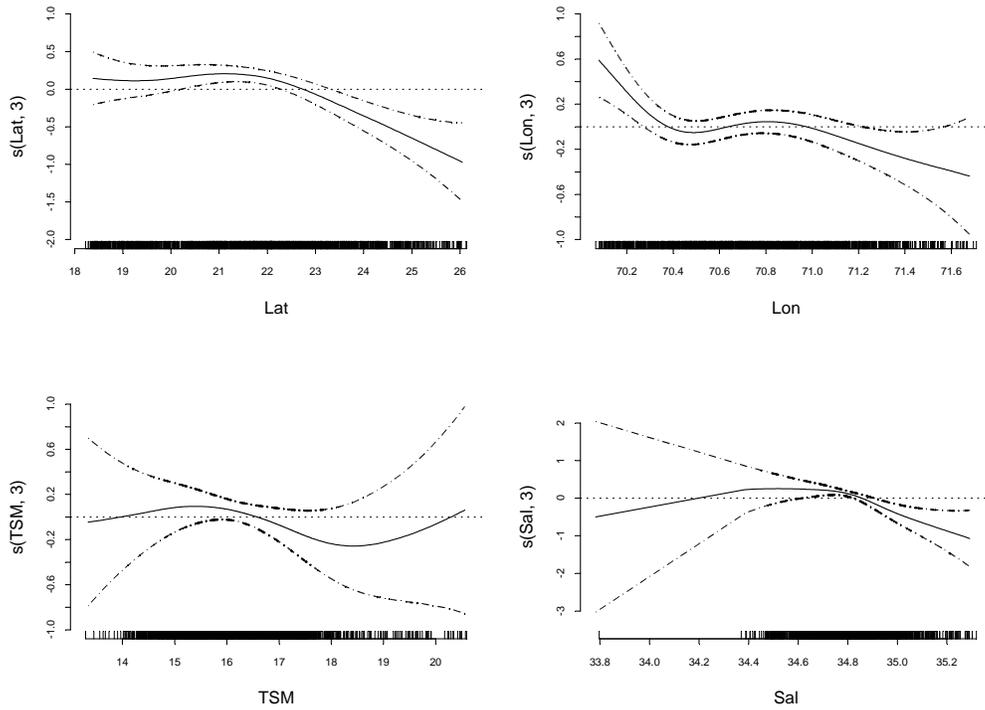


Figura 45. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del 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. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004.

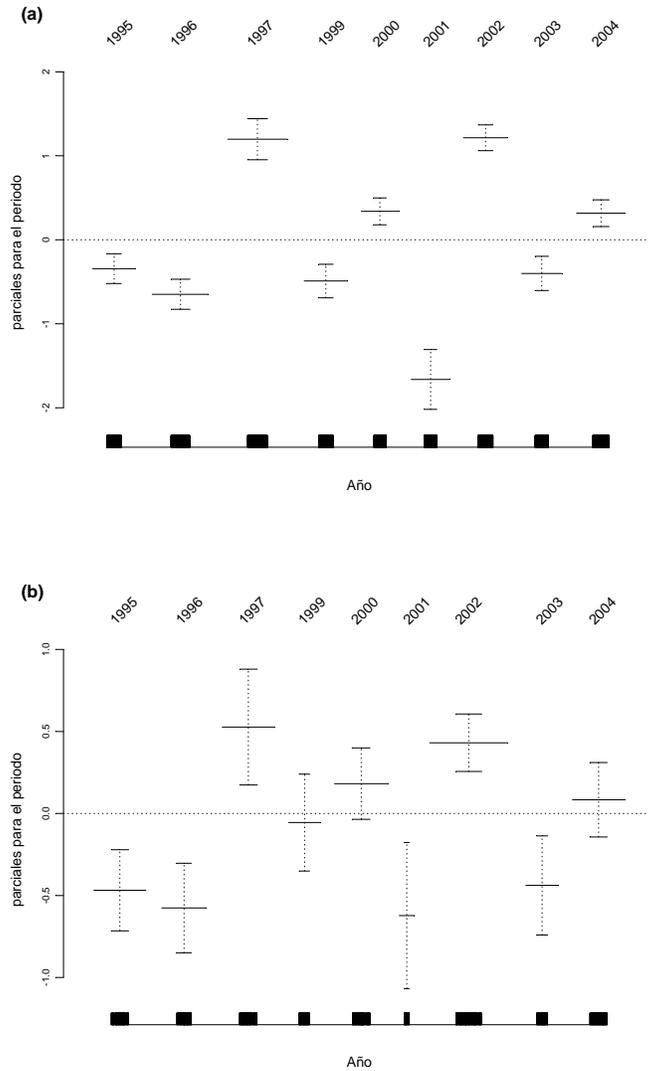


Figura 46. Resultados del ajuste del modelo para el factor principal año de: (a) presencia/ausencia de huevos y (b) densidad de huevos de anchoveta. Los valores fueron escalados a un valor promedio cero y la línea discontinua corresponde a dos veces el error estándar. El ancho de la barra sólida de la base es proporcional al número de observaciones de cada nivel del factor año. Período 1995-2004.

T A B L A S

Tabla 1. Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).

ESTADIO OVARICO	CITOLOGIA E HISTOMORFOLOGIA OVARICA
Estadio I: Virginal	Ovario con numerosos nidos ovogoniales y ovocitos primitivos rodeados por tejido conectivo intersticial de donde destacan tabiques fibro-conectivos.
Estadio II: Inmaduro (reincidente)	Lamelas repletas con ovocitos no vitelados rodeados por delgadas células foliculares. Vesícula germinativa grande y central, con prominentes nucléolos esféricos y periféricos. Citoplasma escaso, finamente granular y fuertemente basófilo. En ovocitos previtelogénicos tardíos debuta la presencia de pequeñas vesículas periféricas.
Estadio III: Parcialmente vitelado	Predominio de ovocitos en estado temprano de depositación de vitelo, el cual no abarca más de las 3/4 partes del citoplasma. Destaca la presencia de vesículas periféricas. Vesícula germinativa grande y central, con múltiples nucléolos periféricos y rodeada por pequeñas gotas de lípidos que inician su fusión. La zona radiata es delgada, subyacente a células foliculares de poca altura.
Estadio IV: Vitelado	Predominio de ovocitos cargados de glóbulos de vitelo distribuido desde la periferia hasta la región perinuclear. La vesícula germinativa mantiene su posición central, permaneciendo los nucléolos en la periferia. Zona radiata bien desarrollada. Células foliculares cúbicas bajas con núcleo esférico, central y el citoplasma finamente granular, ligeramente basófilo.
Estadio V: En maduración	Citoplasma con grandes glóbulos de vitelo (término de la depositación de vitelo) y vesículas lipídicas que coalescen (2 a 3), ubicándose al lado opuesto de la dirección de migración de la vesícula germinativa, la que es excéntrica, migrante hacia el polo animal. Alto número de pequeños nucléolos periféricos. Células foliculares cúbicas con núcleo desplazado a la base. Citoplasma claro, de aspecto espumoso, areolar, ligeramente basófilo.
Estadio VI: Hidratado (hialino)	Con o sin vesícula germinativa en el polo animal, según se haya iniciado la maduración. Por incorporación de fluidos el ovocito incrementa considerablemente su tamaño. El vitelo se presenta en forma de placas por ingreso de líquido al citoplasma, dándole un aspecto hialino. La granulosa y zona radiata pierden espesor.
Estadio VII: En desove	Co-existencia de ovocitos hidratados y folículos postovulatorios nuevos, entre ovocitos en depositación temprana de vitelo.
Estadio VIII: Desovado	Predominio de ovocitos inmaduros. Se aprecia abundante atresia folicular, tanto alfa como beta. Ovocitos vitelados residuales y eventualmente folículos postovulatorios viejos.

Tabla 2. Caracterización histológica de los folículos postovulatorios (FPO) (Hunter y Goldberg, 1980); ajustados para E. ringens, en FIP N° 95-01).

EDAD	APARIENCIA HISTOLOGICA DEL FPO
NUEVOS (< 24 h)	
	<p>Folículos postovulatorios presentes en hembras en desove al momento de la colecta. Aspecto irregular formado por un epitelio columnar bien organizado, con numerosas involuciones y corrugaciones. Lumen amplio e irregular, con abundante material granular eosinófilo. Epitelio constituido por células cúbicas o cilíndricas bien delimitadas entre sí. Núcleo esférico y basal, con cromatina regularmente condensada. Citoplasma finamente granular, ligeramente eosinófilo. Escasa presencia de espacios vacíos tipo célula secretora intraepitelial, siendo éstas alcían blue débilmente positivo. Adyacente a la granulosa se ubican las células tecales aplanadas e imbricadas.</p>
EDAD DIA 1 (> de 24 - < 48 h)	
	<p>Los presentan las hembras que desovaron la noche anterior a la captura. Son más pequeños que los FPO nuevos, de aspecto glandular con ligera infiltración linfocitaria, lumen estrecho e irregular. Granulosa columnar, corrugada, con disposición lineal de las células foliculares, algunas de las cuales presentan signos de degeneración: núcleo picnótico, micropicnosis, de forma irregular, citoplasma vacuolado, pero mantienen la individualidad entre ellos. Se aprecian abundantes espacios vacíos intraepitelial que se tiñen intensamente con alcían blue.</p>
EDAD DIA 2 (> 48 h)	
	<p>Estructura de aspecto glomerular con marcada degeneración celular. Epitelio desorganizado, perdiendo la disposición lineal de sus células. Lámina tecal hipertrofiada, capilares sanguíneos desarrollados. Lumen ocluído o ausente, células sin individualidad aparente y en avanzado estado degenerativo: forma irregular núcleos picnóticos, micropicnosis, citoplasma vacuolado, representando la fase terminal de degeneración del epitelio columnar. Abundantes espacios con material granular alcían blue fuertemente positivo. Notoria infiltración linfocitaria.</p>

Tabla 3. Detalle de la información utilizada para el cálculo de los promedios históricos mensuales (Septiembre) de temperatura y salinidad para las transectas de bahía Moreno (T15), punta Lobos (T31) y Arica (T47).

datos / transectas	T 15	T 31	T 47
cruceros	16	21	21
estaciones	321	351	355
datos temperatura reales	2171	2144	1951
datos temperatura interpolados	531	424	550
datos salinidad reales	2173	2144	1954
datos salinidad interpolados	532	431	553

Tabla 4. Bitácora de estaciones oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MPH. Invierno 2004.

N° est.	FECHA			HORA		LATITUD		LONGITUD		PROF.	OLAS			VIENTO		PRESION		TEMP.AMB		NUBES		TIEMPO
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	ECOS (m)	DIR	ALT(m)	PER	DIR	INT (kn)	ATMOSF.	SECO	HUM.	TIPO	CANT	PRESENTE	
1	2004	8	28	6	41	26	0,0	70	39,8	109	220	1,0	3	240	10,2	1012,0	14,0	13,5	6	6	2	
2	2004	8	28	7	38	26	0,0	70	43,0	193	220	1,0	3	240	14,6	1012,5	14,0	13,5	6	6	2	
3	2004	8	28	9	3	26	0,0	70	48,4	475	220	1,0	3	240	15,1	1012,5	14,0	13,5	6	5	1	
4	2004	8	28	10	32	26	0,0	70	54,0	1437	220	1,0	3	240	15,6	1012,5	14,0	13,5	6	6	1	
5	2004	8	28	11	34	26	0,0	70	59,5	s/f	220	2,0	3	240	16	1012,5	14,0	13,5	6	5	1	
6	2004	8	28	13	22	26	0,0	71	5,0	2300	220	2,5	3	170	13,5	1010,5	15,0	14,0	6	8	2	
7	2004	8	28	14	16	26	0,0	71	10,0	4000	220	2,5	3	160	15	1010,0	15,0	14,0	6	8	2	
8	2004	8	28	15	17	26	0,0	71	16,2	s/f	230	2,0	2	180	12,2	1010,0	15,0	14,0	6	8	2	
9	2004	8	28	16	18	26	0,0	71	21,7	s/f	230	2,0	2	180	13,2	1009,5	15,5	14,0	6	8	2	
10	2004	8	28	18	5	26	0,0	71	27,2	s/f	220	1,7	2	160	7,7	1010,0	15,5	14,5	6	3	1	
11	2004	8	28	19	0	26	0,0	71	32,5	s/f	220	1,5	2	160	7,6	1010,0	15,5	14,5	6	4	1	
12	2004	8	28	19	57	26	0,0	71	38,0	s/f	220	1,5	2	160	6,6	1010,0	15,5	14,5	6	4	1	
13	2004	8	28	21	0	26	0,0	71	43,5	s/f	220	1,5	2	160	6,2	1010,0	15,5	14,5	6	4	1	
14	2004	8	28	23	31	25	50,0	71	49,5	s/f	220	1,5	2	160	8,6	1010,0	15,5	14,5	6	4	1	
15	2004	8	29	0	26	25	50,0	71	43,5	s/f	220	1,5	2	180	11,5	1009,0	16,0	14,5	7	1	0	
16	2004	8	29	1	18	25	50,0	71	37,9	s/f	220	1,5	2	180	11,1	1009,0	16,0	14,5	7	1	0	
17	2004	8	29	2	10	25	50,0	71	32,3	s/f	220	1,5	2	180	7	1009,0	16,0	14,5	7	1	0	
18	2004	8	29	3	0	25	50,0	71	27,0	s/f	220	1,5	2	180	4	1008,0	16,0	15,0	7	2	1	
19	2004	8	29	3	50	25	50,0	71	21,7	s/f	210	1,5	2	180	4,8	1008,0	15,5	14,0	7	3	1	
20	2004	8	29	4	45	25	50,0	71	16,0	s/f	210	1,5	2	70	7,3	1008,0	15,5	14,0	7	5	1	
21	2004	8	29	5	42	25	50,0	71	10,7	3700	210	1,5	2	30	8,3	1008,0	15,5	14,0	7	6	1	
22	2004	8	29	6	38	25	50,0	71	5,0	2900	270	1,5	2	70	13,4	1008,0	15,5	14,0	7	6	1	
23	2004	8	29	7	36	25	50,0	70	59,5	2000	220	1,5	2	40	17,4	1008,0	15,5	14,0	7	6	1	
24	2004	8	29	8	37	25	50,0	70	54,0	1020	220	1,5	2	40	20,9	1008,0	15,5	14,0	7	6	1	
25	2004	8	29	9	34	25	50,0	70	48,7	374	220	1,5	2	40	21,6	1008,0	15,5	14,0	7	6	1	
26	2004	8	29	10	13	25	50,0	70	46,2	268	220	1,5	2	40	23,2	1008,0	15,5	14,5	7	6	1	
27	2004	8	29	14	32	25	30,0	70	39,4	175	20	1,0	2	40	8	1009,5	16,5	15,0	6	6	1	
28	2004	8	29	15	17	25	30,0	70	43,5	555	20	1,0	2	40	5,5	1009,0	16,5	15,0	6	6	1	
29	2004	8	29	16	9	25	30,0	70	48,9	800	40	1,0	2	40	9,2	1009,0	16,0	15,0	6	8	2	
30	2004	8	29	17	1	25	30,0	70	54,4	s/f	40	1,0	2	40	9,7	1008,5	17,5	16,0	6	6	1	
31	2004	8	29	17	57	25	30,0	71	0,5	s/f	220	1,0	2	10	9,5	1008,0	17,5	16,0	6	5	1	
32	2004	8	29	18	55	25	30,0	71	6,0	s/f	220	1,0	2	10	13,2	1008,0	17,5	16,0	6	5	1	
33	2004	8	29	19	52	25	30,0	71	11,0	s/f	220	1,0	2	10	8,9	1008,0	17,5	16,0	6	5	1	
34	2004	8	29	20	53	25	30,0	71	16,8	s/f	220	1,0	2	10	11,6	1008,0	17,5	16,0	6	5	1	
35	2004	8	29	21	54	25	30,0	71	22,5	s/f	220	1,0	2	10	9,2	1008,0	17,5	16,0	6	5	1	
36	2004	8	29	22	44	25	30,0	71	27,0	s/f	220	1,0	2	10	10,6	1009,0	17,0	16,0	6	5	1	
37	2004	8	29	23	46	25	30,0	71	33,0	s/f	220	1,0	2	10	7,4	1009,0	17,0	16,0	6	5	1	
38	2004	8	30	0	46	25	30,0	71	39,0	s/f	220	1,0	2	10	13	1010,0	16,0	15,0	6	5	1	
39	2004	8	30	1	40	25	30,0	71	44,0	s/f	220	1,0	2	10	10,8	1010,0	16,0	15,0	6	5	1	
40	2004	8	30	3	20	25	40,0	71	46,5	5000	220	1,0	2	10	13	1010,0	16,0	15,0	6	8	2	
41	2004	8	30	4	10	25	40,0	71	41,4	5600	220	1,0	2	0	11	1010,0	16,0	15,0	6	8	2	
42	2004	8	30	5	6	25	40,0	71	35,5	7000	220	1,0	2	0	13,5	1010,0	16,0	15,0	6	8	2	
43	2004	8	30	5	57	25	40,0	71	30,0	s/f	230	1,0	2	0	12,5	1010,0	16,0	15,0	6	8	2	
44	2004	8	30	6	49	25	40,0	71	24,6	s/f	220	1,0	2	0	12,2	1011,0	16,0	15,0	6	8	2	
45	2004	8	30	7	42	25	40,0	71	19,6	s/f	220	1,0	2	0	11,3	1011,0	16,0	15,0	6	8	2	
46	2004	8	30	8	32	25	40,0	71	13,8	s/f	220	1,0	2	0	10	1011,5	16,5	15,5	6	8	2	
47	2004	8	30	9	25	25	40,0	71	8,0	s/f	220	1,0	2	0	6,2	1011,5	16,5	15,5	6	8	2	
48	2004	8	30	10	15	25	40,0	71	3,0	s/f	220	1,0	2	0	7,4	1011,5	16,5	15,5	6	8	2	
49	2004	8	30	11	17	25	40,0	70	57,0	1096	220	1,0	2	0	3,5	1011,5	16,0	15,0	6	5	1	
50	2004	8	30	12	7	25	40,0	70	51,5	1000	220	0,5	2	20	1,7	1011,5	18,5	16,5	7	8	2	
51	2004	8	30	12	53	25	40,0	70	46,5	450	220	0,5	2	20	4,2	1011,5	18,5	16,0	7	6	1	
52	2004	8	30	13	27	25	40,0	70	43,4	120	210	0,5	2	20	4,8	1012,0	20,5	18,0	7	5	1	
53	2004	8	30	17	16	25	20,0	70	28,0	75	220	0,5	x	190	2,7	1010,0	20,0	17,5	7	1	0	
54	2004	8	30	17	58	25	20,0	70	32,2	319	220	0,6	x	220	2,5	1010,0	19,0	17,0	7	1	0	
55	2004	8	30	18	53	25	20,0	70	37,5	540	220	0,5	x	220	2,1	1010,0	19,0	17,0	7	1	0	
56	2004	8	30	19	50	25	20,0	70	43,0	940	220	0,5	x	220	8,1	1010,0	19,0	17,0	7	1	0	
57	2004	8	30	20	43	25	20,0	70	48,5	1540	220	0,5	x	220	2,6	1010,0	19,0	17,0	7	1	0	
58	2004	8	30	21	38	25	20,0	70	54,0	s/f	210	0,5	x	220	2,3	1011,0	18,0	16,0	7	1	0	
59	2004	8	30	22	38	25	20,0	70	59,8	s/f	220	0,5	x	230	4,2	1011,0	18,0	16,0	7	1	0	
60	2004	8	30	23	32	25	20,0	71	5,0	s/f	220	0,5	x	220	3,6	1011,0	18,0	16,0	6	2	0	
61	2004	8	31	0	30	25	20,0	71	10,0	4000	220	0,5	x	200	2,8	1013,0	18,0	16,0	7	1	0	
62	2004	8	31	1	23	25	20,0	71	15,7	s/f	210	0,5	x	200	1,9	1013,0	18,0	16,0	7	1	0	
63	2004	8	31	2	19	25	20,0	71	21,2	s/f	210	0,5	x	230	1,6	1013,0	17,0	15,5	6	5	1	
64	2004	8	31	3	15	25	20,0	71	26,5	s/f	210	0,5	x	30	1,9	1013,0	17,0	15,5	6	6	1	
65	2004	8	31	4	5	25	20,0	71	32,7	s/f	210	0,5	x	60	3,2	1013,0	17,0	15,5	6	6	1	
66	2004	8	31	5	44	25	10,0	71	33,0	7000	220	0,5	2	80	6,5	1013,0	16,5	15,0	9	7	1	
67	2004	8	31	6	43	25	10,0	71	27,2	6000	220	0,5	2	80	8,1	1013,0	16,5	15,0	9	7	1	
68	2004	8	31	7	34	25	10,0	71	22,0	6000	220	0,5	2	90	7,4	1010,0	16,0	15,0	9	7	1	
69	2004	8	31	8	24	25	10,0	71	16,7	s/f	220	0,5	2	80	8,6	1010,0	16,0	15,0	2	6	1	
70	2004	8	31	9	16	25	10,0	71	11,2	s/f	220	0,5	2	80	6,6	1013,5	17,5	16,0	2	6	1	
71	2004	8	31	10	33</																	

