



INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP N° 2002-10

Evaluación del stock desovante
de anchoveta por el método
de producción de huevos
en la I y II Regiones,
año 2002



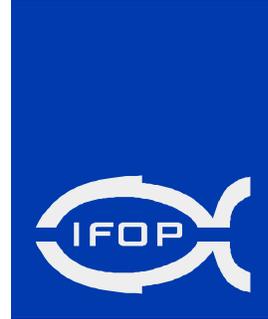


INFORME FINAL

FIP N° 2002-10

**Evaluación del stock
desovante de anchoveta por
el método de producción de
huevos en la I y II Regiones,
año 2002**

· Junio, 2003 ·



REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP

Presidente del Consejo:

Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

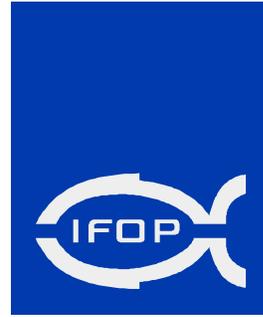
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

División Investigación Pesquera:

Jorge Farías Ahumada

Director Ejecutivo:

Guillermo Moreno Paredes



JEFE DE PROYECTO

JORGE OLIVA LÓPEZ

AUTORES

**JORGE OLIVA L.
HERNAN REYES R.
VICTOR BAROS P.
EDUARDO DIAZ R.
CARLOS MONTENEGRO S.
VICTOR CATASTI B.
GABRIEL CLARAMUNT Q.
GUSTAVO HERRERA U.
JESSICA PIZARRO E.
PEDRO PIZARRO F.
SAMUEL SOTO M.**



RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe se entregan los resultados relacionados con el desarrollo de los cruceros de prospección, monitoreo reproductivo, distribución espacial de huevos de anchoveta, producción diaria de huevos, fracción diaria de hembras desovantes, fecundidad parcial y media poblacional, proporción sexual, peso promedio de hembra madura, biomasa del stock desovante, variables oceanográficas y distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, correspondientes al desarrollo del proyecto FIP N° 2002-10 “Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2002”, ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero.

El muestreo de huevos de anchoveta se efectuó a bordo del B/C “Carlos Porter” y la anchoveta adulta se obtuvo de embarcaciones cerqueras comerciales de la empresa pesquera CORPESCA S.A.

El monitoreo reproductivo efectuado a través del análisis del índice gonadosomático (IGS) y de actividad de desove (IAD), da cuenta que el proceso de desove principal de anchoveta en el año 2002, estuvo caracterizado por la presencia de ovocitos vitelogénicos, con atresia ovárica, observándose un atraso en el inicio del desove respecto a lo reportado en años anteriores. La máxima actividad de desove se inició en la primera semana de agosto, evidenciándose el pleno desove a partir de la segunda semana de agosto, cuyo proceso se extendió hasta la segunda semana de octubre. Lo anterior, sobre la base de la información proveniente de procesar 28.329 anchovetas y 4.931 ovarios utilizando técnicas macroscópicas y microscópicas, procedentes de ejemplares obtenidos en las capturas realizadas en el área de estudio (Arica 18° 20' S - Punta Carrizalillo 26° 03' S).



El B/C “Carlos Porter” operó del 23 de agosto al 25 de septiembre de 2002, realizando 46 transectas perpendiculares a la costa con 588 estaciones, hasta 60 mn de la costa, reconociéndose 309 estaciones positivas (53%), con un total de 18.231 huevos y un promedio de 59 huevos por estación positiva. Por su parte, las embarcaciones cerqueras operaron del 21 de agosto al 30 de septiembre de 2002, efectuando 88 lances de muestreo, de los cuales 60 fueron efectivos (con captura de anchoveta), los que se concentraron preferentemente en zonas ubicadas desde la costa hasta las 40 mn: de Mejillones del Norte a Tocopilla ($19^{\circ}50' - 21^{\circ}50' S$) y en las inmediaciones de Arica ($18^{\circ} 20'S - 18^{\circ} 40' S$). A bordo se midieron 13.982 anchovetas, cuya amplitud de tamaño fluctuó de 13 a 17 cm de longitud total, con una moda principal centrada en los 14,5 cm (28%).

La distribución espacial de los huevos de anchoveta indicó que el proceso de desove ocupó un amplio rango latitudinal y longitudinal comprendido entre Arica ($18^{\circ} 20' S$) y bahía Nuestra Señora ($25^{\circ} 10' S$). Entre islote Blanco ($25^{\circ}20'S$) y punta Carrizalillo ($26^{\circ}03'S$) no hubo registros positivos para esta fase de desarrollo.

Las zonas de mayor densidad de huevos fueron las siguientes: **a)** entre Iquique ($20^{\circ} 10' S$) y caleta Agua Salada ($24^{\circ} 10' S$); **b)** entre Arica ($18^{\circ} 20' S$) y punta Junín ($19^{\circ} 40' S$) y **c)** entre punta Poza Llaves ($24^{\circ} 50' S$) y bahía Nuestra Señora ($25^{\circ} 10' S$).

Se estimó una biomasa desovante de anchoveta para la I y II Regiones de 757.308 toneladas aplicando el criterio de interpolación o funcional, con una varianza de $1,494 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,16. Alternativamente y bajo la aplicación del criterio de límite inferior o estructural, la biomasa desovante se estimó en 567.175 toneladas, con una varianza de $1,361 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,21.

Los resultados del ajuste no lineal del modelo de decaimiento exponencial indicaron una producción de huevos (P_0) de 25,30 huevos/ $0,05m^2/día$, con un error estándar de 3,225. La tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos fue de $0,486 día^{-1}$ con un error estándar de 0,113.



En el año 2002 la anchoveta de la I y II Regiones presentó un prolongado reposo reproductivo relativo, con un retardo en el inicio del desove, respecto a lo reportado en años anteriores, visualizándose el pleno período de desove a partir de la segunda semana de agosto, prolongándose hasta la segunda semana de octubre.

La frecuencia de desove calculada con las edades combinadas fue de 0,137 con una varianza de 0,00009 y un coeficiente de variación de 0,069. Esto indicó que durante el tiempo de la exploración, el 13,7% de las hembras maduras desovaron cada día y que cada hembra madura desovó, en promedio, cada 7,3 días.

La fecundidad parcial promedio en las 60 recolecciones varió de 15.537 a 17.378 ovocitos por hembra. Se utilizó el modelo de tipo lineal para los cálculos de fecundidad media poblacional. La fecundidad relativa promedio fue de 775 ovocitos por gramo de hembra. La fecundidad parcial media poblacional estimada para todos los lances (fecundidad modal) fue de 16.521 ovocitos, con un coeficiente de variación de 0,0162.

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados, presentó una amplitud de 0,27 a 0,76 con un promedio de 0,51 y un coeficiente de variación de 0,031 y el peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas en 60 lances, fluctuó de 17,1 a 24,7 gramos. El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 21 gramos, con un coeficiente de variación de 0,0096.

Las condiciones oceanográficas observadas en la zona norte de Chile durante el crucero de agosto-septiembre de 2002, fueron “normales”, exhibiendo la temperatura superficial valores que variaron de 13,85 a 18,10°C y la salinidad superficial de 34,40 a 35,14 psu.

El análisis de la distribución de anchoveta y la temperatura indicó que los huevos de la especie en el 2002 se presentaron en el rango de 13°C a 18°C, con una clara preferencia por los 16-17°C. Con respecto a la salinidad, los huevos se localizaron



mayoritariamente en el estrato 34,5-35,1 psu, con una nítida predilección por el estrato 34,7-34,9 psu.