Tabla 4. Continuación.

N° est.	FECHA			HORA		LATITUD		LONGITUD		PROF. ECOS (m)	OLAS DIR	OLAS ALT(m)	PER	VIENTO		PRESION ATMOSF.	TEMP.AMB		NUBES		TIEMPO PRESENTE
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN					DIR	INT (kn)		SECO	HUM.	TIPO	CANT	
91	2004	9	3	12	45	25	0,0	71	34,0	s/f	220	0,5	2	340	3,2	1012,5	16,0	13,0	6	7	1
92	2004	9	4	1	26	24	50,0	71	38,0	6000	220	0,3	2	270	2,7	1015,0	16,0	15,0	6	7	1
93	2004	9	4	2	21	24	50,0	71	32,6	s/f	220	0,3	2	230	1,5	1015,0	16,0	15,0	6	7	1
94	2004	9	4	3	15	24	50,0	71	27,5	s/f	220	0,3	2	120	4,2	1015,0	16,0	15,0	6	6	1
95	2004	9	4	4	12	24	50,0	71	22,0	s/f	220	0,3	2	120	7,2	1015,0	16,0	15,0	6	5	1
96	2004	9	4	5	10	24	50,0	71	16,4	s/f	220	0,3	2	110	8,6	1014,0	16,0	15,0	7	3	1
97	2004	9	4	6	7	24	50,0	71	11,0	s/f	220	0,3	2	120	7,5	1014,0	16,0	15,0	7	2	1
98	2004	9	4	7	3	24	50,0	71	5,5	s/f	220	0,3	2	120	10,5	1014,0	16,0	15,0	7	2	1
99	2004	9	4	7	58	24	50,0	71	0,0	s/f	220	0,5	2	120	13	1014,0	16,0	15,0	7	2	1
100	2004	9	4	8	47	24	50,0	70	54,8	2400	220	0,3	2	190	12,6	1014,5	16,0	15,0	6	2	1
101	2004	9	4	9	38	24	50,0	70	49,3	1880	220	0,3	2	190	15,6	1014,5	16,0	15,0	6	5	0
102	2004	9	4	10	38	24	50,0	70	43,0	1640	220	0,3	2	190	16,4	1014,5	16,0	15,0	6	5	0
103	2004	9	4	11	29	24	50,0	70	39,0	570	220	0,3	2	190	11,8	1014,5	16,0	15,0	6	5	0
104	2004	9	4	12	15	24	50,0	70	34,0	102	220	0,5	2	180	12	1014,0	20,5	18,5	7	1	0
105	2004	9	4	13	48	24	40,0	70	35,7	115	200	0,5	2	180	14,4	1011,0	19,0	17,0	s	0	0
106	2004	9	4	14	33	24	40,0	70	39,6	755	200	0,5	2	180	17	1011,0	19,0	17,0	s	0	0
107	2004	9	4	15	33	24	40,0	70	45,0	s/f	200	0,5	2	180	19,2	1010,0	18,0	15,0	s	0	0
108	2004	9	4	16	34	24	40,0	70	50,5	s/f	200	1,0	3	180	23	1010,0	18,0	16,0	s	0	0
109	2004	9	4	17	34	24	40,0	70	56,0	2600	220	1,5	2	180	22	1009,5	18,0	16,0	0	2	1
110	2004	9	4	18	28	24	40,0	71	1,3	3000	220	1,5	2	180	22,7	1009,0	18,0	16,0	0	2	1
111	2004	9	4	19	27	24	40,0	71	7,0	3000	220	1,5	2	180	20,2	1009,0	18,0	16,0	0	2	1
112	2004	9	4	20	26	24	40,0	71	12,5	4000	220	1,5	2	180	24,4	1009,0	18,0	16,0	0	2	1
113	2004	9	4	22	4	24	30,0	71	12,3	4000	220	1,5	2	180	24,2	1009,0	18,0	16,0	0	2	1
114	2004	9	5	8	4	24	30,0	71	6,9	4000	220	1,5	2	180	12	1010,0	18,0	16,0	0	2	1
115	2004	9	5	9	5	24	30,0	71	1,0	s/f	220	1,5	2	180	9,6	1010,0	18,0	16,0	0	2	1
116	2004	9	5	10	1	24	30,0	70	55,5	s/f	220	1,5	2	180	8,3	1011,0	16,5	15,0	0	2	1
117	2004	9	5	11	1	24	30,0	70	50,0	1380	220	1,5	2	180	7,7	1011,0	16,5	15,0	0	2	1
118	2004	9	5	11	54	24	30,0	70	45,0	1200	220	1,5	2	180	2,4	1011,0	16,5	15,0	6	2	0
119	2004	9	5	12	51	24	30,0	70	39,5	715	220	1,0	2	200	4	1011,0	18,5	17,0	6	6	2
120	2004	9	5	13	32	24	30,0	70	35,6	135	220	1,0	2	200	1,7	1011,0	18,5	17,0	6	6	2
121	2004	9	5	15	16	24	20,0	70	34,4	80	220	1,5	2	180	4,7	1010,0	18,5	17,0	3	8	2
122	2004	9	5	16	2	24	20,0	70	38,1	689	220	1,5	2	180	4,6	1009,5	18,5	17,0	3	8	2
123	2004	9	5	17	0	24	20,0	70	43,7	s/f	220	1,5	2	180	3,7	1009,5	18,5	17,0	8	6	1
124	2004	9	5	17	57	24	20,0	70	49,0	s/f	220	1,5	2	200	8,7	1009,5	16,5	15,5	8	5	1
125	2004	9	5	18	59	24	20,0	70	54,8	s/f	220	1,5	2	200	13,2	1009,5	16,5	15,5	8	5	1
126	2004	9	5	19	57	24	20,0	71	0,0	s/f	220	1,5	2	200	13,4	1010,5	16,5	15,0	8	5	1
127	2004	9	5	20	58	24	20,0	71	5,8	s/f	220	1,5	2	200	11,6	1010,5	16,5	15,0	8	5	1
128	2004	9	5	21	55	24	20,0	71	11,3	s/f	220	1,5	2	200	12,8	1010,5	16,5	15,0	8	5	1
129	2004	9	5	22	50	24	20,0	71	16,7	s/f	220	1,5	2	200	12	1010,5	16,5	15,0	8	5	1
130	2004	9	5	23	49	24	20,0	71	22,2	s/f	220	1,5	2	200	10	1010,5	16,5	15,0	8	5	1
131	2004	9	6	0	41	24	20,0	71	27,5	s/f	230	1,5	2	190	8,3	1011,5	16,0	14,5	7	2	1
132	2004	9	6	1	33	24	20,0	71	32,7	s/f	230	1,5	2	190	7,1	1011,5	15,5	14,0	6	5	1
133	2004	9	6	2	27	24	20,0	71	38,2	s/f	230	1,5	2	170	7,3	1011,5	15,5	14,0	6	6	1
134	2004	9	6	4	9	24	10,0	71	35,0	6000	220	1,5	2	180	6,8	1011,5	16,5	15,0	6	6	1
135	2004	9	6	5	4	24	10,0	71	30,0	7000	220	1,0	2	180	9,2	1011,5	16,5	15,0	6	6	1
136	2004	9	6	6	2	24	10,0	71	24,6	7000	220	1,0	2	180	9	1012,0	16,5	15,0	6	6	1
137	2004	9	6	6	57	24	10,0	71	19,5	6000	220	1,0	2	180	6,8	1012,0	16,5	15,0	6	6	1
138	2004	9	6	7	57	24	10,0	71	14,0	5000	220	1,0	2	180	4,4	1012,0	16,5	15,0	6	6	1
139	2004	9	6	8	54	24	10,0	71	8,6	s/f	220	1,0	2	180	5,6	1012,0	16,5	15,0	6	6	1
140	2004	9	6	10	11	24	10,0	71	3,0	s/f	220	1,0	2	180	4	1012,5	16,5	15,0	6	6	1
141	2004	9	6	11	15	24	10,0	70	57,2	2600	220	1,0	2	180	3,6	1012,0	16,5	15,0	6	6	1
142	2004	9	6	12	10	24	10,0	70	52,0	s/f	220	0,5	2	140	1,2	1013,0	20,5	18,5	6	5	1
143	2004	9	6	13	5	24	10,0	70	46,7	s/f	220	0,5	x	110	1,8	1013,0	20,5	18,5	6	5	1
144	2004	9	6	14	3	24	10,0	70	41,0	1500	220	0,3	x	200	3,1	1012,0	22,5	19,5	6	5	1
145	2004	9	6	14	53	24	10,0	70	35,9	464	220	0,3	x	200	2,2	1012,0	22,5	19,5	6	5	1
146	2004	9	6	15	35	24	10,0	70	31,7	117	220	0,3	x	200	1,9	1011,0	21,5	19,0	6	5	1
147	2004	9	6	17	12	24	0,0	70	32,0	88	220	0,5	2	170	4,2	1011,5	19,0	17,5	6	7	1
148	2004	9	6	17	54	24	0,0	70	36,3	610	220	0,5	2	170	4,5	1011,5	19,0	17,5	6	5	1
149	2004	9	6	18	51	24	0,0	70	41,6	1380	220	0,5	2	170	6,8	1011,5	19,0	17,5	6	5	1
150	2004	9	6	19	55	24	0,0	70	47,0	s/f	220	0,5	2	170	6,7	1011,5	19,0	17,5	6	5	1
151	2004	9	6	20	50	24	0,0	70	52,5	s/f	220	0,5	2	170	8,3	1011,5	19,0	17,5	6	5	1
152	2004	9	6	21	50	24	0,0	70	58,0	s/f	220	0,5	2	170	8,2	1011,5	19,0	17,5	6	5	1
153	2004	9	6	22	42	24	0,0	71	3,5	s/f	220	0,5	2	170	8,5	1012,0	19,0	17,5	6	5	1
154	2004	9	6	23	38	24	0,0	71	9,0	s/f	220	0,5	2	170	5,2	1012,0	19,0	17,5	6	5	1
155	2004	9	7	0	32	24	0,0	71	14,5	6000	220	0,5	2	180	7,5	1014,0	18,5	17,0	6	4	1
156	2004	9	7	1	26	24	0,0	71	19,8	7000	220	0,5	2	180	11,1	1014,0	18,5	17,0	6	4	1
157	2004	9	7	2	17	24	0,0	71	25,0	s/f	230	1,0	2	170	9,1	1013,0	18,5	17,0	6	4	1
158	2004	9	7	3	10	24	0,0	71	30,5	6600	230	1,0	2	170	9,6	1013,0	18,5	17,0	6	4	1
159	2004	9	7	4	2	24	0,0	71	36,0	6000	220	1,0	2	170	7,6	1013,0	18,5	17,0	6	4	1
160	2004	9	7	5	36	23	50,0	71	35,3	6500	220	0,5	2	150	6,1	1013,0	16,5	15,0	6	8	2

Tabla 4. Continuación.