Los focos más importantes se ubicaron en zonas de fuertes cambios negativos de la temperatura y de notables gradientes térmicos. En este sentido, se apreció que el rango óptimo de mayor densidad se localizó en el rango 1,2 y 1,6 °C/2mn, asimismo es posible indicar que a gradientes superiores las concentraciones de huevos disminuyen notablemente.

El análisis integrado de la concentración de huevos indicó que las máximas concentraciones de huevos se presentan en los alrededores de la latitud 22°S, lo que refuerza la hipótesis de que el área principal de desove de la anchoveta se encuentra asociada a la desembocadura del río Loa.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO -----	i
ÍNDICE GENERAL -----	v
ÍNDICE DE FIGURAS -----	vii
ÍNDICE DE TABLAS -----	xi
INDICE ANEXOS -----	xii
1. INTRODUCCIÓN -----	1
2. OBJETIVO GENERAL -----	3
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS -----	3
4. DESARROLLO METODOLÓGICO -----	5
4.1 Área de estudio -----	5
4.2 Desarrollo de los cruceros -----	5
4.2.1 Monitoreo reproductivo -----	5
4.2.2 Crucero de recolección de huevos de anchoveta -----	6
4.2.3 Crucero de recolección de ejemplares adultos de anchoveta -----	7
4.3 Metodología por objetivo específico -----	10
4.3.1 Objetivo específico 3.1 -----	10
4.3.2 Objetivo específico 3.2 -----	16
4.3.3 Objetivo específico 3.3 -----	20
4.3.4 Objetivo específico 3.4 -----	24
4.3.5 Objetivo específico 3.5 -----	26
4.3.6 Objetivo específico 3.6 -----	27
5. RESULTADOS -----	33
5.1 Cruceros de prospección -----	33
5.2 Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio del crucero -----	34
5.3 Distribución y abundancia de huevos de anchoveta, año 2002-----	35
5.4 Crucero de adultos -----	35



5.5	Resultados por objetivo específico-----	38
5.5.1	Objetivo específico 3.1 -----	38
5.5.2	Objetivo específico 3.2 -----	38
5.5.3	Objetivo específico 3.3 -----	40
5.5.4	Objetivo específico 3.4 -----	41
5.5.5	Objetivo específico 3.5 -----	42
5.5.6	Objetivo específico 3.6 -----	42
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS -----	67
6.1	Análisis biológico-pesquero -----	67
6.2	Análisis oceanográfico -----	71
7.	CONCLUSIONES -----	77
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	81

FIGURAS
TABLAS
ANEXOS

- ANEXO I.** Criterios para la aplicación del MPH en la estimación de la biomasa desovante de anchoveta en la zona norte de Chile.
- ANEXO II.** Variables y parámetros utilizados por objetivo específico. Proyecto FIP 2002-10 “Evaluación del stock desovante de anchoveta I y II Regiones, año 2002”.
- ANEXO III.** Personal participante por actividad, objetivo y función.
- ANEXO IV.** CD con archivo Informe Final 2002-10.



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MPH 2002.
- Figura 2. Evolución mensual del índice gonadosomático de la anchoveta en la I y II Regiones.
- Figura 3. Evolución mensual de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO), de enero a noviembre de 2002.
- Figura 4. Evolución semanal del índice gonadosomático de la anchoveta en la I y II Regiones, año 2002.
- Figura 5. Evolución semanal de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO), año 2002.
- Figura 6. Distribución espacial de las estaciones de ictioplancton. Crucero MPH 2002.
- Figura 7. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH 2002.
- Figura 8. Distribución espacial de los lances de pesca realizados por embarcaciones cerqueras. Crucero MPH 2002.
- Figura 9. Distribución de tamaños de la anchoveta en la I y II Regiones. Crucero MPH 2002 (A: por sexo; B: total).
- Figura 10. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de hembras hidratadas de anchoveta. Agosto-septiembre, 2002.
- Figura 11. Regresión entre la fecundidad parcial y la longitud total de hembras hidratadas de anchoveta. Agosto-septiembre, 2002.
- Figura 12. Distribución de a) temperatura superficial (°C) y b) anomalía de temperatura superficial (°C). Crucero MPH, agosto-septiembre 2002.



- Figura 13. Distribución de a) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C (m). Crucero MPH agosto- septiembre.
- Figura 14. Distribución de a) temperatura (°C) a nivel de 50 m de profundidad y b) diferencia de temperatura (°C) entre superficie y el nivel de 50 m de profundidad. Crucero MPH, agosto-septiembre 2002.
- Figura 15. Distribución vertical de temperatura (°C) a lo largo de 5 transectas perpendiculares a la costa. Crucero MPH, agosto-septiembre, 2002.
- Figura 16. Distribución de a) salinidad superficial (psu) y b) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH, agosto-septiembre, 2002.
- Figura 17. Distribución de a) salinidad (psu) a nivel de 50 m de profundidad y b) diferencia de salinidad (psu) entre superficie y el nivel de 50 m de profundidad. Crucero MPH, agosto-septiembre, 2002.
- Figura 18. Distribución vertical de salinidad (psu) a lo largo de 5 transectas perpendiculares a la costa. Crucero MPH, agosto-septiembre, 2002.
- Figura 19. Distribución espacial de las estaciones oceanográficas realizadas en los cruceros de los proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2002.
- Figura 20. Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Período 1992-2002.
- Figura 21. Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial. Período 1992-2002.
- Figura 22. Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992-2002.
- Figura 23. Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992-2002.
- Figura 24. Histogramas de la temperatura superficial (°C), cruceros proyectos MPH de anchoveta, 1992-2002.



- Figura 25. Histogramas de la salinidad superficial (psu), cruceros proyectos MPH de anchoveta, 1992-2002.
- Figura 26. Densidad de huevos estimada (estimador delta), temperatura y salinidad superficial media estimada (A, B). 1992-2002. Proporción de estaciones positivas (con huevos), temperatura y salinidad superficial (C, D). 1992-2002. Densidad media huevos (estaciones positivas, estimador media lognormal). Temperatura y salinidad superficial (E, F). 1992-2002.
- Figura 27. Número de celdas con huevos de anchoveta respecto de la temperatura de 10m de profundidad (°C).
- Figura 28. Número de celdas con huevos de anchoveta respecto a la salinidad superficial (psu).
- Figura 29. Gráfica de los efectos del GAM ajustado al conteo de huevos por estación (modelo Poisson con sobre-dispersión), utilizando los predictores año (lineal), latitud, longitud, temperatura y salinidad (suavizadores spline cúbicos). El cero en el eje vertical indica que no hay efecto del predictor sobre la variable respuesta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Anchoveta proyectos MPH 1992-2002.
- Figura 30. Gráfica de los efectos del GAM ajustado a la proporción de estaciones positivas (distribución de probabilidad binomial), utilizando los predictores año (lineal), latitud, longitud, temperatura y salinidad (suavizadores spline cúbicos). El cero en el eje vertical indica que no hay efecto del predictor sobre la variable respuesta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Anchoveta proyectos MPH 1992-2002.
- Figura 31. Gráfica con las tendencias de los índices estandarizados anuales de densidad de huevos (A) y probabilidad de éxito en la obtención de huevos (B), cruceros MPH anchoveta, 1992-2002.
- Figura 32. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto del gradiente térmico (10 m).



- Figura 33. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto del gradiente salino superficial.
- Figura 34. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta. Período 1992-2002.
- Figura 35. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de la anchoveta en la I y II Regiones.
- Figura 36. Fecundidad relativa de la anchoveta, en la I y II Regiones. (series: peso corporal en gramos).



ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Transectas incompletas por fuerza mayor durante el crucero de huevos, MPH 2002.
- Tabla 2. Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).
- Tabla 3. Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario. (Santander *et al.*, 1984).
- Tabla 4. Caracterización histológica de los folículos postovulatorios (FPO) (Hunter y Goldberg (1980), ajustados para *E. ringens*, FIP N° 95-01).
- Tabla 5. Evolución semanal de la actividad reproductiva microscópica de la anchoveta en la I y II Regiones, 2002.
- Tabla 6. Densidad promedio y constancia de huevos de anchoveta. Cruceros MPH Invierno 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001 y 2002.
- Tabla 7. Abundancia promedio y rangos de huevos de anchoveta en invierno 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001 y 2002.
- Tabla 8. Posición geográfica de los lances efectuados durante el crucero de anchoveta en la I y II Regiones, agosto-septiembre 2002.
- Tabla 9. Resultados del análisis de regresión para los modelos ajustados entre la fecundidad parcial con peso corporal y longitud total.
- Tabla 10. Resumen de los datos de los lances. Promedios de las 30 primeras hembras de: longitud total (LT), peso total corregido (PTCOR), peso corporal (PC), peso gónada (PG), fecundidad parcial estimada (FPE), hembras maduras (HM), hembras hidratadas (HH), folículos postovulatorios de edad 0, 1 y 2 días. Peso total de hembras corregidas (PTHCOR), hembras (H), peso total de machos corregidos (PTMCOR), machos (M) del muestreo de proporción sexual.



- Tabla 11. Parámetros calculados a través de la aplicación del MPH para la anchoveta en la I y II Regiones, Chile.
- Tabla 12. Estadísticas descriptivas de las principales variables monitoreadas en los cruceros de ictioplancton. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 a 2002.
- Tabla 13. Resumen ajuste GAM Poisson con sobre-dispersión para la variable conteo de huevos. Grados de libertad y test F para los efectos no-paramétricos.
- Tabla 14. Resumen ajuste GAM Binomial para la variable presencia/ausencia de huevos. Grados de libertad y test Chi-cuadrado para los efectos no-paramétricos.
- Tabla 15. Principales resultados del ajuste del modelo exponencial de sobrevivencia para los huevos de anchoveta, 1992 a 2002.
- Tabla 16. Resumen de resultados de la estimación de la biomasa desovante de anchoveta, bajo los criterios estructural y funcional, 1992-2002.

ÍNDICE ANEXOS

- ANEXO I. Criterios para la aplicación del MPH en la estimación de la biomasa desovante de anchoveta en la zona norte de Chile
- ANEXO II. Variables y parámetros utilizados por objetivo específico, Proyecto FIP N° 2002-10 “Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2002”
- ANEXO III. Personal participante por actividad, objetivo y función.
- ANEXO IV. CD con archivo Informe Final 2002-10.



1. INTRODUCCIÓN

El sector pesquero constituye una de las áreas productivas más importantes de la economía del país, generando el año 2002, 1.959 millones de dólares por las exportaciones chilenas del sector pesquero, cifra superior en un 5,3% a la obtenida en el año 2001.

El comportamiento de las capturas de los recursos pelágicos de la zona norte identifica tres períodos: el primero (1973 – 1986) que se caracteriza por mostrar un crecimiento sostenido del orden de 1.000% de las capturas, hasta alcanzar un máximo de 3,4 millones de toneladas a mediados de los 80; el segundo período (1987 – 1996) de ajuste, producto de la baja que experimentaron las capturas hasta alcanzar en 1996 a 1,4 millones de toneladas; y el tercero (1997-2002) donde se observó una tendencia a la estabilización de las capturas a niveles mínimos, del orden de 1,5 millones de toneladas al año.

Los recursos que sustentaron las capturas de enero a diciembre de 2002, correspondieron a peces de comportamiento pelágico: anchoveta (*Engraulis ringens*), caballa (*Scomber japonicus*) y jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) contribuyendo, con un 82; 9 y 7%, respectivamente.

De lo señalado, se observa que la actividad productiva de la industria pesquera en la I y II Regiones, en los últimos años, ha estado fuertemente asociada a la disponibilidad del recurso anchoveta, y dada la relevancia de esta especie es fundamental disponer de antecedentes actualizados de los niveles de abundancia del stock presente en la zona norte, tanto de la biomasa parental como de la fortaleza de las clases anuales que se incorporan a la pesquería.



Con el propósito de explorar métodos de evaluación que permitieran optimizar la precisión del estimado de biomasa desovante de anchoveta, en la temporada de invierno de 1992, el Instituto de Fomento Pesquero por encargo de la Subsecretaría de Pesca implementó por primera vez en Chile una nueva técnica de evaluación directa conocida como "Método de Producción de Huevos" (MPH), desarrollada en 1980 por investigadores del Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, California. Nuevamente el MPH se efectuó en 1995 (FIP 95-01), en 1996 (FIP 96-01), en 1997 (FIP 97-01), en 1999 (FIP 99-10), en el 2000 (FIP 2000-06) y en el 2001 (FIP 2001-10).

La aplicación del "Método de Producción de Huevos", para estimar la biomasa de la anchoveta, ha constituido un aporte para la diagnosis del principal recurso pelágico de la I y II Regiones. El Consejo Zonal de Pesca en concordancia con el Consejo Nacional de Pesca, Consejo de Investigación Pesquera y la Subsecretaría de Pesca, han decidido continuar con este importante estudio, que en la medida que se mantenga, la información acumulada dará una base sólida para la toma de decisiones lo que permitirá proyectarse a futuro, contribuyendo a dar sustentabilidad a la actividad pesquera en la I y II Regiones.



2. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar mediante la aplicación del Método de Producción de Huevos la biomasa desovante de anchoveta, comprendida entre la zona costera desde el límite norte de la República hasta los 26° 03' S.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1** Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos.
- 3.2** Estimar la proporción de estadios de madurez microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada.
- 3.3** 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.
- 3.4** Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas.
- 3.5** Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.
- 3.6** 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.



.....
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
.....



4. DESARROLLO METODOLÓGICO

De conformidad con la metodología planteada en la propuesta técnica y con el fin de estimar los parámetros biológicos que requiere la aplicación del Método de Producción de Huevos, a saber: fecundidad media poblacional, frecuencia de desove, proporción sexual, producción diaria de huevos y peso promedio estimado de hembras maduras, se realizaron los respectivos muestreos para el recurso anchoveta, durante el período de máxima actividad reproductiva del año 2002.

Los muestreos de huevos se llevaron a cabo a bordo del B/C “Carlos Porter” y el de ejemplares adultos a través de la operación de 5 embarcaciones pesqueras en régimen de Pesca de Investigación.

4.1 Área de estudio

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

4.2 Desarrollo de los cruceros

4.2.1 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.

El muestreo reproductivo de la anchoveta se desarrolló de enero a octubre de 2002. El procedimiento aplicado consistió en recolectar gónadas de hembras de anchoveta de



la captura comercial, con el fin de determinar mediante técnicas macroscópicas (variaciones del índice gonadosomático) y microscópicas (índice de actividad de desove), la condición reproductiva de la especie. Para ello se analizaron macroscópicamente 28.329 hembras y microscópicamente 4.931 ovarios de anchoveta en la zona de estudio (Regiones I y II).

4.2.2 Crucero de recolección de huevos de anchoveta

El diseño de muestreo estuvo configurado por una grilla de 588 estaciones distribuidas en 46 transectas perpendiculares a la costa, equidistante cada 10 mn. Las estaciones se localizaron en las transectas a 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 millas de la costa.

Debido a malas condiciones del mar algunas transectas no se lograron completar (**Figura 1 y Tabla 1**).

En cada estación se obtuvo una muestra de zooplancton mediante un muestrador **CaIVET** (versión **PAIROVET**) de 0,05 m² de área de boca y 150 µm de abertura de malla (Smith *et al.*, 1985), el cual se remolcó verticalmente desde una profundidad máxima de 70 m o desde 5 m sobre el fondo hasta la superficie en el caso de profundidades menores. El calado y virado se realizó a una velocidad nominal de 1 m/s, considerándose un tiempo de estabilización de 10 segundos una vez alcanzada la profundidad máxima de muestreo.