N° est.	FECHA			HORA		LATITUD		LONGITUD		PROF.	OLAS			VIENTO		PRESION	TEMP.AMB		NUBES		TIEMPO
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	ECOS (m)	DIR	ALT(m)	PER	DIR	INT (kn)	ATMOSF.	SECO	HUM.	TIPO	CANT	PRESENTE
181	2004	9	10	0	8	23	40,0	71	7,9	s/f	220	3,5	3	190	9,4	1013,5	16,0	14,5	6	6	2
182	2004	9	10	1	52	23	40,0	71	13,5	s/f	220	3,5	3	190	8,1	1015,0	15,5	14,0	6	8	2
183	2004	9	10	2	49	23	40,0	71	18,8	7000	220	3,5	3	190	8,2	1015,0	15,5	14,0	6	8	2
184	2004	9	10	3	47	23	40,0	71	24,2	7500	220	3,5	3	190	7,5	1015,0	15,0	13,5	6	8	2
185	2004	9	10	4	48	23	40,0	71	29,7	6800	220	3,5	3	190	7,5	1015,0	15,0	13,5	6	8	2
186	2004	9	10	17	32	23	30,0	71	43,0	s/f	220	4,0	3	200	23	1014,0	15,5	14,0	6	8	2
187	2004	9	10	18	43	23	30,0	71	37,5	5200	220	4,5	3	200	20,5	1014,0	15,5	14,0	6	8	2
188	2004	9	10	19	56	23	30,0	71	32,2	s/f	220	4,5	3	200	22	1014,5	15,5	14,0	6	8	2
189	2004	9	10	21	15	23	30,0	71	26,6	s/f	220	4,5	3	200	18,6	1014,5	15,5	14,0	6	8	2
190	2004	9	10	22	29	23	30,0	71	21,0	s/f	220	4,5	3	200	14,8	1014,5	15,5	14,0	6	8	2
191	2004	9	10	23	32	23	30,0	71	15,7	s/f	220	4,5	3	200	13,7	1014,5	15,5	14,0	6	8	2
192	2004	9	11	0	50	23	30,0	71	10,0	4900	220	4,5	3	170	11	1015,0	15,5	14,0	6	8	2
193	2004	9	11	1	49	23	30,0	71	5,0	s/f	220	4,5	3	180	14,2	1015,0	15,5	14,0	6	8	2
194	2004	9	11	2	53	23	30,0	70	59,5	s/f	230	3,5	3	190	15	1014,0	15,0	13,5	6	8	2
195	2004	9	11	3	58	23	30,0	70	53,8	3200	230	2,5	3	180	11	1014,0	14,5	13,0	6	8	2
196	2004	9	11	4	58	23	30,0	70	48,2	2610	230	2,0	2	180	10,2	1013,5	15,0	14,0	6	8	2
197	2004	9	11	5	57	23	30,0	70	43,0	1110	220	1,5	2	180	10,3	1013,5	15,0	14,0	6	8	2
198	2004	9	11	6	51	23	30,0	70	39,0	205	220	1,5	2	180	11,7	1013,5	15,0	14,0	6	8	2
199	2004	9	11	9	2	23	20,0	70	36,8	100	220	1,5	2	180	11,9	1014,0	15,5	14,0	6	8	2
200	2004	9	11	9	48	23	20,0	70	40,8	1030	220	1,5	2	180	9,3	1014,0	15,5	14,0	6	8	2
201	2004	9	11	10	49	23	20,0	70	46,3	2500	220	2,5	2	180	12,3	1014,0	15,5	14,0	6	8	2
202	2004	9	11	11	56	23	20,0	70	51,5	3000	220	3,5	2	180	12,8	1013,0	15,5	14,0	6	8	2
203	2004	9	11	12	50	23	20,0	70	56,8	s/f	220	4,0	3	180	13,2	1013,0	15,0	13,5	6	8	2
204	2004	9	11	13	50	23	20,0	71	2,4	s/f	220	4,0	3	180	13,5	1012,0	15,0	13,5	6	8	2
205	2004	9	11	14	45	23	20,0	71	7,7	4900	220	4,0	3	180	16	1011,5	15,0	13,5	6	8	2
206	2004	9	11	15	41	23	20,0	71	13,0	6000	220	4,5	4	180	14,5	1011,0	15,0	13,5	6	8	2
207	2004	9	11	16	38	23	20,0	71	18,3	7000	220	4,5	4	180	14,2	1010,5	15,0	13,5	6	8	2
208	2004	9	11	17	42	23	20,0	71	23,6	7500	220	4,0	4	180	14,2	1010,5	15,0	13,5	6	8	2
209	2004	9	11	18	49	23	20,0	71	29,5	7500	220	4,0	4	180	14,9	1011,0	15,0	13,5	6	8	2
210	2004	9	11	19	53	23	20,0	71	34,6	7500	220	4,0	4	180	16,7	1010,5	15,0	13,5	6	8	2
211	2004	9	11	21	7	23	20,0	71	40,0	7500	220	3,5	4	180	15,9	1010,5	15,0	13,5	6	8	2
212	2004	9	11	23	21	23	10,0	71	39,0	7000	220	3,0	4	180	10,4	1011,5	15,0	13,5	6	8	2
213	2004	9	12	0	24	23	10,0	71	33,0	s/f	220	3,0	3	170	10,3	1012,0	15,5	14,0	6	8	2
214	2004	9	12	1	24	23	10,0	71	28,0	6000	220	3,0	3	170	9,5	1012,0	15,5	14,0	6	8	2
215	2004	9	12	2	25	23	10,0	71	23,0	7000	220	3,0	3	170	11,5	1011,5	15,5	14,0	6	8	2
216	2004	9	12	3	27	23	10,0	71	17,3	7900	220	2,0	3	160	6,8	1011,5	15,0	13,5	6	8	2
217	2004	9	12	4	24	23	10,0	71	12,0	6000	220	1,5	3	160	6,7	1011,5	15,0	13,5	6	8	2
218	2004	9	12	5	22	23	10,0	71	6,5	s/f	220	1,5	3	160	6,7	1011,0	15,0	13,5	6	8	2
219	2004	9	12	6	34	23	10,0	71	1,0	s/f	220	1,5	3	160	6,5	1011,0	15,0	13,5	6	8	2
220	2004	9	12	7	26	23	10,0	70	55,6	s/f	220	1,5	3	160	3,9	1011,0	15,0	13,5	6	8	2
221	2004	9	12	8	27	23	10,0	70	50,0	s/f	220	1,5	3	160	2,7	1011,0	15,0	13,5	6	8	2
222	2004	9	12	9	21	23	10,0	70	44,7	s/f	220	1,5	3	160	3,8	1012,0	15,0	13,5	6	8	2
223	2004	9	12	10	14	23	10,0	70	39,5	s/f	220	1,5	3	160	7,6	1012,0	15,0	13,5	6	6	2
224	2004	9	12	10	57	23	10,0	70	35,8	235	220	1,5	3	160	7	1012,0	15,0	13,5	6	6	2
225	2004	9	12	14	18	23	0,0	70	21,0	75	220	0,3	x	180	1,2	1011,5	17,5	15,5	7	7	1
226	2004	9	12	15	3	23	0,0	70	25,5	110	220	0,3	x	180	1,5	1011,5	17,5	15,5	7	7	1
227	2004	9	12	16	3	23	0,0	70	30,8	97	220	0,3	x	180	2,7	1011,0	17,5	15,5	7	7	1
228	2004	9	12	17	1	23	0,0	70	36,2	358	220	0,3	x	190	2,6	1011,0	17,5	15,5	7	8	1
229	2004	9	12	17	58	23	0,0	70	41,5	s/f	220	0,3	x	200	2,2	1011,0	15,5	13,5	7	8	2
230	2004	9	12	19	0	23	0,0	70	46,8	s/f	220	0,3	x	200	2	1011,0	15,5	13,5	7	8	2
231	2004	9	12	20	2	23	0,0	70	52,5	s/f	220	0,3	x	200	2,3	1011,0	15,5	13,5	7	8	2
232	2004	9	12	20	59	23	0,0	70	57,8	s/f	220	0,3	x	200	3,4	1011,0	15,5	13,5	7	8	2
233	2004	9	12	21	54	23	0,0	71	3,2	s/f	220	0,3	x	200	3,1	1011,0	15,5	13,5	7	8	2
234	2004	9	12	23	5	23	0,0	71	8,5	s/f	220	0,3	x	200	4,6	1012,0	15,5	13,5	7	8	2
235	2004	9	13	0	5	23	0,0	71	13,8	s/f	220	0,3	x	200	3,5	1012,0	15,5	13,5	7	8	2
236	2004	9	13	1	3	23	0,0	71	19,2	s/f	220	0,5	x	20	2,4	1013,0	15,0	13,0	6	8	2
237	2004	9	13	2	2	23	0,0	71	24,8	s/f	220	0,8	x	10	4,3	1013,0	15,0	13,0	6	8	2
238	2004	9	13	15	5	22	50,0	71	23,3	7400	220	1,0	2	150	5,6	1011,5	20,0	17,5	6	8	2
239	2004	9	13	16	1	22	50,0	71	17,7	s/f	220	1,0	2	180	7,1	1011,0	20,0	17,5	6	8	2
240	2004	9	13	16	56	22	50,0	71	12,4	7000	220	1,0	2	180	7,1	1010,5	17,5	15,5	6	6	1
241	2004	9	13	17	53	22	50,0	71	7,0	6000	220	1,0	2	170	9,5	1011,0	17,5	15,5	6	6	1
242	2004	9	13	18	54	22	50,0	71	1,8	5000	220	1,0	2	170	7,5	1011,0	17,5	15,5	6	6	1
243	2004	9	13	19	50	22	50,0	70	56,0	4000	220	1,0	2	170	5,8	1011,0	17,5	15,5	6	6	1
244	2004	9	13	20	42	22	50,0	70	50,8	s/f	220	1,0	2	170	7,8	1011,0	17,5	15,5	6	6	1
245	2004	9	13	21	35	22	50,0	70	45,5	2500	220	1,0	2	170	4,9	1011,0	17,5	15,5	6	6	1
246	2004	9	13	22	28	22	50,0	70	40,0	s/f	220	1,0	2	170	3,8	1011,0	17,5	15,5	6	6	1
247	2004	9	13	23	19	22	50,0	70	34,6	1300	220	1,0	2	170	8,2	1011,0	17,5	15,5	6	6	1
248	2004	9	14	0	11	22	50,0	70	29,2	140	220	1,0	2	150	4,2	1012,0	16,0	14,5	6	8	2
249	2004	9	14	1	0	22	50,0	70	24,0	213	220	0,5	2	140	5,1	1013,0	16,0	14,5	6	8	2
250	2004	9	14	1	49	22	50,0	70	19,7	64	2										

Tabla 4. Continuación.

N° est.	FECHA			HORA		LATITUD		LONGITUD		PROF.	OLAS			VIENTO		PRESION	TEMP.AMB		NUBES		TIEMPO
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	ECOS (m)	DIR	ALT(m)	PER	DIR	INT (kn)	ATMOSF.	SECO	HUM.	TIPO	CANT	PRESENTE
271	2004	9	14	22	52	22	30,0	70	43,6	2800	220	0,5	2	170	6,7	1012,0	20,0	18,0	6	5	1
272	2004	9	14	23	46	22	30,0	70	37,5	1500	220	0,5	2	170	8	1012,0	20,0	18,0	6	5	1
273	2004	9	15	0	43	22	30,0	70	32,0	863	220	0,5	2	200	4,5	1013,0	16,5	14,5	6	8	2
274	2004	9	15	1	33	22	30,0	70	29,6	670	220	0,5	2	200	5,4	1013,0	16,5	14,5	6	8	2
275	2004	9	15	2	27	22	30,0	70	21,5	505	220	0,5	2	230	2,8	1013,0	16,5	14,5	6	8	2
276	2004	9	15	3	36	22	30,0	70	16,2	170	220	0,3	x	180	0,8	1012,0	16,5	14,5	6	8	2
277	2004	9	15	17	47	22	20,0	70	16,4	115	220	0,5	x	250	4,2	1011,0	18,0	16,0	6	8	2
278	2004	9	15	19	27	22	20,0	70	22,0	493	220	0,5	x	250	3,7	1011,0	18,0	16,0	6	8	2
279	2004	9	15	21	25	22	20,0	70	27,4	937	220	0,5	x	250	5,1	1011,0	18,0	16,0	6	8	2
280	2004	9	15	23	7	22	20,0	70	32,8	s/f	220	0,5	x	250	1,8	1011,0	18,0	16,0	6	8	2
281	2004	9	16	0	26	22	20,0	70	37,5	s/f	220	0,5	x	250	1,8	1011,5	18,0	16,0	6	8	2
282	2004	9	16	2	8	22	20,0	70	43,0	s/f	220	0,5	x	250	1,8	1012,0	16,0	15,0	6	8	2
283	2004	9	16	3	8	22	20,0	70	48,7	3500	220	0,5	x	250	1,8	1012,0	16,0	15,0	6	8	2
284	2004	9	16	4	3	22	20,0	70	54,1	4800	220	0,5	x	250	3,5	1011,5	16,0	15,0	6	8	2
285	2004	9	16	5	20	22	20,0	70	59,5	s/f	220	0,5	x	250	1,7	1011,5	16,0	15,0	6	8	2
286	2004	9	16	6	51	22	20,0	71	4,7	s/f	220	0,5	x	250	6,7	1011,5	16,0	15,0	6	8	2
287	2004	9	16	7	49	22	20,0	71	10,0	s/f	220	0,5	x	250	7,2	1011,5	16,0	15,0	6	8	2
288	2004	9	16	8	56	22	20,0	71	15,5	s/f	220	0,5	x	250	4,6	1015,0	16,0	15,0	6	8	2
289	2004	9	16	9	44	22	20,0	71	20,7	s/f	220	0,5	x	250	5	1015,0	16,0	15,0	1	2	0
290	2004	9	16	23	51	22	10,0	71	18,5	s/f	220	0,5	x	200	3,1	1011,5	15,5	14,0	6	6	1
291	2004	9	17	0	43	22	10,0	71	13,2	4000	220	0,5	x	120	3,4	1013,0	15,5	14,0	6	5	1
292	2004	9	17	1	34	22	10,0	71	7,8	s/f	200	0,3	x	20	1,8	1013,0	15,5	14,0	6	5	1
293	2004	9	17	2	30	22	10,0	71	2,4	s/f	210	0,3	x	270	2,7	1013,0	15,5	14,0	6	5	1
294	2004	9	17	3	29	22	10,0	70	56,7	4500	210	0,3	x	270	2,4	1012,5	15,5	14,0	6	4	1
295	2004	9	17	4	24	22	10,0	70	51,5	s/f	210	0,3	x	120	1,5	1012,5	15,5	14,0	6	4	1
296	2004	9	17	5	21	22	10,0	70	46,0	s/f	210	0,3	x	120	2,1	1012,5	15,5	14,0	6	4	1
297	2004	9	17	6	16	22	10,0	70	40,7	s/f	210	0,3	x	120	2,7	1012,5	15,5	14,0	6	4	1
298	2004	9	17	7	7	22	10,0	70	35,4	1970	210	0,3	x	120	1,4	1012,5	15,5	14,0	6	6	1
299	2004	9	17	8	2	22	10,0	70	30,0	1380	210	0,3	x	120		1012,5	15,5	14,0	6	6	1
300	2004	9	17	8	52	22	10,0	70	24,6	1086	210	0,3	x	120	4	1012,5	15,5	14,0	6	6	1
301	2004	9	17	9	52	22	10,0	70	19,1	481	210	0,3	x	120	3,6	1012,5	15,5	14,0	6	6	1
302	2004	9	17	10	46	22	10,0	70	14,5	52	210	0,3	x	120	7,8	1012,5	15,5	14,0	6	6	1
303	2004	9	17	12	26	22	0,0	70	12,9	73	220	1,0	2	210	12,2	1013,0	19,0	17,0	7	2	1
304	2004	9	17	13	16	22	0,0	70	16,4	474	220	1,0	2	200	13,5	1013,0	19,0	17,0	7	1	1
305	2004	9	17	14	13	22	0,0	70	21,5	1100	220	1,0	2	200	13	1013,0	19,0	17,0	7	2	1
306	2004	9	17	15	9	22	0,0	70	27,0	2000	220	1,0	2	190	13	1013,0	19,0	17,0	7	2	1
307	2004	9	17	16	5	22	0,0	70	32,3	2000	220	1,0	2	190	9,1	1012,0	17,0	15,0	7	2	1
308	2004	9	17	17	2	22	0,0	70	38,0	s/f	230	0,8	2	190	8,9	1012,0	17,0	15,0	7	1	1
309	2004	9	17	17	57	22	0,0	70	43,2	s/f	230	0,8	2	190	6,3	1012,0	17,0	15,0	7	1	0
310	2004	9	17	18	53	22	0,0	70	48,6	s/f	230	0,8	2	190	5,5	1012,0	17,0	15,0	7	1	0
311	2004	9	17	19	51	22	0,0	70	54,2	s/f	230	0,8	2	190	6,2	1012,0	17,0	15,0	7	1	0
312	2004	9	17	20	44	22	0,0	70	59,5	s/f	230	0,8	2	190	7,2	1012,0	17,0	15,0	7	1	0
313	2004	9	17	21	37	22	0,0	71	4,8	s/f	230	0,8	2	190	4,8	1012,0	17,0	15,0	7	1	0
314	2004	9	17	22	34	22	0,0	71	10,2	s/f	230	0,8	2	190	7,7	1012,0	17,0	15,0	7	1	0
315	2004	9	17	23	29	22	0,0	71	15,5	s/f	230	0,8	2	190	6,6	1012,5	17,0	15,0	7	1	0
316	2004	9	18	0	31	22	0,0	71	21,0	s/f	220	0,3	x	200	1,2	1014,0	15,5	14,5	7	1	0
317	2004	9	18	1	33	22	0,0	71	26,0	s/f	220	0,3	x	200	3,7	1014,5	15,5	14,5	6	3	1
318	2004	9	18	2	29	22	0,0	71	31,4	s/f	220	0,3	x	200	1,9	1014,5	15,5	14,5	6	3	1
319	2004	9	18	3	31	22	0,0	71	36,5	s/f	220	0,3	x	200	3	1014,5	15,5	14,5	6	5	1
320	2004	9	18	5	10	21	50,0	71	32,8	s/f	220	0,3	x	340	1,8	1014,5	16,0	14,5	6	6	1
321	2004	9	18	6	5	21	50,0	71	27,7	s/f	220	0,3	x	190	2,7	1014,5	16,0	14,5	6	6	1
322	2004	9	18	6	59	21	50,0	71	22,2	s/f	220	0,3	x	190	1,7	1014,0	16,0	14,5	6	6	1
323	2004	9	18	7	53	21	50,0	71	17,2	s/f	220	0,3	x	190	7,4	1014,0	16,0	14,5	6	6	1
324	2004	9	18	8	45	21	50,0	71	12,2	s/f	220	0,3	x	190	8,3	1014,0	16,0	14,5	6	6	1
325	2004	9	18	9	39	21	50,0	71	6,6	s/f	220	0,3	x	190	7,9	1014,0	16,0	14,5	6	6	1
326	2004	9	18	10	30	21	50,0	71	1,5	s/f	220	0,3	x	190	6,1	1014,0	16,0	14,5	6	6	1
327	2004	9	18	11	22	21	50,0	70	56,0	s/f	220	0,3	x	190	6,5	1014,0	16,0	14,5	6	6	1
328	2004	9	18	12	15	21	50,0	70	50,7	s/f	220	0,3	x	190	6,1	1014,0	16,0	14,5	6	6	1
329	2004	9	18	13	10	21	50,0	70	45,5	s/f	220	0,3	x	190	8	1013,5	16,0	14,5	6	6	1
330	2004	9	18	14	13	21	50,0	70	40,1	s/f	220	0,3	x	190	7,4	1013,0	16,0	14,5	6	6	1
331	2004	9	18	15	4	21	50,0	70	35,0	2000	220	0,3	x	190	8,5	1013,0	20,0	18,0	7	4	1
332	2004	9	18	15	57	21	50,0	70	29,5	1300	220	0,5	x	190	10,4	1013,0	20,0	18,0	7	4	1
333	2004	9	18	16	47	21	50,0	70	24,4	990	220	0,5	2	190	11,1	1012,5	19,5	17,0	7	2	1
334	2004	9	18	17	41	21	50,0	70	19,0	766	220	0,5	2	190	11,2	1012,5	19,5	17,0	7	2	1
335	2004	9	18	18	33	21	50,0	70	13,8	317	220	0,5	2	190	10,8	1012,5	19,5	17,0	7	2	1
336	2004	9	18	19	14	21	50,0	70	10,0	81	220	0,5	2	190	11,1	1012,5	19,5	17,0	7	2	1
337	2004	9	18	20	56	21	40,0	70	10,3	62	220	0,3	x	190	8,4	1012,5	19,5	17,0	6	6	1
338	2004	9	18	21	45	21	40,0	70	14,2	137	220	0,3	x	190	7,2	1012,5	19,5	17,0	6	6	1
339	2004	9	18	22	38	21	40,0	70	19,5	616	220	0,3	x	190	8,9	1013,5	19,5	17,0	6	6	1
340	2004	9	18	23	33	21	40,0	70	25,0	s/f	220	0,3	x	190	9,8	1014,5	19,5	17,0	6	6	1

Tabla 4. Continuación.

N° est.	FECHA			HORA		LATITUD		LONGITUD		PROF.	OLAS			VIENTO		PRESION	TEMP.AMB		NUBES		TIEMPO
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	ECOS (m)	DIR	ALT(m)	PER	DIR	INT (kn)	ATMOSF.	SECO	HUM.	TIPO	CANT	PRESENTE
361	2004	9	19	19	43	21	30,0	70	52,5	4000	220	1,0	2	180	11	1010,5	19,0	17,0	6	5	2
362	2004	9	19	20	32	21	30,0	70	47,3	s/f	220	1,0	2	180	7,4	1010,5	19,0	17,0	6	5	2
363	2004	9	19	21	22	21	30,0	70	42,0	s/f	220	1,0	2	180	8,5	1010,5	19,0	17,0	6	5	2
364	2004	9	19	22	13	21	30,0	70	36,7	2200	220	1,0	2	180	6	1010,5	19,0	17,0	6	5	2
365	2004	9	19	23	4	21	30,0	70	31,5	s/f	220	1,0	2	180	1,8	1010,5	19,0	17,0	6	5	2
366	2004	9	19	23	55	21	30,0	70	26,2	s/f	220	1,0	2	180	2,7	1010,5	19,0	17,0	6	5	2
367	2004	9	19	0	46	21	30,0	70	21,0	522	220	1,0	2	180	3,8	1013,0	16,0	15,0	6	7	2
368	2004	9	19	1	40	21	30,0	70	15,6	287	220	1,0	2	10	5,3	1012,5	16,0	15,0	6	7	2
369	2004	9	19	2	33	21	30,0	70	10,4	112	220	1,0	2	0	3,9	1012,5	16,0	15,0	6	7	2
370	2004	9	19	3	9	21	30,0	70	6,5	76	220	1,0	2		3	1011,5	15,5	14,0	6	7	2
371	2004	9	20	8	20	21	0,0	70	11,5	75	220	0,5	2	180	1,9	1012,0	15,5	14,0	6	8	2
372	2004	9	20	9	9	21	0,0	70	15,5	94	220	0,5	2	180	4,3	1012,0	15,5	14,0	6	8	2
373	2004	9	22	10	6	21	20,0	70	7,5	79	220	0,5	2	190	8	1013,5	16,5	15,0	6	6	2
374	2004	9	22	10	57	21	20,0	70	11,2	106	220	0,5	2	190	10,1	1013,5	16,5	15,0	6	4	1
375	2004	9	22	11	50	21	20,0	70	16,2	138	220	0,5	2	180	10,5	1013,5	16,5	15,0	6	4	1
376	2004	9	22	12	47	21	20,0	70	21,6	539	220	0,5	2	180	10,5	1014,0	17,0	15,0	6	2	1
377	2004	9	22	13	45	21	20,0	70	27,0	650	220	0,5	2	190	13,5	1014,0	17,0	15,0	6	2	1
378	2004	9	22	14	43	21	20,0	70	32,2	s/f	220	0,5	2	200	14,5	1013,0	17,0	15,0	6	2	1
379	2004	9	22	15	45	21	20,0	70	37,5	s/f	220	1,0	2	200	16,2	1011,0	17,0	15,0	6	1	1
380	2004	9	22	16	48	21	20,0	70	43,0	s/f	220	1,5	2	200	16,2	1010,5	17,5	15,5	6	2	1
381	2004	9	22	17	48	21	20,0	70	48,0	s/f	220	1,5	2	200	15	1011,5	17,5	15,5	6	2	1
382	2004	9	22	18	49	21	20,0	70	53,2	s/f	220	1,5	2	200	12,8	1011,5	17,0	15,5	6	2	1
383	2004	9	22	19	53	21	20,0	70	58,6	s/f	220	1,5	2	200	14,7	1011,5	17,0	15,5	6	4	1
384	2004	9	22	20	53	21	20,0	71	4,0	s/f	220	1,5	2	200	11,5	1011,5	17,0	15,5	6	4	1
385	2004	9	22	21	55	21	20,0	71	9,4	s/f	220	1,5	2	200	10,6	1011,5	17,0	15,5	6	4	1
386	2004	9	22	22	54	21	20,0	71	14,4	s/f	220	1,5	2	200	9,9	1011,5	17,0	15,5	6	4	1
387	2004	9	22	23	53	21	20,0	71	19,8	s/f	220	1,5	2	200	10,4	1011,5	17,0	15,5	6	4	1
388	2004	9	23	0	50	21	20,0	71	25,0	s/f	220	1,5	2	200	9,6	1013,0	16,5	15,0	6	6	1
389	2004	9	23	1	51	21	20,0	71	30,4	s/f	220	1,5	2	200	10,1	1013,0	16,0	14,5	6	5	1
390	2004	9	23	3	32	21	10,0	71	32,5	5000	220	1,0	2	170	6,5	1012,0	16,0	14,5	6	6	1
391	2004	9	23	4	31	21	10,0	71	27,2	s/f	220	1,0	2	170	9	1012,0	16,0	14,5	6	6	1
392	2004	9	23	5	27	21	10,0	71	22,0	6000	220	1,0	2	170	4,1	1012,0	16,0	14,5	6	7	1
393	2004	9	23	6	26	21	10,0	71	16,6	6000	220	1,0	2	170	7,3	1012,0	16,0	14,5	6	7	1
394	2004	9	23	7	22	21	10,0	71	11,4	s/f	220	1,0	2	170	8,3	1012,0	16,0	14,5	6	7	1
395	2004	9	23	8	19	21	10,0	71	5,9	s/f	220	1,0	2	170	12,2	1012,0	16,0	14,5	6	7	1
396	2004	9	23	9	14	21	10,0	71	0,5	s/f	220	1,0	2	170	11,6	1012,0	16,0	14,5	6	7	1
397	2004	9	23	10	7	21	10,0	70	55,2	4000	220	1,0	2	170	11,5	1012,5	16,0	14,5	6	6	1
398	2004	9	23	11	4	21	10,0	70	49,6	3000	220	1,0	2	170	6,1	1012,5	18,0	14,5	6	5	1
399	2004	9	23	11	59	21	10,0	70	44,5	s/f	220	1,0	2	190	6,6	1012,5	19,5	16,5	6	4	1
400	2004	9	23	13	2	21	10,0	70	39,0	s/f	220	1,0	2	190	8,5	1011,0	21,5	18,5	6	2	1
401	2004	9	23	13	55	21	10,0	70	34,0	s/f	220	1,0	2	190	8,9	1010,0	21,5	18,5	6	2	1
402	2004	9	23	14	51	21	10,0	70	28,5	933	220	1,0	2	190	9,3	1010,0	21,5	18,5	6	4	1
403	2004	9	23	15	51	21	10,0	70	22,7	258	220	1,0	2	190	9,3	1009,5	21,5	18,5	6	4	1
404	2004	9	23	16	45	21	10,0	70	17,5	108	220	1,0	2	220	9	1009,0	20,0	17,0	6	6	1
405	2004	9	23	17	38	21	10,0	70	12,3	90	220	1,0	2	220	6	1010,0	19,5	17,0	6	7	1
406	2004	9	23	18	17	21	10,0	70	8,5	68	220	1,0	2	220	5,8	1010,0	19,5	17,0	6	7	1
407	2004	9	23	21	37	21	0,0	70	20,9	108	220	1,0	2	180	1,4	1010,0	19,5	17,0	6	8	2
408	2004	9	23	22	46	21	0,0	70	26,0	622	220	1,0	2	180	1,4	1010,0	19,5	17,0	6	8	2
409	2004	9	24	0	13	21	0,0	70	31,6	s/f	220	1,0	2	180	2,2	1010,0	19,5	17,0	6	8	2
410	2004	9	24	1	44	21	0,0	70	37,0	1000	220	1,0	2	250	3,4	1011,5	18,0	16,5	6	8	2
411	2004	9	24	2	38	21	0,0	70	42,4	s/f	220	0,8	2	250	1,7	1011,5	17,5	16,0	6	8	2
412	2004	9	24	3	31	21	0,0	70	47,7	s/f	220	0,8	2	180	1,5	1011,0	17,5	16,0	6	8	2
413	2004	9	24	4	54	21	0,0	70	52,9	s/f	220	0,5	2	180	2,3	1011,0	17,5	16,0	6	8	2
414	2004	9	24	6	26	21	0,0	70	58,0	s/f	220	0,5	2	180	2,8	1011,0	17,5	16,0	6	8	2
415	2004	9	24	7	29	21	0,0	71	3,3	s/f	220	0,5	2	180	2,3	1011,0	17,5	16,5	6	8	2
416	2004	9	24	8	25	21	0,0	71	8,5	s/f	220	0,5	2	180	2,9	1011,0	17,5	16,5	6	8	2
417	2004	9	24	9	21	21	0,0	71	14,0	s/f	220	0,5	2	180	4,7	1011,0	17,5	16,5	6	8	2
418	2004	9	24	10	53	21	0,0	71	19,2	s/f	220	0,5	2	180	4,5	1011,0	17,5	16,5	6	8	2
419	2004	9	24	11	54	21	0,0	71	24,5	s/f	220	0,5	2	180	3,9	1012,0	17,0	15,5	6	6	1
420	2004	9	24	13	27	21	0,0	71	29,8	5900	220	1,0	3	160	3,6	1011,0	18,5	15,5	6	8	2
421	2004	9	24	14	20	21	0,0	71	35,0	s/f	220	1,5	3	190	4,8	1010,0	18,5	15,5	6	8	2
422	2004	9	24	22	23	20	50,0	71	35,6	s/f	220	0,5	x	180	2,1	1012,0	18,5	15,5	6	8	2
423	2004	9	25	0	7	20	50,0	71	30,5	s/f	220	0,5	x	180	3,2	1011,0	17,5	15,0	6	8	2
424	2004	9	25	1	2	20	50,0	71	25,2	s/f	220	0,3	x	160	3,3	1011,5	17,5	15,0	6	8	2
425	2004	9	25	1	57	20	50,0	71	20,0	6000	220	0,3	x	160	1,2	1011,5	17,5	15,0	6	8	2
426	2004	9	25	2	51	20	50,0	71	14,6	7000	220	0,3	x	150	1,5	1011,0	16,5	15,0	6	8	2
427	2004	9	25	3	47	20	50,0	71	9,2	6300	220	0,3	x	160	2,3	1011,0	16,5	15,0	6	7	1
428	2004	9	25	4	42	20	50,0	71	4,0	5400	220	0,3	x	140	3,5	1011,0	16,5	15,0	6	6	1
429	2004	9	25	5	41	20	50,0	70	58,6	4000	220	0,3	x	160	3,8	1011,0	16,5	15,0	6	4	1
430	2004	9	25	6	37	20	50,0	70	53,5	4000	220	0,3	x	180	5,4	1011,0</					

Tabla 4. Continuación.