Durante la ejecución de cada lance de pesca se registraron 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. Además, se efectuó un completo registro de las condiciones ambientales y meteorológicas de cada estación (temperatura del aire, intensidad del viento, alturas de olas, estado del mar, cielo, etc.).



Las muestras obtenidas en cada una de las estaciones se preservaron inmediatamente después de extraídas del copo colector de la red, con una solución de formalina al 5% en agua de mar neutralizada con disodio tetraborato (bórax), para evitar de esta manera un posible deterioro de los ejemplares capturados.

Con respecto a los parámetros ambientales, en cada una de las estaciones se obtuvo un registro continuo de la temperatura y salinidad mediante el uso de un CTD SEA BIRD modelo 19. El uso del CTD para todas las estaciones fue equivalente a la profundidad de los lances realizados con la red CalVET.

4.2.3 Crucero de recolección de ejemplares adultos de anchoveta

Por lo general, en los cardúmenes de Clupeoideos como la anchoveta la distribución de los peces es generalmente homogénea respecto al tamaño y a la condición de las gónadas, por lo cual la estimación de la fracción de hembras en desove se relaciona con el tipo de muestreo aplicado, situación que es evidente durante la época de mayor actividad de desove.

De acuerdo al conocimiento disponible acerca del proceso reproductivo de la anchoveta, en períodos sin perturbación ambiental, los cardúmenes con hembras en estadio hidratado caracterizados por el predominio de machos se ubican en cardúmenes específicos, los cuales se separan de aquellos que están en otra condición reproductiva. Este comportamiento ha sido observado por otros investigadores (Blaxter y Hunter, 1982; Oliva *et al.*, 1989; Martínez *et al.*, 1992 - 1993- 1994, Oliva *et al.*, 2000).

En consecuencia el diseño de muestreo orientado a estudiar los parámetros indicados en los objetivos específicos 3.2, 3.3 y 3.4, corresponde al de conglomerados bietápico. Las unidades de primera etapa corresponden a los "lances" de pesca y las unidades de



segunda etapa a los "peces capturados" en cada lance. En ese marco, el esfuerzo de muestreo indica al número "n" de lances y al número "m" de peces, necesarios para hacer mínima la varianza, cuando se dispone de recursos económicos fijos. Al respecto, es importante mencionar que en las anteriores aplicaciones del MPH se ha llegado a la misma conclusión en cuanto al tamaño mínimo de muestras de adultos, esto es, que un esquema de muestreo de 30 hembras por lance, para un total de 40 lances, es adecuado para un coeficiente de variación menor a 0,2. Es así que se han efectuado 50 lances en 1992 (Rojas y Oliva, 1993), 40 lances en 1995 (Claramunt *et al.*, 1996), 32 lances en 1996 (Claramunt *et al.*, 1997), 60 lances en 1997 (Oliva *et al.*, 1998), 51 lances en 1999 (Oliva *et al.*, 2000), 60 lances en 2000 (Oliva *et al.*, 2001) y 60 lances en 2001 (Oliva *et al.*, 2002). En el año 2002 se propuso realizar 40 lances positivos (con anchoveta), lográndose en definitiva efectuar 60 lances.

a) Muestreo de ejemplares adultos de anchoveta

El muestreo se realizó a bordo de embarcaciones cerqueras las que se equiparon con una red anchovetera para sistema Petrel, construida de paños con nudos y sin nudos en los distintos sectores de la red (copos, antecopos, refuerzos y cuerpos finos), cuyas dimensiones fueron de 600 * 65 brazas, con un embande de 32%. Además, las embarcaciones contaban con sonar, radar, ecosonda, navegador por satélite, radiogoniómetro y radios (HF y VHF).

El muestreo consistió en abrir los ejemplares desde el ano hasta las aletas pectorales, seleccionando aquellos especímenes vivos, los cuales fueron inmediatamente fijados en formalina al 10% buferada (introducidos completamente en el fijador), la que se preparó según Santander *et al.* (1984), Hunter y Macewicz (1985), Oliva *et al.* (1989), Rojas y Oliva (1993), Oliva *et al.* (1998). La preparación fue de acuerdo a las siguientes proporciones:



- 16,2 litros agua destilada
- 117 gramos fosfato de sodio dibásico ($\text{Na}_2 \text{H PO}_4$)
- 72 gramos fosfato de sodio monobásico ($\text{Na H}_2 \text{PO}_4 \text{H}_2\text{O}$)
- 1,8 litros solución de formaldehído (37%)

A bordo se recolectaron como mínimo 100 ejemplares por lance, registrándose su longitud total por sexo y estadio de madurez (macroscópico). Esta actividad permitió obtener antecedentes oportunos (a tiempo real) respecto a la composición por tamaño y condición reproductiva de la anchoveta.

b) Procesamiento de las muestras en el laboratorio histológico

Los especímenes preservados en formalina neutralizada se procesaron en el laboratorio. Se registró la longitud total de cada ejemplar, medido en un ictiómetro con una precisión de 0,5 centímetros, y el peso total, peso gónada, pesados en una balanza con una precisión de 0,01 gramos.

Terminada la fijación, los ovarios se deshidrataron e incluyeron en paraplast, luego se efectuaron cortes histológicos de 5 micrones de espesor, los que fueron teñidos con hematoxilina y contrastados con eosina. Finalmente, se montaron con entellan en portaobjetos y se les efectuó su lectura y análisis.

c) Análisis microscópico de los ovarios

Las variaciones de la condición reproductiva se determinaron a través del análisis de la distribución mensual de los estadios de madurez de los ovarios, en base al diagnóstico histológico del parénquima gonadal, aplicando una escala microscópica específica (**Tabla 2**).



4.3 Metodología por objetivo específico

En la presente sección se desarrollan los aspectos metodológicos según objetivo específico.

4.3.1 Objetivo específico 3.1

"Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos".

a) Clasificación de los huevos de anchoveta de acuerdo a estadios de desarrollo

La clasificación de los huevos de anchoveta por estadio de desarrollo se efectuó en la totalidad de los ejemplares de cada muestra, utilizando el criterio establecido por Moser y Ahlstrom (1985), quienes dividieron el período del desarrollo embrionario de los huevos de anchoveta en once estadios de acuerdo a los cambios morfológicos que se producen en el transcurso de la embriogénesis (**Tabla 3**). Los huevos que no pudieron ser asignados a ninguno de dichos estadios, debido a opacidad o daño en sus estructuras internas, se clasificaron como deteriorados (DET.).

b) Determinación de la edad de los huevos de anchoveta

La determinación de la edad de los huevos de anchoveta se efectuó mediante un procedimiento automatizado descrito por Lo (1985), el cual se programó 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 -ésimo a la temperatura t
 a, b, c, d : parámetros del modelo

El ajuste del modelo a través del estudio experimental entregó la siguiente expresión:

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

La estimación 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 máximo del desove se produce a las 22:00 horas y ajustando la edad por la porción del día desde las 22:00 horas previas hasta el momento de la recolección para el día más cercano.

La expresión básica para la determinación 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 estación
- T : tiempo esperado para el huevo fase de desarrollo i, el cual se estima a través de:

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

Las decisiones de corrección según la hora de la estación (K) son:

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

Donde G es el doble de la desviación estándar de la edad dentro de cada estadio.