N° est.	FECHA			HORA		LATITUD		LONGITUD		PROF.	OLAS			VIENTO		PRESION	TEMP.AMB		NUBES		TIEMPO
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	ECOS (m)	DIR	ALT(m)	PER	DIR	INT (kn)	ATMOSF.	SECO	HUM.	TIPO	CANT	PRESENTE
451	2004	9	26	2	9	20	40,0	71	14,5	s/f	220	0,3	x	160	4,4	1011,5	16,5	14,5	6	4	1
452	2004	9	26	3	2	20	40,0	71	19,8	s/f	220	0,3	x	140	4,5	1011,5	16,5	14,5	6	4	1
453	2004	9	26	3	53	20	40,0	71	25,0	5300	220	0,3	x	130	3,3	1011,5	16,5	14,5	6	3	1
454	2004	9	26	4	50	20	40,0	71	30,5	s/f	220	0,3	x	170	3,4	1010,5	16,5	14,5	6	6	1
455	2004	9	26	5	41	20	40,0	71	35,5	s/f	220	0,3	x	170	5,2	1010,5	16,5	14,5	6	7	1
456	2004	9	26	7	17	20	30,0	71	33,0	5000	220	0,5	2	180	4,4	1010,0	16,5	14,5	6	6	1
457	2004	9	26	8	9	20	30,0	71	28,8	5000	220	0,5	2	180	6,3	1010,0	16,5	14,5	6	5	1
458	2004	9	26	9	1	20	30,0	71	23,0	s/f	220	0,5	2	180	8,3	1010,0	16,5	14,5	6	5	1
459	2004	9	26	9	57	20	30,0	71	17,6	s/f	220	0,5	2	180	8,5	1010,0	16,5	14,5	6	5	1
460	2004	9	26	10	53	20	30,0	71	12,5	s/f	220	0,5	2	180	5,9	1011,5	18,5	16,5	6	5	1
461	2004	9	26	11	45	20	30,0	71	7,5	s/f	220	0,5	2	180	5,8	1011,5	18,5	16,5	6	5	1
462	2004	9	26	12	34	20	30,0	71	2,2	s/f	220	0,5	2	180	5	1011,5	20,5	18,5	6	6	1
463	2004	9	26	13	39	20	30,0	70	57,0	s/f	220	0,5	2	170	4,8	1010,0	20,5	18,5	6	7	1
464	2004	9	26	15	10	20	30,0	70	51,6	s/f	220	0,5	2	170	4,8	1009,5	19,5	17,0	6	7	1
465	2004	9	26	16	3	20	30,0	70	46,5	2000	220	0,5	2	180	5,9	1009,0	19,0	17,0	6	7	1
466	2004	9	26	16	56	20	30,0	70	41,5	1618	220	0,5	2	200	8,1	1009,0	21,0	19,0	6	5	1
467	2004	9	26	17	50	20	30,0	70	36,2	1250	220	0,5	2	200	5,2	1009,5	20,0	18,0	6	5	1
468	2004	9	26	18	44	20	30,0	70	31,0	835	220	0,5	2	180	3,7	1009,5	20,0	18,0	6	5	1
469	2004	9	26	19	38	20	30,0	70	26,0	670	220	0,5	2	180	8,6	1009,5	20,0	18,0	6	5	1
470	2004	9	26	20	36	20	30,0	70	20,5	352	220	0,5	2	180	7,9	1009,5	20,0	18,0	6	5	1
471	2004	9	26	21	41	20	30,0	70	15,3	109	220	0,5	2	180	6,6	1009,5	20,0	18,0	6	5	1
472	2004	9	26	22	16	20	30,0	70	12,5	85	220	0,5	2	180	2,7	1009,5	20,0	18,0	6	5	1
473	2004	9	26	23	57	20	20,0	70	11,1	71	220	0,5	2	180	6,9	1011,5	20,0	18,5	6	6	1
474	2004	9	27	0	38	20	20,0	70	14,6	220	220	0,5	2	180	6	1011,0	19,0	17,5	6	6	1
475	2004	9	27	1	32	20	20,0	70	19,6	450	220	0,5	2	200	4,1	1011,0	19,0	17,5	6	6	1
476	2004	9	27	2	25	20	20,0	70	25,0	688	220	0,5	2	200	4,3	1011,0	19,0	17,5	6	7	1
477	2004	9	27	3	17	20	20,0	70	30,2	803	220	0,5	2	200	4,8	1010,5	18,5	17,0	6	6	1
478	2004	9	27	4	14	20	20,0	70	35,5	910	220	0,5	2	150	4,5	1010,5	18,5	17,0	6	6	1
479	2004	9	27	5	41	20	20,0	70	41,0	1567	220	0,5	2	180	8	1010,5	18,0	16,5	6	5	1
480	2004	9	27	6	33	20	20,0	70	46,0	2000	220	0,5	2	180	10,6	1010,5	18,0	17,5	6	5	1
481	2004	9	27	7	29	20	20,0	70	51,5	s/f	220	0,5	2	180	12	1010,5	18,0	17,5	6	5	1
482	2004	9	27	8	23	20	20,0	70	56,8	s/f	220	0,5	2	180	7	1010,5	18,0	17,5	6	5	1
483	2004	9	27	9	17	20	20,0	71	2,0	s/f	220	0,5	2	180	6,5	1010,5	18,0	17,5	6	5	1
484	2004	9	27	10	8	20	20,0	71	7,5	3000	220	0,5	2	180	9,4	1011,5	17,5	15,5	6	5	1
485	2004	9	27	11	8	20	20,0	71	12,5	s/f	220	0,5	2	180	7,2	1011,5	17,5	15,5	6	5	1
486	2004	9	27	12	50	20	10,0	71	11,8	6000	210	1,0	x	140	6,5	1011,0	21,0	19,0	6	5	1
487	2004	9	27	13	44	20	10,0	71	6,5	s/f	210	1,0	x	140	7,8	1011,0	21,0	19,0	6	6	1
488	2004	9	27	14	36	20	10,0	71	1,5	s/f	210	1,0	x	190	8	1010,0	20,0	18,0	6	7	1
489	2004	9	27	15	31	20	10,0	70	56,0	2700	220	1,0	2	190	9	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
490	2004	9	27	16	22	20	10,0	70	51,0	s/f	220	1,0	2	170	8	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
491	2004	9	27	17	15	20	10,0	70	45,6	1400	220	1,0	2	190	8,5	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
492	2004	9	27	18	9	20	10,0	70	40,5	s/f	220	1,0	2	190	10,7	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
493	2004	9	27	19	2	20	10,0	70	35,3	1110	220	1,0	2	190	11,6	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
494	2004	9	27	19	58	20	10,0	70	30,0	1115	220	1,0	x	190	8,1	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
495	2004	9	27	20	53	20	10,0	70	24,7	1035	220	1,0	x	190	7,4	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
496	2004	9	27	21	44	20	10,0	70	19,5	770	220	1,0	x	190	2,4	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
497	2004	9	27	22	39	20	10,0	70	14,3	156	220	1,0	2	190	2,6	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
498	2004	9	27	23	21	20	10,0	70	10,2	88	220	1,0	2	190	0,5	1010,0	21,5	19,5	6	8	2
499	2004	9	28	1	4	20	0,0	70	9,0	74	200	x	x			1013,0	17,0	16,0	6	8	2
500	2004	9	28	1	45	20	0,0	70	12,6	130	200	x	x	160	3	1013,0	17,0	16,0	6	8	2
501	2004	9	28	2	35	20	0,0	70	17,7	338	200	x	x	150	2,5	1012,0	17,0	16,0	6	8	2
502	2004	9	28	3	26	20	0,0	70	23,0	s/f	200	x	x	160	3	1012,0	17,0	16,0	6	7	1
503	2004	9	28	4	17	20	0,0	70	28,0	1100	200	x	x	180	2	1011,5	17,0	16,0	6	6	1
504	2004	9	28	5	10	20	0,0	70	33,5	1140	200	x	x	180	1	1011,0	16,5	15,0	6	8	2
505	2004	9	28	6	4	20	0,0	70	38,6	1255	200	x	x	160	1,3	1011,0	16,5	15,0	6	8	2
506	2004	9	28	7	0	20	0,0	70	44,0	s/f	200	0,5	1	180	4,1	1011,0	16,5	15,0	6	8	2
507	2004	9	28	7	55	20	0,0	70	49,2	s/f	200	0,5	1	180	4,6	1011,0	16,5	15,0	6	8	2
508	2004	9	28	8	49	20	0,0	70	54,5	s/f	200	0,1	2	180	6,8	1011,0	16,5	15,0	6	8	2
509	2004	9	28	9	44	20	0,0	71	0,0	3000	200	0,1	2	180	4,7	1012,5	17,0	15,0	6	8	2
510	2004	9	28	10	37	20	0,0	71	5,0	3500	220	0,1	2	180	3,4	1012,5	17,0	15,0	6	8	2
511	2004	9	28	11	28	20	0,0	71	10,0	4000	220	0,1	2	180	4,5	1012,5	17,0	15,0	6	8	2
512	2004	9	28	13	5	19	50,0	71	12,5	s/f	220	0,3	x	190	2,5	1011,5	21,0	17,0	6	7	1
513	2004	9	28	14	2	19	50,0	71	7,2	4000	220	0,3	x	190	3,2	1011,5	21,0	17,0	6	7	1
514	2004	9	28	14	53	19	50,0	71	2,0	s/f	220	0,3	x	190	4,2	1011,5	21,0	17,0	6	6	1
515	2004	9	28	15	47	19	50,0	70	56,7	2600	220	0,3	x	190	4,2	1010,0	23,0	20,0	6	6	1
516	2004	9	28	16	36	19	50,0	70	51,8	2100	220	0,3	2	180	5	1009,5	22,0	19,0	6	7	1
517	2004	9	28	17	31	19	50,0	70	46,2	s/f	220	0,3	2	200	2,3	1010,0	22,0	19,0	6	7	1
518	2004	9	28	18	26	19	50,0	70	41,0	s/f	220	0,3	2	200	1,2	1010,0	22,0	19,0	6	7	1
519	2004	9	28	19	20	19	50,0	70	36,0	s/f	220	0,3	x	200	6,2	1010,0	22,0	19,0	6	7	1
520	2004	9	28	20	15	19	50,0	70	31,0	s/f	220	x	2	200	5,9	1010,0	22,0	19,0	6	7	1

Tabla 4. Continuación.

N° est.	FECHA			HORA		LATITUD		LONGITUD		PROF.		OLAS			VIENTO		PRESION		TEMP.AMB		NUBES		TIEMPO
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	ECOS (m)	DIR	ALT(m)	PER	DIR	INT (kn)	ATMOSF.	SECO	HUM.	TIPO	CANT	PRESENTE		
541	2004	9	30	9	15	19	30,0	70	59,0	2500	220	0,5	x	170	2,3	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
542	2004	9	30	10	10	19	30,0	70	54,0	s/f	220	0,5	x	170	5	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
543	2004	9	30	11	25	19	30,0	70	48,5	1500	220	0,5	x	170	2,6	1010,5	17,0	15,0	6	8	2		
544	2004	9	30	12	22	19	30,0	70	43,8	869	220	0,5	x	200	4,6	1010,0	23,0	20,0	6	8	2		
545	2004	9	30	13	15	19	30,0	70	38,5	800	220	0,5	x	200	6,4	1010,0	23,0	20,0	6	8	2		
546	2004	9	30	14	7	19	30,0	70	33,5	736	220	0,5	x	200	6,5	1009,5	25,0	21,5	6	6	1		
547	2004	9	30	15	4	19	30,0	70	28,0	670	220	0,5	2	160	8,7	1009,0	24,0	21,0	6	5	1		
548	2004	9	30	15	57	19	30,0	70	23,0	433	220	0,5	2	150	5,7	1008,5	23,0	20,0	6	2	1		
549	2004	9	30	16	53	19	30,0	70	17,6	115	220	0,5	2	150	4,6	1008,5	22,0	19,5	6	2	1		
550	2004	9	30	17	31	19	30,0	70	14,0	82	220	0,5	2	160	3,8	1009,0	22,0	19,5	6	1	1		
551	2004	9	30	19	17	19	20,0	70	17,1	54	220	0,5	2	180	5	1009,5	20,0	18,5	6	8	2		
552	2004	9	30	20	7	19	20,0	70	21,0	187	220	0,5	2	180	4	1009,5	20,0	18,5	6	8	2		
553	2004	9	30	21	0	19	20,0	70	26,2	693	220	0,5	2	180	3,7	1009,5	20,0	18,5	6	8	2		
554	2004	9	30	21	57	19	20,0	70	31,5	829	220	0,5	2	180	7,4	1009,5	20,0	18,5	6	8	2		
555	2004	9	30	22	51	19	20,0	70	36,5	940	220	0,5	2	180	4,7	1009,5	17,0	15,0	6	8	2		
556	2004	9	30	23	52	19	20,0	70	42,0	s/f	220	0,5	2	180	5,6	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
557	2004	10	1	0	48	19	20,0	70	47,2	878	220	0,5	2	180	4,7	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
558	2004	10	1	1	44	19	20,0	70	52,5	1030	220	0,5	2	160	3	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
559	2004	10	1	2	39	19	20,0	70	57,8	1506	220	0,3	x	160	2,3	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
560	2004	10	1	3	32	19	20,0	71	3,0	1864	220	0,3	x	160	1,5	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
561	2004	10	1	4	25	19	20,0	71	8,2	s/f	220	0,3	x	160	1,7	1010,0	17,5	15,0	6	8	2		
562	2004	10	1	5	18	19	20,0	71	13,5	s/f	220	0,3	x	160	3,2	1009,0	17,5	15,0	6	8	2		
563	2004	10	1	6	19	19	20,0	71	18,5	s/f	220	0,5	2	160	5,1	1009,0	17,5	15,0	6	8	2		
564	2004	10	1	8	32	19	10,0	71	18,0	s/f	220	0,5	2	180	7	1010,5	18,0	16,0	6	7	1		
565	2004	10	1	9	24	19	10,0	71	13,0	s/f	220	0,5	2	180	3,5	1010,5	18,0	16,0	6	6	1		
566	2004	10	1	10	17	19	10,0	71	8,0	s/f	220	0,5	2	180	3,7	1010,5	18,0	16,0	6	6	1		
567	2004	10	1	11	13	19	10,0	71	2,8	s/f	220	0,5	2	180	3	1010,5	18,0	16,0	6	6	1		
568	2004	10	1	12	7	19	10,0	70	57,6	1732	220	0,3	x	230	1,3	1010,5	23,0	19,5	6	5	1		
569	2004	10	1	13	2	19	10,0	70	52,5	1600	220	0,3	x	230		1010,5	23,0	19,5	6	5	1		
570	2004	10	1	13	55	19	10,0	70	47,3	1431	220	0,3	x	230		1010,5	23,0	19,5	6	6	1		
571	2004	10	1	14	49	19	10,0	70	42,3	1250	220	0,3	x	200	9	1009,0	22,0	19,0	6	6	1		
572	2004	10	1	15	41	19	10,0	70	37,0	1094	220	0,3	x	200	8,5	1008,5	22,0	19,0	6	4	1		
573	2004	10	1	16	31	19	10,0	70	32,0	990	220	0,3	x	200	9	1008,5	22,0	19,5	6	3	1		
574	2004	10	1	17	22	19	10,0	70	27,0	812	220	0,3	x	200	10,5	1009,0	22,0	19,5	6	3	1		
575	2004	10	1	18	18	19	10,0	70	21,6	264	220	0,3	x	200	10,5	1009,0	22,0	19,5	6	4	1		
576	2004	10	1	19	1	19	10,0	70	17,7	74	220	0,5	2	200	6,7	1009,0	22,0	19,5	6	4	1		
577	2004	10	1	21	8	19	0,0	70	20,0	84	220	0,5	2	180	4,1	1009,0	22,0	19,5	6	6	1		
578	2004	10	1	22	4	19	0,0	70	24,2	364	220	0,5	2	180	5,6	1009,0	22,0	19,5	6	6	1		
579	2004	10	1	22	57	19	0,0	70	29,3	971	220	0,5	2	180	6,5	1009,0	22,0	19,5	6	6	1		
580	2004	10	1	23	53	19	0,0	70	34,5	1100	220	0,5	2	180	6,5	1009,0	22,0	19,5	6	6	1		
581	2004	10	2	0	45	19	0,0	70	39,5	1357	220	0,5	2	200	7	1010,5	20,0	18,0	6	5	1		
582	2004	10	2	1	41	19	0,0	70	45,6	1541	220	0,5	2	200	4,6	1010,5	20,0	18,0	6	5	1		
583	2004	10	2	2	33	19	0,0	70	50,0	1572	220	0,5	2	200	1,5	1010,5	19,5	17,0	6	6	1		
584	2004	10	2	3	27	19	0,0	70	55,2	1632	220	0,3	2	200	3	1010,5	19,5	17,0	6	7	1		
585	2004	10	2	4	21	19	0,0	71	0,5	2000	220	0,3	2	200	3	1010,5	19,5	17,0	6	8	2		
586	2004	10	2	5	13	19	0,0	71	5,5	2300	220	0,3	2	200	3,5	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
587	2004	10	2	6	8	19	0,0	71	10,8	2800	220	0,3	2	200	1,3	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
588	2004	10	2	7	2	19	0,0	71	16,0	3000	220	0,3	2	200	7,4	1010,0	17,0	15,0	6	8	2		
589	2004	10	2	7	54	19	0,0	71	21,0	s/f	220	0,5	2	200	6,5	1010,0	17,0	15,0	6	7	2		
590	2004	10	2	20	3	18	50,0	71	23,5	s/f	220	0,5	2	180	5,4	1010,0	19,0	17,5	6	8	2		
591	2004	10	2	20	59	18	50,0	71	18,0	2000	220	0,5	x	180	4,4	1010,0	19,0	17,5	6	8	2		
592	2004	10	2	21	52	18	50,0	71	13,0	s/f	220	0,5	x	180	5,5	1010,0	19,0	17,5	6	6	1		
593	2004	10	2	22	45	18	50,0	71	8,0	1700	220	0,5	x	180	2,8	1010,0	19,0	17,5	6	6	1		
594	2004	10	2	23	41	18	50,0	71	2,8	s/f	220	0,5	x	180	4,5	1010,0	19,0	17,5	6	6	1		
595	2004	10	3	0	37	18	50,0	70	57,5	1615	220	0,5	x	180	5,1	1011,0	18,0	16,5	6	6	1		
596	2004	10	3	1	31	18	50,0	70	52,3	1435	220	0,5	x	180	4,3	1011,0	18,0	16,5	6	7	1		
597	2004	10	3	2	24	18	50,0	70	47,0	1446	220	0,5	x	180	3,8	1011,0	18,0	16,5	6	7	1		
598	2004	10	3	3	15	18	50,0	70	42,0	1396	220	0,5	x	200	1,8	1011,0	18,0	16,5	6	8	2		
599	2004	10	3	4	8	18	50,0	70	37,0	1258	220	0,5	x	200	1,9	1011,0	18,0	16,5	6	8	2		
600	2004	10	3	5	1	18	50,0	70	31,8	840	220	0,3	x	190	2	1011,0	18,0	16,5	6	8	2		
601	2004	10	3	5	56	18	50,0	70	26,5	315	220	0,3	x	190	1,3	1010,0	18,0	16,5	6	8	2		
602	2004	10	3	6	41	18	50,0	70	22,5	87	220	0,5	x	190	3,9	1010,0	18,0	17,5	6	8	2		
603	2004	10	3	8	19	18	40,0	70	21,8	68	220	0,5	2	180	4,8	1010,0	18,0	17,5	6	6	1		
604	2004	10	3	9	24	18	40,0	70	25,8	183	220	0,5	x	180	2,6	1010,0	18,0	17,0	6	6	1		
605	2004	10	3	10	15	18	40,0	70	30,8	947	220	0,5	2	180	2,8	1010,0	18,0	17,0	6	6	1		
606	2004	10	3	11	6	18	40,0	70	36,0	1167	220	x	x	180	8,2	1010,0	18,0	17,0	6	6	1		
607	2004	10	3	12	2	18	40,0	70	41,4	1273	220	0,5	2	180	8,1	1010,0	18,0	17,0	6	6	1		
608	2004	10	3	12	58	18	40,0	70	46,7	1314	220	0,5	2	180	8,2	1010,0	18,0	17,0	6	6	1		
609	2004	10	3	13	53	18	40,0	70	51,8	1360	220	0,5	2	180	9,2	1008,0	18,5	16,0	6	7	1		
610	2004	10	3	14	47	18	40,0	70	57,0	1394	220	0,5	2	1									

Tabla 4. Continuación.

N° est.	FECHA			HORA		LATITUD		LONGITUD		PROF.	OLAS			VIENTO		PRESION	TEMP.AMB		NUBES		TIEMPO
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	ECOS (m)	DIR	ALT(m)	PER	DIR	INT (kn)	ATMOSF.	SECO	HUM.	TIPO	CANT	PRESENTE
631	2004	10	4	17	47	18	30,0	71	37,0	s/f	220	0,5	0,5	190	3,4	1009,0	20,0	17,5	6	8	2
632	2004	10	4	18	39	18	30,0	71	42,0	s/f	220	0,5	0,5	190	2,3	1010,0	20,0	17,5	6	8	2
633	2004	10	5	1	45	18	25,0	71	42,6	s/f	220	0,5	2	160	6,9	1010,0	18,0	16,5	6	6	1
634	2004	10	5	2	57	18	25,0	71	37,5	s/f	220	0,5	2	160	3,4	1010,0	18,0	16,5	6	6	1
635	2004	10	5	3	54	18	25,0	71	32,3	1926	220	0,5	2	160	3,6	1010,0	18,0	16,0	6	6	1
636	2004	10	5	5	19	18	25,0	71	27,2	1394	220	0,5	2	160	4,1	1009,0	18,0	16,0	6	6	1
637	2004	10	5	6	12	18	25,0	71	22,0	1097	220	0,5	x	160	5,7	1009,0	18,0	16,0	6	6	1
638	2004	10	5	7	38	18	25,0	71	17,0	900	220	0,5	x	160	3,9	1009,0	17,0	15,0	6	6	1
639	2004	10	5	8	44	18	25,0	71	11,8	875	220	0,5	x	160	5,5	1009,0	17,0	15,0	6	6	1
640	2004	10	5	9	40	18	25,0	71	6,5	852	220	0,5	x	160	6,3	1009,0	17,0	15,0	6	6	1
641	2004	10	5	10	58	18	25,0	71	1,3	961	220	0,5	x	160	4,1	1010,0	17,0	15,5	6	6	1
642	2004	10	5	12	20	18	25,0	70	56,2	955	220	0,3	x	160	1,5	1009,0	22,0	19,0	7	5	2
643	2004	10	5	13	16	18	25,0	70	51,0	985	220	0,3	x	160	7	1009,0	22,0	19,0	7	5	2
644	2004	10	5	14	7	18	25,0	70	46,0	920	220	0,3	x	160	8,5	1008,5	22,0	19,0	7	4	1
645	2004	10	5	15	21	18	25,0	70	40,7	680	220	0,3	x	170	9,2	1008,5	22,0	19,0	7	3	1
646	2004	10	5	16	45	18	25,0	70	35,0	303	220	0,3	x	170	9,7	1008,5	22,0	19,0	7	2	1
647	2004	10	5	17	58	18	25,0	70	30,5	112	220	0,3	x	170	6,1	1008,0	21,0	19,0	7	2	1
648	2004	10	5	19	27	18	25,0	70	25,0	67	220	0,5	2	170	5,3	1010,0	20,0	18,0	6	4	1
649	2004	10	5	20	20	18	25,0	70	21,5	18	220	0,5	2	170	2,2	1010,0	20,0	18,0	6	4	1
701	2004	9	3	14	16	25	0,0	71	44,5	s/f	220	0,5	2	320	6,7	1012,0	17,0	14,0	6	6	1
702	2004	9	3	19	13	25	0,0	72	17,5	s/f	220	0,5	2	320		1012,0	17,5	16,0	6	6	1
703	2004	9	10	6	39	23	40,0	71	41,0	s/f	220	3,5	3	190	14,2	1015,5	15,0	13,5	6	8	2
704	2004	9	10	12	5	23	40,0	72	13,0	4300	220	4,0	3	190	18	1015,5	15,5	14,0	6	8	2
705	2004	9	13	7	58	23	0,0	72	8,0	s/f	220	0,5	x	10	4,2	1013,0	15,0	13,0	6	8	2
706	2004	9	16	11	35	22	20,0	71	31,5	s/f	220	0,5	x	250	4,4	1012,5	16,0	14,0	1	2	1
707	2004	9	16	16	43	22	20,0	72	3,5	4100	220	0,5	x	170	3,7	1010,0	17,5	14,5	1	4	1
708	2004	9	24	17	49	21	0,0	71	56,5	s/f	220	1,5	3	160	6	1010,0	18,5	15,5	6	8	2
709	2004	9	29	18	34	19	40,0	71	24,0	s/f	220	0,5	2	170	4,7	1009,5	19,0	16,5	6	7	1
710	2004	9	29	23	51	19	40,0	71	56,0	s/f	220	0,5	2	170	4,8	1010,0	19,0	16,5	6	7	1
711	2004	10	2	13	37	19	0,0	72	2,5	s/f	220	0,5	2	200	6,5	1010,0	17,0	15,0	6	7	2
712	2004	10	4	21	46	18	25,0	72	3,5	s/f	220	0,5	2	180	3,4	1010,0	20,0	17,5	6	8	2

s/f: sin fondo

Tabla 5. Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario. (Santander *et al.*, 1984).

ESTADIO	
I	Huevos recientemente desovados, no segmentados, con acumulación conspicua de citoplasma en el polo animal conformado el blastodisco.
II	Desarrollo de la capa blastodérmica con inicio de la división celular, hasta la agregación de células que toman la apariencia de mórula.
III	Desde la formación de la cavidad hasta el establecimiento definitivo de la cubierta embrionaria. El blastodermo comienza a desplazarse sobre el vitelo, extendiéndose hasta un tercio de la longitud del vitelo.
IV	El blastodermo se desplaza hasta los dos tercios de la masa vitelina estructurándose la zona de desarrollo del embrión, sin destacar alguna estructura embrionaria distintiva.
V	El blastodermo ha cubierto la totalidad de la masa vitelina, culminando con el cierre del blastoporo. Se inicia la formación de los miómeros a lo largo del cuerpo. El desarrollo de los ojos ocurre al final de este estadio.
VI	Se define desde el cierre del blastoporo hasta el inicio de la separación de la cola desde el vitelo. Excepto en la región caudal, los miómeros se presentan en la totalidad del cuerpo.
VII	La cola empieza a separarse del vitelo, desde el crecimiento inicial de ésta, hasta que la porción libre sea equivalente a la mitad de la longitud de la cabeza.
VIII	La cola en desarrollo comienza a doblarse, separándose del eje del cuerpo con crecimiento hacia la cabeza. Al final del estadio, la porción libre de la cola equivale a un quinto de la longitud del vitelo y a la longitud total de la cabeza del embrión
IX	La separación de la cola fluctúa entre un cuarto y un medio de la longitud del vitelo. La torsión de la cola se produce fuera del plano del embrión.
X	El extremo de la cola se aproxima a la cabeza por encima del tronco, siendo dos veces la longitud de la cabeza y de medio hasta tres cuartos de la longitud del saco vitelino.
XI	La longitud de la cabeza es aproximadamente igual a un cuarto de la longitud del vitelo.

Tabla 6. Evolución semanal de la actividad reproductiva microscópica de la anchoveta en la I y II Regiones, 2004.

SEMANA	PERIODO	IAD	IAO
27	28/06 – 04/07	14,8	7,6
28	05/07 – 11/07	10,9	1,6
29	12/07 – 18/07	9,9	9,7
30	19/07 – 25/07	18,0	0,0
31	26/07 – 01/08	14,4	3,8
32	02/08 – 08/08	26,2	0,7
33	09/08 – 15/08	43,2	0,0
34	16/08 – 22/08	30,4	0,0
35	23/08 – 29/08	47,3	0,0
36	30/08 – 05/09	35,9	0,0
37	06/09 – 12/09	34,9	0,0
38	13/09 – 19/09	16,9	3,8
39	20/09 – 26/09	19,5	2,5
40	27/09 – 03/10	23,4	2,0
41	04/10 – 10/10	22,4	3,9
42	11/10 – 17/10	12,9	5,0
43	18/10 – 24/10	15,1	7,0
44	25/10 – 31/10	8,0	10,0

IAD: Índice de actividad de desove
IAO: Índice de atresia ovárica

*Tabla N° 7. Densidad promedio, constancia y rangos de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, en invierno de los años 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.*

	1992	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004
N°Total Estaciones	542	578	752	800	598	502	514	588	537	649
N° Estaciones positivas	212	208	176	209	132	212	60	309	129	208
Abundancia (H/0,05m ²)	10974	7555	6718	8054	7582	10473	7586	18231	9264	12079
Mínimo Est (+)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Máximo Est (+)	331	1536	611	947	1649	518	1987	1607	1386	1288
Std.Dev Est (+)	73,61	126,38	79,83	96,54	175,98	86,11	354,36	128,42	211,76	140,6
Media Est. Positivas	52	36	38	39	57	49	126	59	72	58
Media Est. Totales	20	13	9	10	13	21	15	31	17	19
Constancia	39,11	35,99	23,40	26,13	22,07	42,23	11,67	52,55	24,02	32,05
CV(%)	1,42	3,51	2,10	2,48	3,09	1,76	2,81	2,18	2,94	2,42

Tabla 8. Posición geográfica de los lances efectuados durante el crucero de anchoveta, en la I y II Regiones, Agosto - septiembre, 2004.

LANCE	BARCO	FECHA	HORA COLEC	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA	LANCES ANCHOVETA
1	Eperva 61	23/ago		18°27' S	70°59' W	s/p	
2	Esturion	24/ago		22°29' S	70°51' W	s/p	
3	Esturion	24/ago		22°07' S	70°45' W	s/p	
4	Costa Grande I	24/ago		22°51' S	70°33' W	s/p	
5	Costa Grande I	24/ago	14:15	22°37' S	70°27' W	0,1 t	X
6	Costa Grande I	24/ago		22°13' S	70°36' W	s/p	
7	Costa Grande I	24/ago	0:30	21°47' S	70°15' W	0,1 t	X
8	Esturion	24/ago	14:05	23°04' S	70°55' W	50 t	X
9	Esturion	24/ago		22°48' S	70°01' W	s/p	
10	Angamos II	24/ago	11:00	24°02' S	71°20' W	0,15 t	X
11	Angamos II	24/ago		26°03' S	71°11' W	s/p	
12	Angamos IV	24/ago		25°17' S	71°00' W	s/p	
13	Eperva 62	24/ago		18°28' S	70°50' W	s/p	
14	Eperva 62	24/ago		18°40' S	70°49' W	s/p	
15	Eperva 62	24/ago	9:10	19°03' S	70°39' W	3 t	X
16	Eperva 62	24/ago		19°51' S	70°29' W	s/p	
17	Eperva 62	24/ago		20°25' S	70°24' W	s/p	
18	Eperva 61	24/ago		18°50' S	70°52' W	s/p	
19	Eperva 61	24/ago	12:20	19°26' S	70°57' W	0,5 t	X
20	Eperva 61	24/ago		19°49' S	70°58' W	s/p	
21	Eperva 61	24/ago		20°12' S	71°02' W	s/p	
22	Costa Grande I	25/ago	9:35	21°19' S	70°10' W	0,1 t	X
23	Costa Grande I	25/ago	18:35	21°03' S	70°42' W	30 t	X
24	Esturion	25/ago		21°36' S	70°44' W	s/p	
25	Esturion	25/ago		21°03' S	70°40' W	s/p	
26	Esturion	25/ago		21°03' S	70°43' W	s/p	
27	Angamos II	25/ago		25°01' S	70°38' W	s/p	
28	Angamos II	25/ago		24°07' S	70°39' W	s/p	
29	Angamos IV	25/ago		25°50' S	70°54' W	s/p	
30	Angamos IV	25/ago		24°46' S	70°40' W	s/p	
31	Angamos IV	25/ago		24°13' S	70°33' W	s/p	
32	Eperva 62	25/ago		20°48' S	70°29' W	s/p	
33	Eperva 61	25/ago		20°37' S	71°15' W	s/p	
34	Costa Grande I	26/ago	8:37	21°14' S	70°49' W	70 t	X
35	Esturion	26/ago	5:53	21°12' S	70°47' W	50 t	X
36	Angamos II	26/ago		23°17' S	71°20' W	s/p	
37	Angamos IV	26/ago		23°29' S	71°39' W	s/p	
38	Angamos IV	26/ago		23°04' S	71°16' W	s/p	
39	Costa Grande I	27/ago	9:06	21°20' S	70°53' W	0,1 t	X
40	Costa Grande I	27/ago	12:15	21°19' S	70°57' W	30 t	X
41	Costa Grande I	27/ago	19:20	21°15' S	71°06' W	40 t	X
42	Esturion	27/ago	17:36	21°18' S	70°57' W	10 t	X
43	Costa Grande I	28/ago	18:00	19°20' S	70°34' W	30 t	X
44	Costa Grande I	29/ago	8:54	20°25' S	70°13' W	40 t	X
45	Eperva 62	30/ago	10:40	18°37' S	70°40' W	20 t	X
46	Angamos IV	31/ago		21°58' S	70°52' W	s/p	
47	Angamos II	31/ago	12:05	21°56' S	70°49' W	10 t	X
48	Angamos II	31/ago		21°58' S	70°53' W	s/p	
49	Angamos IV	31/ago	9:12	21°53' S	70°48' W	30 t	X
50	Eperva 62	31/ago	10:24	18°36' S	71°07' W	4 t	X
51	Eperva 62	31/ago	14:58	18°40' S	71°07' W	5 t	X
52	Eperva 61	31/ago	15:05	18°41' S	71°07' W	15 t	X
53	Angamos II	1/sep		21°59' S	71°13' W	s/p	
54	Angamos IV	1/sep		20°39' S	70°36' W	s/p	
55	Eperva 62	1/sep	9:32	18°35' S	71°08' W	0,1 t	X
56	Angamos II	2/sep		20°38' S	70°37' W	s/p	
57	Angamos II	2/sep		20°36' S	70°38' W	s/p	
58	Angamos II	2/sep		20°39' S	70°41' W	s/p	
59	Angamos IV	2/sep		20°38' S	70°39' W	s/p	

Continuación Tabla 8

LANCE	BARCO	FECHA	HORA COLEC	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA	LANCES ANCHOVETA
60	Esturion	7/sep	2:40	20°41' S	70°22' W	45 t	X
61	Costa Grande I	8/sep	5:55	20°57' S	70°17' W	40 t	X
62	Angamos II	8/sep		21°58' S	70°20' W	s/p	
63	Costa Grande I	9/sep	7:33	21°17' S	70°09' W	80 t	X
64	Esturion	9/sep	6:30	21°18' S	70°09' W	50 t	X
65	Angamos II	13/sep	7:57	22°25' S	71°10' W	70 t	X
66	Angamos II	13/sep		22°25' S	71°10' W	s/p	
67	Angamos II	13/sep	16:25	22°21' S	71°01' W	50 t	X
68	Angamos IV	13/sep		22°25' S	71°10' W	s/p	
69	Angamos IV	13/sep	16:44	22°20' S	71°00' W	60 t	X
70	Eperva 61	13/sep	16:04	18°58' S	71°19' W	10 t	X
71	Eperva 61	13/sep		18°58' S	71°20' W	s/p	
72	Eperva 61	13/sep		19°10' S	71°24' W	s/p	
73	Esturion	14/sep	9:35	21°27' S	70°15' W	5 t	X
74	Esturion	14/sep	12:15	21°29' S	70°17' W	20 t	X
75	Angamos II	14/sep	7:45	22°12' S	70°55' W	30 t	X
76	Angamos II	14/sep		22°21' S	70°37' W	s/p	
77	Angamos IV	14/sep	19:45	22°22' S	70°35' W	s/p	
78	Angamos IV	14/sep	9:20	22°16' S	70°48' W	90 t	X
79	Angamos IV	14/sep	11:35	22°16' S	70°49' W	180 t	X
80	Eperva 62	14/sep	8:01	19°03' S	71°14' W	10 t	X
81	Eperva 62	14/sep	10:46	18°58' S	71°07' W	100 t	X
82	Eperva 62	14/sep	16:02	18°56' S	71°13' W	140 t	X
83	Eperva 61	14/sep	7:10	19°28' S	71°16' W	80 t	X
84	Costa Grande I	15/sep	13:43	21°34' S	70°17' W	30 t	X
85	Costa Grande I	15/sep	16:03	21°32' S	70°14' W	20 t	X
86	Esturion	15/sep	13:15	22°23' S	70°48' W	10 t	X
87	Angamos II	15/sep	14:50	22°21' S	70°50' W	20 t	X
88	Angamos II	15/sep	17:30	22°26' S	70°46' W	20 t	X
89	Angamos IV	15/sep	8:51	22°36' S	70°30' W	55 t	X
90	Angamos IV	15/sep	12:05	22°28' S	70°45' W	95 t	X
91	Eperva 62	15/sep	11:47	18°40' S	71°20' W	40 t	X
92	Eperva 62	15/sep	14:59	18°43' S	71°26' W	30 t	X
93	Eperva 61	15/sep	9:05	18°44' S	71°18' W	180 t	X
94	Eperva 61	15/sep	15:56	18°42' S	71°29' W	20 t	X
95	Guallatire	15/sep	9:43	22°27' S	70°41' W	100 t	X
96	Guallatire	15/sep		22°24' S	70°48' W	s/p	
97	Esturion	16/sep	4:05	20°38' S	70°15' W	35 t	X
98	Angamos II	16/sep	10:00	22°46' S	70°22' W	10 t	X
99	Costa Grande I	20/sep		18°39' S	71°22' W	s/p	
100	Guallatire	20/sep	15:07	20°26' S	70°14' W	60 t	X
101	Costa Grande I	21/sep	8:23	18°36' S	71°30' W	110 t	X
102	Guallatire	21/sep		19°58' S	70°13' W	s/p	
103	Costa Grande I	22/sep	8:00	20°10' S	70°24' W	30 t	X
104	Costa Grande I	22/sep	12:40	19°58' S	70°27' W	60 t	X
105	Angamos IV	22/sep	10:45	20°05' S	70°28' W	50 t	X
106	Eperva 61	22/sep	18:43	19°47' S	70°30' W	60 t	X

s/p = sin pesca

Tabla 9. Promedios por lance de longitud total (LT en cm), peso total corregido por hidratación y formalina (PT CORR en g), fecundidad parcial (Nº) y total de hembras.