Los huevos de la categoría DET. (deteriorados) fueron asignados a un estadio de desarrollo según los siguientes criterios de decisión (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 proporción por estadio ya determinada para la muestra.
2. En aquellas estaciones en las que sólo se encontraron huevos DET., estos fueron distribuidos aleatoriamente siguiendo una distribución uniforme dentro del rango de estadios posibles



c) Estimación de la producción diaria de huevos en el mar y tasa de mortalidad

El parámetro P_0 , producción diaria de huevos en el mar, es el número de huevos desovados por noche, por unidad de área, promediado por la extensión y duración del crucero. Utilizando el procedimiento entregado por Picquelle y Stauffer (1985), la abundancia de los huevos a las edades determinadas se analizó utilizando el siguiente esquema de muestreo sistemático: el área de muestreo se dividió en rectángulos de $5 \times 10 \text{ m}^2$. En el centro de cada rectángulo se obtuvo una muestra de zooplancton equivalente a $0,05 \text{ m}^2$ de superficie. Este diseño de muestreo asume que la distribución de los huevos al interior de un bloque es independiente de la distribución dentro de los bloques adyacentes (P. Smith, en Picquelle y Hewitt, 1983). Todas las estaciones de muestreo representaron la misma área, realizándose el ajuste del modelo exponencial a través de mínimos cuadrados.

Esta estimación consta de dos etapas: una consiste en la estimación del modelo de sobrevivencia de huevos (ajuste no-lineal del modelo exponencial), de donde se obtiene el parámetro P (intercepto del modelo). La segunda corresponde a la expansión de la producción diaria de huevos por unidad de área (número de huevos/ $0,05 \text{ m}^2$) al área total de desove del recurso. Respecto a los criterios utilizados en la estimación del modelo de sobrevivencia, como también en la estimación del área de desove, éstos se presentan en detalle en el Anexo I. Los principales criterios corresponden al descarte de estadios sub-representados, en particular el estadio I para el ajuste de la curva de sobrevivencia.

Con el objeto de reducir el impacto de la varianza, el área total del crucero se post-estratificó en dos estratos: estrato 0 que incluye el área geográfica donde no se produce desove (producción diaria de huevos = 0) y estrato 1 que incluye las estaciones positivas a huevos de anchoveta y a algunas escasas estaciones negativas atrapadas al interior de ésta (**Anexo I**).



La estimación de la varianza de la biomasa desovante tiene componentes asociados a cada parámetro de la estimación puntual de la biomasa. Uno de los parámetros que aporta mayor varianza, corresponde a la estimación del P_0 , razón por la cual actualmente se siguen buscando nuevas alternativas de aumento de la precisión del estimador. Una alternativa que se ha utilizado habitualmente consiste en la post-estratificación. La técnica de estratificación de una población en estudio, supone cierta homogeneidad al interior de los estratos y una heterogeneidad entre ellos, lo que finalmente permite encontrar estimadores de menor varianza (Cochran, 1977). Sin embargo, es difícil establecer *a priori* los estratos en estudios como el de método de producción de huevos, razón por la cual la post-estratificación es una alternativa (Robotham, 1995).

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

El cálculo de la producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad fue estimada según el modelo de regresión no lineal de tipo exponencial (García *et al.*, 1992) dado por el modelo:

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



donde:

- P_t^* = Número de huevos por 0,05 m² en la edad t^{*}
- P_0 = Producción diaria de huevos por unidad de área (0,05 m²)
- z = Tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos
- t^* = Edad en días de los huevos

En el modelo el intercepto P_0 representa la producción 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 están afectados por una tasa de mortalidad constante z .

La varianza de los parámetros se obtiene de la matriz de varianzas covarianzas de los parámetros del modelo una vez que el criterio de convergencia de la solución mínimo cuadrática se ha cumplido.

Una vez estimado los parámetros y sus varianzas asociadas, se estima el coeficiente de variación ($CV[P_0]$), que en el caso de la producción 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



4.3.2 Objetivo específico 3.2

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

a) Análisis microscópico de los ovarios

Las variaciones de la condición reproductiva se determinaron a través del análisis de la distribución mensual de los estadios de madurez de los ovarios, en base al diagnóstico histológico del parénquima gonadal, aplicando una escala microscópica específica.

b) Estimación de la fracción diaria de hembras desovantes (F)

El cálculo de la frecuencia de desove se basa en el criterio utilizado por Hunter y Goldberg (1980). Cada ovocito hidratado está rodeado por un folículo alargado y fino, una capa epitelial de células granulosa y una única capa externa de tejido conectivo de células con algunos capilares sanguíneos. Durante la ovulación, los ovocitos completamente hidratados son liberados desde sus folículos. El folículo vacío o folículo postovulatorio no se fragmenta y se mantiene íntegro en el ovario, éste se deteriora rápidamente y es reabsorbido.

Para usar los folículos postovulatorios en la estimación de la frecuencia de desove, es necesario dividir el proceso de deterioración y reabsorción del folículo en series de diferentes estadios histológicos, cada uno con una edad asignada. En la anchoveta la edad de los folículos postovulatorios puede ser determinada solamente hasta 56 horas después del desove.



La clasificación por edad de los folículos postovulatorios se basa en los diferentes estadios de degeneración por los que ellos atraviesan. La definición de éstos se llevó a cabo según criterios discretos de las características citológicas y morfohistológicas (tamaño, forma aparente, aspectos de las células granulosas y del lumen).

En la clasificación por edades de los folículos postovulatorios, se utilizaron criterios citológicos y morfohistológicos propuestos por Hunter y Goldberg (1980) para *E. mordax* y por Macewicz y Hunter (1993) para *T. symmetricus*. Se asume que los cambios citológicos y morfohistológicos que experimentan los folículos postovulatorios de *E. ringens* son cronológicamente similares a los señalados para aquellas especies, lo cual permite la diferenciación de folículos postovulatorios nuevos como también de día 1 y 2, cuyas características se definen en la **tabla 4**. Para la determinación de la frecuencia de hembras desovantes se utilizaron sólo 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 después del desove, debido a que los folículos de mayor edad pueden ser confundidos con otras estructuras tales como folículos en estado atrésico (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:

$$\bar{F}_i = \frac{m_{h_i}}{m_i} \circ \frac{m_{l_i}}{m_i} \circ \frac{m_{2_i}}{m_i}$$



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:

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

cuya varianza es:

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

donde:

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

m_{y_i} = $((m_{1i} + m_{2i}) / 2) + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}$ = Número corregido de hembras maduras en el i ésimo lance.

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

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

n = Tamaño de muestra



4.3.3 Objetivo específico 3.3

"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 de 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 precisión de 0,0001 gramos. Posteriormente se colocaron en una cápsula petri cubriéndolas con gotas de glicerina (33%) y se contabilizaron bajo microscopio estereoscópico.

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

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

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 Producción de Huevos requiere la estimación de la fecundidad media poblacional o modal, es decir, del número de ovocitos liberados por una hembra promedio representativa del total de la población de hembras maduras. Para ello es necesario ajustar un modelo que explique los datos de la fecundidad parcial en función 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 gónada). Se asumió que esta relación es la que explicó 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:



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

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

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

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:

- $\overline{\overline{E}}$ = Fecundidad media poblacional.
- m_i = Número de peces muestreados en el lance i.
- \overline{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.

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

donde:

- $\overline{\overline{E}}$ = Estimado de la fecundidad media poblacional.
- \overline{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.



4.3.4 Objetivo específico 3.4

"Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas"

La fracción de hembras (R, proporción sexual) fue estimada para cada lance de una submuestra compuesta por 100 ejemplares. Debido al efecto de la preservación, el peso registrado fue corregido por un factor de corrección por fijación.