LANCE	LT	PT CORR	FECUNDIDAD	m
1	15.05	23.21	8413	30
2	15.89	27.36	10785	30
3	15.56	27.29	10464	30
4	15.43	25.88	10085	30
5	15.34	26.01	9911	30
6	15.41	26.38	10088	30
7	15.44	26.50	10521	30
8	15.66	26.79	10380	30
9	15.55	27.36	10918	30
10	15.45	26.30	10118	30
11	15.59	27.39	10937	30
12	15.22	24.02	9260	30
13	15.23	24.43	9270	30
14	15.27	24.81	9395	31
15	15.22	26.20	10053	30
16	14.97	22.56	8272	30
17	15.08	24.37	9075	30
18	14.96	22.99	8336	30
19	15.05	22.97	8389	30
20	14.97	23.79	8936	30
21	15.10	23.45	8704	30
22	15.31	24.08	8991	30
23	14.31	22.24	7477	30
24	14.23	22.63	7917	30
25	14.55	22.76	8405	30
26	15.00	22.49	8263	30
27	14.76	22.64	8496	30
28	14.81	23.20	8780	30
29	15.30	25.52	9993	30
30	15.35	26.11	10211	30
31	14.46	19.89	6692	30
32	14.80	23.29	8169	30
33	14.17	19.80	6597	30
34	14.36	20.19	6847	30
35	15.49	24.23	9367	30
36	14.48	20.18	6971	30
37	14.36	19.97	6806	30
38	13.77	17.63	5534	30
39	13.66	15.26	4020	30
40	14.20	19.45	6672	30
41	14.39	20.22	6948	30
42	14.44	20.09	6937	30
43	14.46	19.77	6843	30
44	14.54	20.34	7076	30
45	14.70	21.78	7669	30
46	14.75	21.94	8010	30
47	15.01	23.60	8937	30
48	14.85	23.47	8702	30
49	15.19	26.69	10527	30
50	15.54	30.82	12634	30
51	14.67	24.11	9243	30
52	15.47	26.12	9681	30
53	15.69	29.80	12031	30
54	15.50	26.84	10553	30
55	14.71	22.48	8382	30

Tabla 10 Estimación de Producción diaria de huevos por unidad de muestreo (P_o) y tasa de mortalidad diaria (Z) con sus respectivas desviaciones estándares, en cada año de aplicación del MPH, (n es el número de puntos utilizados en el ajuste).

AÑO	P_o	S_{p_o}	Z	S_z	n
1992	39,0	4,48	0,82	0,124	718
1995	31,3	9,79	0,59	0,268	535
1996	26,9	5,15	0,38	0,152	443
1997	23,8	5,68	0,27	0,239	411
1999	25,7	5,93	0,66	0,244	296
2000	42,2	5,98	1,05	0,169	606
2001	66,8	27,37	0,44	0,300	167
2002	25,3	3,23	0,49	0,113	1144
2003	86,6	18,67	1,04	0,273	335
2004	54,8	13,27	0,85	0,178	562

Tabla 11. Resultados por lance del número de hembras clasificadas por estadio de madurez (EMM 1 al 7), número de hembras con FPO de día 1 y 2, número total de hembras muestreadas y fracción diaria desovante según FPO1, 2 y combinado, número de hembras maduras corregidas según hembras hidratadas.

Lance	Hora	EMM 1	EMM 2	EMM 3	EMM 4	EMM 5	EMM 6	EMM 7	FPO 0	FPO 1	FPO 2	n	F DESOV 1	F DESOV 2	F DESOV 1+2	Mad. corr.
1	12:05	0	0	0	16	14	0	0	0	6	5	30	0.20	0.17	0.18	30
2	7:57	0	0	0	24	6	0	0	0	5	6	30	0.17	0.20	0.18	30
3	16:25	0	0	0	16	0	14	0	0	6	0	30	0.32	0.00	0.16	19
4	7:45	0	0	0	24	6	0	0	12	5	2	30	0.17	0.07	0.12	30
5	14:50	0	0	0	19	0	11	0	0	2	1	30	0.10	0.05	0.07	20.5
6	17:30	0	0	0	15	2	13	0	0	7	3	30	0.32	0.14	0.23	22
7	10:00	0	0	0	27	1	0	2	0	0	2	30	0.00	0.07	0.03	30
8	16:44	0	0	0	19	2	9	0	0	8	2	30	0.31	0.08	0.19	26
9	9:20	0	0	0	20	9	1	0	2	6	2	30	0.18	0.06	0.12	33
10	12:05	0	0	0	21	6	3	0	0	2	3	30	0.07	0.10	0.08	29.5
11	8:51	0	0	0	30	0	0	0	0	1	6	30	0.03	0.20	0.12	30
12	10:45	0	0	0	24	6	0	0	0	13	7	30	0.43	0.23	0.33	30
13	11:00	0	0	0	29	1	0	0	0	7	8	30	0.23	0.27	0.25	30
14	9:12	0	0	0	25	6	0	0	3	9	6	31	0.29	0.19	0.24	31
15	14:15	0	0	0	28	1	1	0	0	2	5	30	0.06	0.15	0.11	32.5
16	0:30	0	0	0	30	0	0	0	0	8	17	30	0.27	0.57	0.42	30
17	9:35	0	0	0	30	0	0	0	0	1	5	30	0.03	0.17	0.10	30
18	18:35	0	0	0	22	0	8	0	0	3	7	30	0.11	0.26	0.19	27
19	8:37	0	0	0	25	5	0	0	1	5	5	30	0.17	0.17	0.17	30
20	12:15	0	0	0	23	7	0	0	0	15	2	30	0.50	0.07	0.28	30
21	9:06	0	0	0	26	3	0	1	2	9	3	30	0.30	0.10	0.20	30
22	19:20	0	0	0	20	0	9	1	0	5	7	30	0.19	0.26	0.22	27
23	18:00	0	0	0	9	0	21	0	0	2	3	30	0.17	0.26	0.22	11.5
24	8:54	0	0	0	5	25	0	0	0	0	0	30	0.00	0.00	0.00	30
25	5:55	0	0	0	25	3	0	2	2	3	11	30	0.10	0.37	0.23	30
26	18:00	0	0	0	29	1	0	0	1	3	2	30	0.10	0.07	0.08	30
27	8:54	0	0	0	26	4	0	0	0	5	6	30	0.17	0.20	0.18	30
28	12:40	0	0	0	17	13	0	0	0	6	5	30	0.20	0.17	0.18	30
29	16:03	0	0	0	29	0	0	1	0	1	8	30	0.03	0.27	0.15	30
30	13:43	0	0	0	30	0	0	0	0	3	5	30	0.10	0.17	0.13	30
31	0:00	0	0	0	21	9	0	0	0	7	0	30	0.23	0.00	0.12	30
32	10:40	0	0	0	17	13	0	0	0	0	0	30	0.00	0.00	0.00	30
33	15:05	0	0	0	19	6	5	0	0	11	2	30	0.35	0.06	0.21	31.5
34	16:04	0	0	0	20	2	8	0	1	5	5	30	0.19	0.19	0.19	27
35	7:15	0	0	0	30	0	0	0	4	2	8	30	0.07	0.27	0.17	30
36	9:05	0	0	0	24	6	0	0	1	12	6	30	0.40	0.20	0.30	30
37	15:56	0	0	0	18	0	12	0	0	7	3	30	0.30	0.13	0.22	23
38	0:00	0	0	0	20	9	0	1	0	5	8	30	0.17	0.27	0.22	30
39	0:00	0	0	0	15	7	8	0	1	7	4	30	0.25	0.15	0.20	27.5
40	10:46	0	0	0	18	12	0	0	0	7	3	30	0.23	0.10	0.17	30
41	16:02	0	0	0	21	2	7	0	0	9	3	30	0.31	0.10	0.21	29
42	8:01	0	0	0	28	0	2	0	4	3	3	30	0.10	0.10	0.10	31
43	11:47	0	0	0	29	1	0	0	0	20	5	30	0.67	0.17	0.42	30
44	14:59	0	0	0	25	4	1	0	0	14	8	30	0.35	0.20	0.28	40
45	5:53	0	0	0	27	3	0	0	2	0	5	30	0.00	0.17	0.08	30
46	17:36	0	0	0	28	1	1	0	1	19	5	30	0.46	0.12	0.29	41
47	2:40	0	0	0	29	1	0	0	14	3	2	30	0.10	0.07	0.08	30
48	6:30	0	0	0	23	7	0	0	2	5	11	30	0.17	0.37	0.27	30
49	9:35	0	0	0	29	1	0	0	0	5	9	30	0.17	0.30	0.23	30
50	12:15	0	0	0	26	4	0	0	0	0	2	30	0.00	0.07	0.03	30
51	4:05	0	0	0	25	5	0	0	1	7	6	30	0.23	0.20	0.22	30
52	14:05	0	0	0	17	1	12	0	0	1	0	30	0.05	0.00	0.03	18.5
53	13:15	0	0	0	15	7	8	0	0	3	4	30	0.12	0.16	0.14	25.5
54	9:43	0	0	0	20	10	0	0	0	2	3	30	0.07	0.10	0.08	30
55	15:07	0	0	0	25	1	3	1	0	4	7	30	0.12	0.22	0.17	32.5

Tabla 12. Parámetros de adultos obtenidos en las distintas aplicaciones del MPH en la zona norte.

Año	Peso Promedio		Fecundidad Parcial		Fecundidad Relativa N° ovoc./g	Fracción Desovante		Proporción hembras	
	(g)	CV (%)	N°	CV (%)		Día ⁻¹	CV (%)	CV (%)	CV (%)
1992	21	1.32	14917	1.62	721	0.16	6.22	0.48	2.95
1995	29	2.53	15405	2.77	528	0.18	4.65	0.42	5.83
1996	30	2.52	19658	2.87	654	0.19	11.53	0.46	7.84
1997	22	1.73	12102	1.95	559	0.13	3.07	0.51	2.76
1999	23	1.42	10600	2.75	467	0.17	3.81	0.46	5.19
2000	31	1.02	16279	2.86	528	0.19	7.50	0.50	4.39
2001	32	1.17	15911	2.27	492	0.19	27.02	0.47	5.36
2002	21	0.96	16761	1.59	787	0.14	6.87	0.51	3.09
2003	25	1.16	13327	2.07	530	0.18	10.47	0.49	3.47
2004	23.6	1.7	8777	3.2	371	0.18	7.0	0.51	4.0

Tabla 13. Frecuencia de estaciones con presencia y ausencia de huevos por año, para estaciones sin registro de salinidades y con registro de salinidades.

Año	Salinidad	Ausencia	Presencia	Total
1992	Sin registro	286	180	466
	Con registro	44	32	76
	Total	330	212	542
1996	Sin registro	1		1
	Con registro	575	176	751
	Total	576	176	752
1997	Sin registro	8	1	9
	Con registro	583	208	791
	Total	591	209	800
1999	Sin registro	12	6	18
	Con registro	454	126	580
	Total	466	132	598
2001	Sin registro	1		1
	Con registro	453	60	513
	Total	454	60	514
Total	Sin registro	308	187	495
	Con registro	3.896	1.666	5.562
	Total	4.204	1.853	6.057

* Años que no aparecen en la tabla no presentan estaciones sin registro de salinidades

Tabla 14. Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos de anchoveta y densidad media de huevos/0,05 m² de las estaciones positivas. Período 1995 - 2004.

Año	Estaciones			Densidad Media de huevos/0,05 m ²
	Ausencia	Presencia	Total	
1995	370	207	577	36,6
1996	576	176	752	38,2
1997	591	209	800	38,5
1999	466	132	598	59,7
2000	290	212	502	49,4
2001	454	60	514	124,4
2002	279	309	588	59,1
2003	407	129	536	71,8
2004	441	207	648	58,1
Total	3874	1641	5515	53,5

Tabla 15. Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos de anchoveta. Cruceros realizados en la I y IV Región años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004.

Año	Estadística	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Temperatura superficial (° C)	Salinidad superficial (psu)	Densidad de huevos/0,05 m ²
1995	Mínimo	18,38	70,10	13,40	34,38	1
	Máximo	25,00	71,67	18,40	35,01	1539
	Rango	6,62	1,58	5,00	0,63	1538
	Media	22,50	70,79	15,41	34,66	37
	Mediana	22,50	70,77	15,20	34,66	6
	Desv. típ.	1,84	0,34	0,89	0,14	127
1996	Mínimo	18,50	70,10	14,50	34,51	1
	Máximo	25,17	71,57	17,00	34,92	611
	Rango	6,67	1,47	2,50	0,41	610
	Media	21,28	70,69	15,45	34,75	38
	Mediana	21,17	70,63	15,50	34,74	6
	Desv. típ.	1,26	0,30	0,53	0,08	80
1997	Mínimo	18,38	70,08	16,04	34,61	1
	Máximo	25,90	71,68	20,56	35,29	947
	Rango	7,52	1,60	4,52	0,69	946
	Media	22,32	70,77	18,10	34,98	39
	Mediana	22,45	70,78	17,87	34,98	11
	Desv. típ.	1,84	0,40	1,08	0,15	97
1999	Mínimo	18,42	70,08	14,33	33,78	1
	Máximo	26,05	71,50	17,84	35,15	1649
	Rango	7,63	1,42	3,51	1,37	1648
	Media	20,65	70,62	16,63	34,89	60
	Mediana	20,75	70,58	16,77	34,88	8
	Desv. típ.	1,43	0,31	0,83	0,17	180
2000	Mínimo	18,42	70,09	14,40	34,50	1
	Máximo	25,50	71,53	17,17	34,99	518
	Rango	7,08	1,44	2,77	0,49	517
	Media	21,79	70,69	16,06	34,79	49
	Mediana	21,83	70,68	16,05	34,82	14
	Desv. típ.	1,82	0,26	0,61	0,13	86
2001	Mínimo	18,55	70,11	14,32	34,59	1
	Máximo	24,72	71,67	16,86	35,06	1977
	Rango	6,17	1,56	2,54	0,47	1976
	Media	21,05	70,55	15,85	34,78	124
	Mediana	20,88	70,48	15,80	34,76	3
	Desv. típ.	1,69	0,32	0,65	0,11	343
2002	Mínimo	18,42	70,12	14,21	34,49	1
	Máximo	25,17	71,64	17,88	35,14	1607
	Rango	6,75	1,52	3,67	0,65	1606
	Media	21,61	70,82	16,44	34,83	59
	Mediana	21,67	70,86	16,64	34,84	14
	Desv. típ.	1,76	0,37	0,86	0,13	128
2003	Mínimo	18,42	70,10	13,34	34,53	1
	Máximo	25,50	71,67	17,99	35,14	1386
	Rango	7,08	1,57	4,64	0,60	1385
	Media	21,67	70,68	15,82	34,83	72
	Mediana	22,00	70,64	15,69	34,81	4
	Desv. típ.	1,92	0,35	1,05	0,15	212
2004	Mínimo	18,42	70,11	13,94	34,48	1
	Máximo	26,00	71,64	18,46	35,08	1288
	Rango	7,58	1,53	4,52	0,60	1287
	Media	22,08	70,78	16,04	34,73	58
	Mediana	22,17	70,76	15,86	34,76	10
	Desv. típ.	1,99	0,41	0,98	0,13	141
Total	Mínimo	18,38	70,08	13,34	33,78	1
	Máximo	26,05	71,68	20,56	35,29	1977
	Rango	7,67	1,60	7,22	1,51	1976
	Media	21,77	70,74	16,26	34,80	54
	Mediana	21,83	70,71	16,07	34,80	9
	Desv. típ.	1,83	0,36	1,18	0,16	145