El peso medio de las hembras, al igual que la proporción sexual, se estimaron a través de los estimadores para muestreo bi-etápico, los que se presentan a continuación:

El peso medio de las hembras es:

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

donde:

$$\bar{w}_i = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}}{m_i}$$

donde

- W : peso medio estimado de las hembras
- \bar{w}_i : peso medio de las hembras en el lance i
- y_{ij} : peso de la hembra j-ésima en el lance i
- n : número de lances muestreados
- m_i : número de hembras examinadas en el lance i

La varianza del peso medio estimado de las hembras es:

$$\hat{v}(\bar{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{w}_i - W)^2}{(\sum_{i=1}^n m_i / n)^2 n / (n-1)}$$



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 resultó entre el peso total del cuerpo y el peso del cuerpo sin gónada.

La proporción sexual en peso es:

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

donde:

$$\hat{R}_i = \frac{\sum_{l=1}^{l_i} y_{il}}{\sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}}$$

donde

- \hat{R} : Proporción de hembras en peso
- \hat{R}_i : Proporción de hembras en el lance i
- y_{il} : Peso de la hembra l en el lance i
- x_{ij} : Peso del ejemplar j en el lance i
- n : Número de lances muestreados
- m_i : Número de ejemplares examinados en el lance i
- l_i : Número de hembras examinadas en el lance i

La varianza de la proporción sexual en peso es:

$$\hat{v}(\hat{R}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\hat{R}_i - \hat{R})^2}{(\sum_{i=1}^n m_i / n)^2 n / (n-1)}$$



4.3.5 Objetivo específico 3.5

"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):

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

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).
- 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:

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



4.3.6 Objetivo específico 3.6

“Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores”

Análisis de las variables oceanográficas

Para la obtención de la información oceanográfica se utilizó un CTD. Los datos del CTD se procesaron con la metodología estándar recomendada por el fabricante, revisando en forma adicional los perfiles individuales y determinando que no existieran inversiones de densidad en los datos. Cuando esto ocurrió se interpoló la información de salinidad y se reprocesó para la obtención de la densidad.

Para la revisión de los datos de temperatura y salinidad del CTD, obtenidos durante el crucero, se realizó una intercalibración de los dos equipos CTD utilizados con el CTD Neil Brown modelo MK3B del B/I “Abate Molina”. Con este procedimiento se determinó que la temperatura no observaba corrimiento en ninguno de los dos equipos operados en el crucero. Para la revisión de la variable salinidad se tomó en forma adicional muestras de agua para análisis en laboratorio, el que se llevó a cabo en el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada con un instrumento marca AUTOSAL. La salinidad del CTD SBE 2249 presentó un corrimiento respecto de los datos del CTD Neil Brown y del análisis de laboratorio en $-0,06$ psu, por lo que se reprocesaron los datos antes de graficar.

Para el análisis descriptivo de las condiciones oceanográficas durante el período de estudio se construyeron cartas superficiales de temperatura y salinidad y su respectiva anomalía respecto de promedios históricos (IFOP, 1996) y cartas del nivel



de 50 m para estas mismas variables y su diferencia con el nivel superficial. Para el análisis en la vertical se graficó la distribución de temperatura y salinidad hasta 100 m a lo largo de las transectas 1, 13, 26, 35 y 46 (**Fig. 1**).

Análisis integrado de la distribución espacial de huevos asociada a condiciones oceanográficas

Para el estudio integrado de las variables se efectuó un análisis espacial de la distribución y abundancia de los huevos de anchoveta y de las variables oceanográficas asociadas. Para ello se utilizaron los archivos de la base de datos correspondientes a los cruceros en que se aplicó el MPH (1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001 y 2002). Dicha información considera los siguientes registros: fecha, latitud y longitud de las recolecciones de huevos de anchoveta y su correspondiente valor de densidad (referido a ind/0,05m²), temperatura y salinidad superficial y a los 10 m de profundidad provenientes de las estaciones bio-oceanográficas.

A partir de la información validada, se generaron archivos vectoriales compatibles con los SIG IDRISI (Eastman, 1995) y TNTmips (Microimages, 1997). Para realizar una descripción espacial y temporal de las variables planctónicas y oceanográficas se generaron cartografías para cada variable.

La confección de mapas implicó efectuar previamente la georreferenciación de la costa, la que se obtuvo desde las cartas náuticas electrónicas (CNE) del SHOA, mediante la técnica de Control de Puntos (Buttler *et al.*, 1990). Luego se confeccionaron los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplaron la georreferencia con sus respectivos datos. Posteriormente cada variable fue interpolada a través del método de Kriging mediante módulos del software Surfer 7.



Con el propósito de relacionar y superponer las distintas imágenes es necesario que los mapas se encuentren en una idéntica escala espacial, de este modo las cartografías poseen una misma resolución y cobertura geográfica. Lo anterior significó generar imágenes en rasters que tuvieran similar cantidad de filas y columnas, a través del módulo RESAMPLE del SIG.

Para facilitar el análisis visual de las imágenes, éstas fueron reclasificadas en clases de valores, las cuales se asociaron a diferentes colores. Para ello se utilizaron dos módulos: a) módulo RASTER HISTO, que permitió conocer y analizar la distribución de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas, y b) módulo REPLACE, que permitió reclasificar los valores de las celdas de una imagen.

Con los SIG mencionados y para detectar la posible asociación entre la distribución de los huevos de anchoveta y variables oceanográficas, se emplearon los siguientes enfoques:

a) Análisis cartográfico entre la distribución de los recursos 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; posteriormente, se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de los huevos con respecto a la temperatura y salinidad. Con esto se determinaron rangos óptimos de preferencia en relación a dichas variables.



b) Relaciones entre la distribución de los recursos y las variables oceanográficas

Se efectuó un análisis a través de modelos de regresión. Para ello, de cada uno de los pixeles se calculó la densidad de los huevos de anchoveta, temperatura y salinidad. Además, se estimaron los diferenciales de temperatura y salinidad mediante los comandos del SIG. La prueba de la hipótesis se realizó mediante modelos de regresión múltiple “paso a paso” (stepwise), en este análisis se utilizó el programa estadístico S-PLUS. Cabe señalar que dicha metodología es similar a la propuesta por Power y May (1991) y Reddy *et al.*, (1995).

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

Para conocer la relación existente entre las variables oceanográficas y la distribución de los huevos de anchoveta, se ajustaron por separado modelos aditivos generalizados (GAM) a las variables conteo de huevos y la presencia/ausencia de huevos. Para el primer caso, en primera instancia se modeló la variable respuesta a través de una distribución de probabilidad Poisson, dada la naturaleza de ésta (conteo). Sin embargo, dada la presencia de sobre-dispersión, (verificada cuando la devianza es mucho mayor a los grados de libertad del modelo ajustado), se ajustó un modelo a través de quasi-verosimilitud, en el cual el parámetro de dispersión ϕ , no es fijo (Nelder, 2000). Dicho modelo será llamado Poisson con sobre-dispersión.

Por su parte, la variable presencia/ausencia, se modeló a través de una distribución de probabilidad binomial. Los predictores lineales en ambos modelos, estuvieron constituidos por las variables latitud y longitud de las estaciones bio-oceanográficas, junto a la temperatura y salinidad superficial, las cuales son introducidas a los modelos a través de funciones no-paramétricas suaves, de la forma de los



suavizadores splines cúbicos (Hastie y Tibshirani, 1990). Junto con estas variables, se introdujo el factor año, como un predictor lineal, el cual permite conocer la tendencia del índice anual de densidad de huevos (conteo), junto a la probabilidad media de éxito en las estaciones (presencia de huevos).



..... INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



5. RESULTADOS

Los resultados que a continuación se presentan dicen relación con el desarrollo de los cruceros de prospección, monitoreo reproductivo del recurso, distribución espacial de huevos, producción diaria de huevos, fracción diaria de hembras desovantes, fecundidad parcial y media poblacional, proporción sexual, peso promedio de hembra madura, biomasa del stock desovante y variables oceanográficas.

5.1 Cruceros de prospección

El crucero de prospección y muestreo de huevos de anchoveta se realizó a bordo del B/C “Carlos Porter”, durante el período comprendido entre el 23 de agosto y el 25 de septiembre de 2002 (**Figura 1**).

Los cruceros de prospección y muestreo de ejemplares adultos de anchoveta se realizaron preferentemente a bordo de cinco embarcaciones cerqueras entre el 21 de agosto y el 30 de septiembre de 2002, ambas fechas inclusive. Las naves autorizadas para tales efectos fueron las siguientes PAM: “Trueno I”, “Tornado”, “Intrépido”, “Pachica” y “Salmón” de la Empresa Pesquera CORPESCA, según Resoluciones de Pesca de Investigación de la Subsecretaría de Pesca números 1.762 del 19/8/2002; 1.800 del 26/8/2002 y 1.868 del 30/8/2002. Además, colaboraron en la recolección de anchoveta adulta los PAM: “Eperva 64”, “Corpesca I”, “Angamos II”, “Audaz”, “Patillo”, “Manuel Rojas”, “Eperva 66” y “Eperva 50” de la Empresa Pesquera CORPESCA, el PAM “Costa Grande IV” de la Empresa Pesquera CAMANCHACA y la embarcación artesanal “Valencia”.

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



5.2 Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio del crucero

El desarrollo del crucero se basó en el análisis del proceso reproductivo 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 índice gonadosomático) y microscópicas (índice de actividad de desove).

El muestreo se realizó en los principales puertos de la I y II Regiones durante el año 2002, considerando la información biológica de la anchoveta, destacándose los datos de longitud, peso, sexo y estadios de madurez. El seguimiento del IGS en el año 2002, indicó un período de reposo relativo de febrero a mayo, intensificándose la actividad reproductiva en julio, con un desove importante en agosto-septiembre (**Figuras 2 y 4**).

El análisis microscópico señaló un repunte de la actividad reproductiva en las dos primeras semanas de junio. Sin embargo, esta tendencia en alza comenzó a decaer en las semanas siguientes, condición inusual que continuó bajando hasta la última semana de julio. Este retroceso de la actividad reproductiva estuvo asociado además a la presencia de ovarios con atresia. Este comportamiento se catalogó como un retraso en el inicio del desove de la anchoveta respecto a lo visualizado en años anteriores.

A partir de la primera semana de agosto la anchoveta comienza su máxima actividad de desove, evidenciándose el pleno desove a partir de la segunda semana de agosto, corroborado por los ovocitos vitelogénicos, hidratados y folículos postovulatorios, cuyo proceso se extendió hasta la segunda semana de octubre (**Tabla 5; Figuras 3 y 5**).



5.3 Distribución y abundancia de huevos de anchoveta, año 2002

El procesamiento y análisis de las 588 muestras recolectadas durante el crucero, permitió determinar la presencia de 309 registros positivos con huevos de anchoveta, en los cuales se colectaron 18.231 huevos, lo que representó una frecuencia porcentual de 53% (**Tablas 6 y 7; Figura 6**).

La distribución espacial de los huevos indicó que el desove presentó un amplio rango latitudinal y longitudinal, el cual se extendió entre Arica (18° 20' S) y norte de Taltal (25° 10' S). Entre los 25° 20' S (frente a Taltal) y 26° 03' S (límite sur de la II Región) no hubo presencia de registros positivos con huevos de anchoveta. En general, esta distribución sugiere un desove homogéneo en la mayor parte del área de desove.

Los principales focos de abundancia se ubicaron: a) entre Iquique (20° 10' S) y sur de Antofagasta (24° 10' S), b) entre Arica (18° 20' S) y Pisagua (19° 40' S) y c) norte de Taltal (24° 50' S) y Taltal (25° 10' S) (**Figura 7**).

5.4 Crucero de adultos

a) Número de lances en muestreo de adultos

De acuerdo al diseño de muestreo, se efectuaron 88 lances en total, de los cuales 60 fueron efectivos (**Tabla 8, Figura 8**). Al respecto, es importante mencionar, que en las anteriores aplicaciones 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) y en Perú 40 lances (Ayón, P. y B. Buitrón, 1997).



La posición de cada lance, en el curso del crucero, se efectuó de acuerdo a la distribución espacial de los cardúmenes y condiciones meteorológicas.

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

b) Número de anchovetas muestreadas en cada lance

Se muestrearon 30 hembras en cada lance (Picquelle y Stauffer, 1985; Rojas y Oliva, 1993, Oliva *et al.*, *op. cit.*), las que se analizaron histológicamente de acuerdo a lo propuesto por Rojas y Oliva (1993), con el fin de registrar la incidencia de folículos postovulatorios para la determinación de la frecuencia de desove.

En aquellos lances con presencia de hembras hidratadas se recolectaron como mínimo 30 anchovetas en esa condición. Durante el crucero se mantuvo una constante coordinación entre el muestreo de adultos y muestreo de ictioplancton.

c) Distribución espacial de anchoveta

Al inicio del crucero se observó baja presencia de anchoveta entre Arica y Tocopilla, la que fue aumentando en la medida que fue avanzando el crucero. Entre Tocopilla y el límite sur de la II Región prácticamente no se detectaron cardúmenes de anchoveta.

Las agregaciones de anchoveta se detectaron, principalmente, en los siguientes sectores: Mejillones del Norte a Tocopilla ($19^{\circ} 50' - 21^{\circ} 50' S$) y áreas lindantes al puerto de Arica ($18^{\circ}20'S - 18^{\circ}40' S$) (**Figura 8**).



En términos generales, la anchoveta se distribuyó en áreas circunscritas a las primeras 40 mn, presentándose algunos lances en zonas más oceánicas.

d) Capturas en los lances de pesca

Las capturas registradas en los distintos lances con pesca durante el crucero alcanzaron a 2.930 toneladas. Las embarcaciones prospectaron hasta las 110 mn.

e) Distribución de tamaños de ejemplares de anchoveta

Durante el crucero se midieron 13.982 anchovetas, cuya amplitud de tamaño fluctuó entre los 13,0 y 17,0 cm de longitud total, con una moda centrada en los 14,5 cm (28%) (**Figura 9**).

Del total de anchovetas medidas 6.712 correspondieron a machos con longitudes que oscilaron de 13,0 a 16,5 cm de longitud total, con una moda en los 14,0 cm, mientras que las hembras presentaron una moda en los 14,5 cm y un rango de tamaño de 13,0 a 17,0 cm de longitud total.



5.5 Resultados por objetivo específico

5.5.1 Objetivo específico 3.1

"Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos"

Producción diaria de huevos

El número de huevos por estadio de desarrollo, indicó una mayor representación en los estadios III, IV y V, observándose una disminución paulatina a partir del estadio V. Respecto del número de huevos, una vez asignadas las edades, se puede observar la disminución de los ejemplares a partir del primer día de edad.

Los resultados del ajuste no lineal del modelo de decaimiento exponencial indican un P_0 de 25,3 huevos/0,05m²/día con un error estándar de 3,22. A partir de dicho ajuste se obtuvo una tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos de 0,49 día⁻¹, con un error estándar de 0,11.

5.5.2 Objetivo específico 3.2

"Estimar la proporción de estadios de madurez microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada".

- **Muestreo**

Se analizaron 1.800 hembras, correspondientes a 60 lances provenientes de la Pesca de Investigación realizada entre el 21 de agosto y el 30 de septiembre del año 2002. De cada lance se recolectaron 30 especímenes.



- **Proporción de estadios de madurez microscópico**

El análisis histológico de los ovarios recolectados entre el 21 de agosto y el 30 de septiembre de 2002 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 (**Figuras 2 a 5**).

- **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.