Tabla 16. Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004

Modelo binomial presencia/ausencia de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
(Intercept)	1			
Años	8			
s(Lat)	1	1,9	115,45	< 0,001
s(Lon)	1	1,9	28,40	< 0,001
s(TSM)	1	1,9	41,17	< 0,001
s(Sal)	1	1,9	6,32	0,002

Devianza modelo nulo	1146,6 sobre 5482 grados de libertad
Devianza residual	973,52 sobre 5464,4 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,16958
Pseudo R2	0,15

Tabla 17. 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 de anchoveta. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004

Densidad de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	8			
s(Lat)	1	2	9,07	< 0,001
s(Lon)	1	2	11,40	< 0,001
s(TSM)	1	2	3,13	0,044
s(Sal)	1	2	7,27	< 0,001

Devianza modelo nulo	5291,4 sobre 1632 grados de libertad
Devianza residual	4770,2 sobre 1612 grados de libertad
Parámetro de dispersión	2,8185
Pseudo R2	0,10

ANEXOS

A N E X O 1

Personal participante por
actividad



PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

FIP 2004-04

- Hernán Reyes R. Oceanógrafo, IFOP.
Oceanografía, Participación Crucero, toma de datos, procesamiento muestras de salinidad, análisis de información histórica, preparación de informe.
- Gabriel Claramunt Q. Biólogo Marino, Ms. En Pesquerías, UNAP.
Coordinador general UNAP.
- Victor Catasti B. Ingeniero Pesquero, IFOP.
Participación crucero, asociación con huevos de anchoveta y variables oceanográficas, SIG, preparación de informe.
- Mauricio Braun A. Biólogo, IFOP.
Jefe de Proyecto, procesamiento y análisis de datos ictioplancton, análisis de información histórica, coordinación general y preparación de informe.
- Juan C. Saavedra N. Ingeniero Estadístico, IFOP.
Análisis estadístico y Modelamiento estadístico de la densidad de huevos de anchoveta asociado a variables ambientales.
- Rosalino Fuenzalida Oceanógrafo, UNAP.
Oceanografía.
- Víctor Baros P. Biólogo Pesquero, IFOP.
Reproducción.
- Vivian Valenzuela C. Biólogo Marino, IFOP.
Jefe de crucero, colecta de muestras de ictioplancton, Coordinación módulo Huevos.
- Rodolfo Serra B. Biólogo Marino, IFOP.
Parámetros de adultos.
- Gustavo Herrera Biólogo Marino, UNAP.
Reproducción.



- | | |
|----------------|---|
| Zaida Young U. | Ing. Pesquero y Ms. en Estadísticas, IFOP.
Análisis estadístico y Modelamiento estadístico de la densidad de huevos de anchoveta asociado a variables ambientales. |
| Paola Moreno | Técnico Laboratorio, UNAP.
Madurez sexual. |
| José Sánchez | Técnico Laboratorio, UNAP
Madurez sexual. |
| Jorge Oliva P. | Ingeniero en Acuicultura, UNAP.
Fecundidad. |

**HORAS/HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL****Objetivo Específico 2.1**

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENT O	ANALISIS	INFORME S	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun	4	12	30	20	66
Vivian Valenzuela	170	10	20	10	210
UNAP					
Gabriel Claramunt			40	40	80
Jessica Pizarro		160	10	10	180
José Sánchez		320			320
Manuel Ortíz		320			320
TOTAL	174	822	100	80	1.176

Objetivo Específico 2.2

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENT O	ANALISI S	INFORME S	TOTAL
IFOP					
Hernán Reyes	170	10	40	10	230
Milena Pizarro	170	10	40	10	230
Víctor Catasti	170	10	20	10	210
Juan Saavedra			15	15	30
UNAP					
Rosalino Fuenzalida			50	50	100
Gabriel Claramunt			10	10	20
TOTAL	510	30	175	105	820



Objetivo Específico 2.3

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENT O	ANALISI S	INFORME S	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun			10	10	20
Eduardo Díaz		50	20		70
Victor Baros	5				5
Carlos Gaspar	100	60			160
Luis García	60				60
Pablo Sanhueza	60				60
Juan Ballet	60				60
Paolo Pasten	60				60
Juan Almazabal	60				60
Miguel Navea	120				120
Pilar Páez	120				120
Irving Shanks	120				120
Max Guisa	120				120
UNAP					
Gabriel Claramunt			20	20	40
Paola Moreno		40			40
TOTAL	885	150	50	30	1.115

Objetivo Específico 2.4

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENT O	ANALISIS	INFORME S	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun		12	18	18	48
Vivian Valenzuela		30	70	20	120
Juan Saavedra			30	10	40
Zaida Young			20	10	30
Rodolfo Serra		7	7	7	21
UNAP					
Gabriel Claramunt			40	50	90
TOTAL		49	185	107	349

**Objetivo Específico 2.5**

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENT O	ANALISI S	INFORME S	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun		12	18	10	48
Victor Baros		20	20	20	60
Juan Saavedra			30	5	35
Zaida Young			20	10	30
UNAP					
Gabriel Claramunt				20	20
Gustavo Herrera			140	50	190
Paola Moreno		300			300
José Sanchez		300			300
TOTAL		632	228	115	983

Objetivo Específico 2.6

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENT O	ANALISI S	INFORME S	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun		12	18	10	48
Victor Baros		10	10	10	30
Juan Saavedra			30	5	35
Zaida Young			20	10	30
UNAP					
Gabriel Claramunt			10	10	20
Jorge Oliva		120			120
TOTAL		142	88	45	283

**Objetivo Específico 2.7**

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENT O	ANALISI S	INFORME S	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun		14	18	18	50
Rodolfo Serra		8	8	8	24
Juan Saavedra			30	10	40
Zaida Young			30	15	45
UNAP					
Gabriel Claramunt			40		40
TOTAL		22	126	51	199

Objetivo Específico 2.8

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENT O	ANALISI S	INFORME S	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun		10	18	18	46
Vivian Valenzuela		10	30	20	60
Hernán Reyes		60	60	60	180
Victor Catasti		45	60	45	150
Juan Saavedra			20	10	30
UNAP					
Gabriel Claramunt			40	20	60
Rosalino Fuenzalida			40	20	60
TOTAL		125	268	193	586

A N E X O 2

Criterios para la
delimitación del área de
desove en la aplicación
del MPDH para la
estimación de la biomasa
desovante de anchoveta
en la zona norte de Chile



CRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE DESOVE en la aplicación del MPDH para la estimación de la biomasa desovante de anchoveta en la zona norte de Chile

1. Diseño de muestreo de plancton y cobertura espacial

El diseño de muestreo a utilizar deber ser un muestreo aleatorio sistemático, el cual debe cubrir toda el área de desove en el período de máxima actividad reproductiva de la especie. De acuerdo a la experiencia previa, se plantea una cobertura latitudinal desde el límite norte del país hasta los 26° de latitud sur, cubriendo longitudinalmente al menos 60 mn desde la costa.

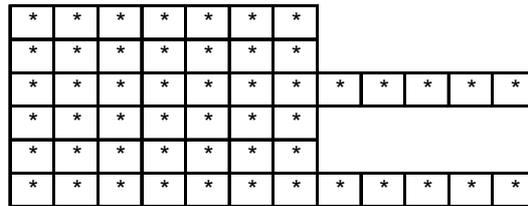
La distancia entre estaciones que se recomienda debe ser de 3 a 5 millas náuticas. El número de estaciones de muestreo dependerá básicamente del nivel de precisión deseado, de la varianza de la variable de interés y del error que se está dispuesto a asumir. Para tal decisión, se puede utilizar como variable indicadora la densidad media de huevos por unidad de muestreo. Según los estudios realizados por IFOP y la UNAP-Univ. de Antofagasta, efectuando entre 500 y 750 estaciones (app), se logran niveles aceptables de precisión en los estimados de biomasa.

2. Delimitación del área de estudio

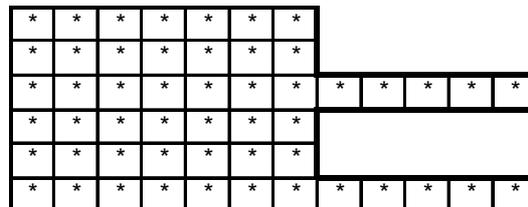
El área de estudio o área de crucero (que para este efecto son sinónimos), debe ser delimitada a través de los contornos de las estaciones muestreadas, sin realizar interpolaciones inter-transectas, lo que se puede traducir en la suma aritmética de las áreas que representa cada estación de muestreo. Por ejemplo, si el diseño de muestreo establece transectas cada 10 mn, con estaciones cada 5 mn dentro de la transecta, se deberá realizar la sumatoria del área de cobertura de



las estaciones muestreadas, en este caso de 50 mn². Por ejemplo, si la disposici3n de las estaciones de muestreo en seis transectas, se diagrama a trav3s de la siguiente figura:



El c3lculo del 3rea de cruceo debiera corresponder a la sumatoria de las 3reas representadas por cada estaci3n de muestreo, sin realizar interpolaciones entre las transectas m3s largas, de forma tal, que el 3rea delimitada se pueda diagramar de la siguiente manera:



De este modo las transectas largas (en general fuera de las 30 mn) conservan el 3rea de las transectas costeras.

El principio fundamental para la delimitaci3n del 3rea de estudio esta basado en el dise1o de muestreo propuesto, el cual considera estaciones equidistantes dentro de una transecta, las cuales son representativas del 3rea adyacente. Es decir, estaciones cada 5 mn, representan un 3rea de 25 mn² cuando la distancia entre transectas es de 5 mn, mientras que cuando la separaci3n entre 3stas es de 10 mn, la estaci3n representa un 3rea de 50 mn².



3. Delimitaci3n del 1rea de desove

En los distintos estudios se han utilizado diversos criterios para la delimitaci3n del 1rea de desove, los que en general han expandido el 1rea de desove a sectores no cubiertos por el muestreo (por ejemplo interpolaciones entre las transectas de 60 mn), cuyas consecuencias redundan en que las comparaciones de las estimaciones de biomاسas entre un a1o y otro tengan ciertas restricciones.

Existen diversos criterios que se podr3an utilizar para la delimitaci3n del 1rea de desove del recurso en estudio:

- a)** Considerar el 1rea que cumple con las condiciones oceanogr1ficas requeridas para el desarrollo del proceso de desove, como la temperatura y la oferta tr3fica del 1rea, entre otras.

- b)** Plantear que el proceso de muestreo de ictioplancton debe delimitar el 1rea de desove, en funci3n de la presencia o ausencia de huevos de la especie objetivo del estudio.

Bas1ndose en la alternativa b), se propone que los c1culos del 1rea de desove se ci1an a los siguientes principios, los cuales dan lugar al criterio que se le llamar1 estructural o de l3mite inferior.



Criterio Estructural o de L3mite Inferior

- Al interior de una transecta, los l3mites estar3n establecidos por las estaciones positivas, es decir, aquellas estaciones con presencia de huevos de la especie en estudio. Si al interior de una transecta existen estaciones negativas entre positivas, se considerar3 un m3ximo de tres estaciones negativas. De este modo, si se tienen dos transectas como las mostradas a continuaci3n, donde aquellas con signo (+) representan una estaci3n positiva:

+					+	+						
+	+	+				+	+	+				

el 3rea de desove queda delimitada de la siguiente forma:

+					+	+						
+	+	+				+	+	+				

Este criterio se basa en los resultados obtenidos del an3lisis geoestad3stico de la densidad de huevos encontrada durante el a3o 2000, el cual, seg3n los modelos ajustados al variograma experimental, entrega una regi3n de influencia (rango) de 23,4 mn (Taller interno, Proyecto FIP 2000-06). Esto quiere decir que en promedio, las observaciones m3s distanciadas de este valor no presentan correlaci3n. As3, se puede establecer que si entre dos estaciones positivas existe un m3ximo de tres estaciones negativas, 3stas se encontrar3n en la regi3n de influencia de las estaciones adyacentes.

Si bien pueden existir diferencias en la regi3n de influencia entre un a3o y otro, se sugiere mantener el criterio de un m3ximo de 3 estaciones negativas entre dos positivas para hacer comparables las estimaciones entre un a3o y otro.



No se realizar3n interpolaciones entre transectas cuando exista un 3rea no muestreada entre ellas. Esto se debe a que el tiempo entre estaciones de distintas transectas puede llegar a superar las 24 horas, lo que para la duraci3n del estadio de huevo de la anchoveta (de no m3s de 72 horas) es una fracci3n importante.

Criterio funcional o de interpolaci3n

- Unir los puntos positivos oce3nicos y costeros entre transectas.
- Interpolar entre las estaciones positivas terminales (costa y oce3no) de las transectas de 60 mn consecutivas. En la subarea (Loa – Mejillones) donde todas las transectas alcanzan hasta 30 mn de la costa debe interpolarse una distancia m3xima de 30 mn entre las transectas.

Nota: La tesis de J. Toloza (1999) muestra por an3lisis geoestadístico que existe alg3n grado de correlaci3n hasta 30 mn. A distancias mayores no hay correlaci3n entre las estaciones.

- Las estaciones positivas aisladas deber3n examinarse por an3lisis visual y densidad m3nima (categ3ria 6-50 huevos) si constituyen observaciones atípicas. Estos puntos no ser3n considerados para la delimitaci3n del polígono del 3rea a integrar.
- Dos transectas consecutivas sin estaciones positivas no ser3n incluidas en el c3lculo del 3rea de desove.

Una implementaci3n de este criterio en Matlab permite obtener polígono con las 3reas estimadas, como el presentado en la **Figura 1**.

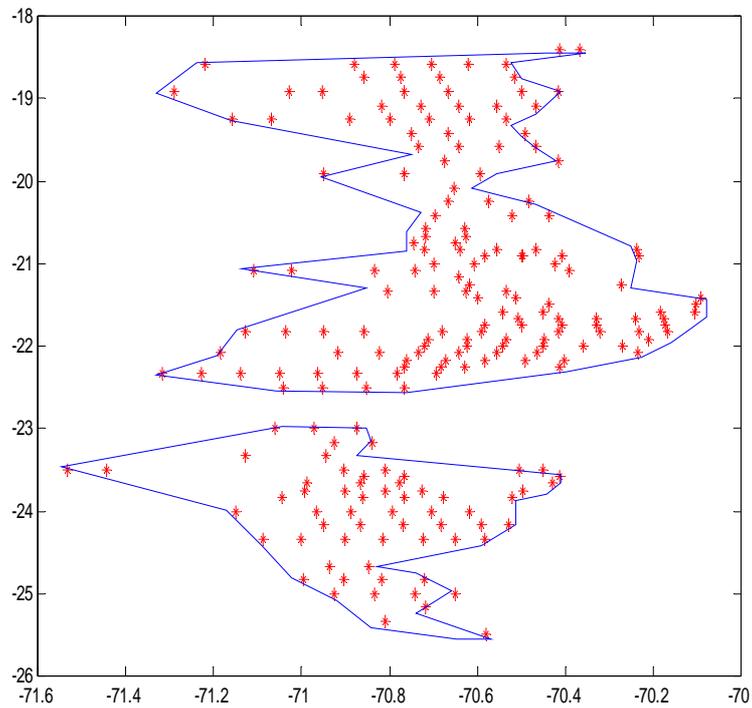


Figura 1. Polígono delimitando el área de desove de anchoveta en la zona norte de Chile, 2000.

4. Delimitación del área cero (área sin producción de huevos)

El área cero o área sin puesta de huevos, será estimada a través de la diferencia entre el área de cruceo y el área de desove delimitada según los criterios antes señalados.

A N E X O 3

Archivos Informe Final en
PDF y Resumen
Ejecutivo en Word





Sección Documentación,
Difusión y Bibliotecas

IFOP
Blanco 839, Valparaíso
Chile