El porcentaje de hembras de día 1 de edad varió de 0 a 47% y el de día 2 fluctuó de 0 a 46%. Los datos de hembras con folículos postovulatorios de día 1 y día 2 fueron combinados por su independencia entre sí, entregando una fracción del desove de 13,7%, con una varianza de 0,00009 y un coeficiente de variación de 0,06872. Esto indicó que durante el tiempo de la exploración el 13,7% de las hembras maduras desovaron cada día o que cada hembra madura desovó, en promedio, cada 7,3 días.



5.5.3 Objetivo específico 3.3

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 estimación de la fecundidad parcial de anchoveta se realizó sobre la base del recuento de ovarios clasificados histológicamente como hidratados, sin presencia de folículos postovulatorios. Se colectaron 140 hembras que estaban hidratadas según la observación macroscópica, de las cuales 71 hembras, según el análisis histológico fueron descartadas por presencia de folículos postovulatorios recientes, contando en definitiva con 69 hembras para el análisis de fecundidad parcial.

Otro aspecto a considerar en los resultados de fecundidad parcial, es la presencia de anchovetas de bajo tamaño durante el crucero, respecto de otros años. Esto implica que la regresión no cubrió todo el rango de tamaños y se centró en un intervalo reducido de longitudes, repercutiendo en una mayor incertidumbre en los parámetros de la regresión y una baja en la correlación. Este hecho no es producto de un muestreo sesgado de las tallas grandes, sino que es reflejo del estado de la población, como queda evidenciado también en el peso promedio de hembra madura.

El ajuste de la fecundidad parcial en función del peso corporal, para las 69 hembras que efectivamente clasificaron microscópicamente como hidratadas, y que fueron analizadas por diferentes modelos, se entrega en la **tabla 9**. Se utilizó el modelo de tipo lineal para los cálculos de fecundidad media poblacional (**Figs. 10 y 11**). El modelo de tipo lineal es preferible debido a (Hunter *et al.* (1985): 1) Explica mejor la variación que los curvilíneos; 2) sus coeficientes de regresión tienen significado biológico; 3) para la estimación de producción de huevos, la fecundidad de los ejemplares en los extremos (grandes y pequeños) no es tan crítica como en la de los rangos medios, los que son bien explicados por el modelo lineal simple.



La fecundidad parcial promedio correspondiente a los 60 lances efectivos varió de 15.537 a 17.378 ovocitos por hembra. La fecundidad media poblacional fue de 16.521 ovocitos, con una varianza de 71.453 y un coeficiente de variación de 0,0162.

5.5.4 Objetivo específico 3.4

"Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas".

- **Proporción sexual en peso de hembras maduras**

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó una amplitud entre 0,27 y 0,76 (**Tabla 10**), con un promedio de 0,51, cuya varianza fue de 0,00025 y el coeficiente de variación fue de 0,0309.

- **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.

El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas en 60 lances, fluctuó de 17,1 a 24,7 gramos (**Tabla 10**). El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 21 gramos, con una varianza de 0,0419 y un coeficiente de variación de 0,0096.



5.5.5 Objetivo específico 3.5

"Estimar la biomasa del stock desovante de la anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos"

La biomasa del stock desovante de la anchoveta existente en la I y II Regiones, durante el período de máxima actividad reproductiva (agosto-septiembre del año 2002), a través del criterio de interpolación o funcional fue estimada en 757.308 toneladas, con una varianza de $1,494 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,16.

Por el criterio de límite inferior o estructural la biomasa se estimó en 567.175 toneladas, con una varianza de $1,361 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,21 (**Tabla 11**).

5.5.6 Objetivo específico 3.6

"Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores"

Condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos, año 2002

Distribución de la temperatura superficial

La temperatura superficial en el área de estudio (**Figura 12a**) presentó un claro gradiente latitudinal con los mayores valores en la mitad norte de la zona, disminuyendo gradualmente desde el norte hacia el sur. En sentido longitudinal las menores temperaturas se ubicaron hacia la costa, originando gradientes térmicos en sentido este - oeste entre las localidades de Arica y Mejillones. El rango de temperatura superficial fluctuó entre $13,65^{\circ}$ y $18,10^{\circ}\text{C}$, con un mínimo térmico ubicado en la estación 104 localizada a 1 mn en los 25°S , mientras que el máximo



se registró en la estación 517 a 30 mn frente a Pisagua ($19^{\circ}30'S$). El gradiente de temperaturas del sector oceánico, en general, estuvo cercano también al gradiente total con valores comprendidos entre 14° y $18^{\circ}C$. La condición de temperatura se encuentra dentro de los rangos normales para la zona y época del año.

Durante el período de invierno se presentaron los menores gradientes superficiales del año, dado que en la superficie del sector oceánico se localizaron las menores temperaturas superficiales en comparación a lo que se observó en la época estival. El gradiente de temperatura latitudinal, norte - sur, es explicado por la menor presencia de agua subtropical (AST) hacia latitudes más altas. Sin embargo, este gradiente es incrementado también por los procesos de mezcla superficial que ocurren con mayor intensidad hacia la mitad sur de la zona de estudio.

Anomalía de temperatura

La anomalía de temperatura superficial (**Figura 12b**) obtenida de los promedios históricos tuvo un rango de $-2,5^{\circ}$ a $1,9^{\circ}C$. El primer valor se registró en la estación 510 a 1 mn de la costa ($19^{\circ}20'S$) y el máximo en la estación 207 a 5 mn ($23^{\circ}30'S$). En general los valores para la zona están dentro de $\pm 1^{\circ}C$ de anomalía, lo que se puede considerar como dentro de la variación normal, ya que a este nivel la temperatura es variable y está fuertemente influenciada por el régimen de vientos, el que produce estratificación de las aguas y origina anomalías positivas cuando se está con calmas o vientos débiles; produciendo anomalías negativas cuando el viento es de intensidad suficiente como para mezclar parte de la columna de agua, disminuyendo por lo tanto la temperatura de superficie. En este sentido se observó que la parte sur oeste de la zona tuvo anomalías negativas que superaron $1^{\circ}C$, lo que es atribuible a la presencia de vientos de mayor intensidad que se registraron por varios días durante el trabajo de muestreo en esa área. En la franja costera



predominan las anomalías de tipo negativas, con magnitudes que superan 1°C , en el sector de Caleta Camarones y Pta. Grande, producto de una surgencia costera más intensa que provoca entonces menores temperaturas costeras. Sólo el sector costero de Antofagasta y al sur de la península de Mejillones exhibe valores de anomalía positivas mayores a $+1^{\circ}\text{C}$.

Profundidad de la isoterma de 15°C

La profundidad de la isoterma de 15°C , representativa de la base de la termoclina local (**Fig. 13a**) se graficó desde la estación 138 (latitud $24^{\circ}10'S$) en adelante, ya que en la columna de agua de las primeras 137 estaciones se registró en muy pocas ocasiones el valor de temperatura de 15°C , sin permitir realizar un gráfico de la variable en forma adecuada en el sector sur comprendido entre los 26°S y Punta Tres Picos ($24^{\circ}20'S$).

La profundidad de la isoterma de 15°C presentó un valor máximo de 65 m en las estaciones 172, 215 y 217, las tres localizadas en el sector oceánico frente a Antofagasta y Península de Mejillones. En general, y como es habitual en condiciones normales, las menores profundidades de la isoterma se registraron en el sector costero con valores entre 10 y 20 m, aumentando gradualmente hacia el sector oceánico. El área oceánica por sobre las 40 mn entre Cta. Patillos y Pta. Amarilla registró en general las mayores profundidades de esta isoterma, las que superaron los 40 m, mientras que el sector intermedio con mayores profundidades, también con más de 40 m, estuvo entre las localidades de Pta. Grande ($22^{\circ}30'S$) y Antofagasta. Desde Tocopilla al norte las profundidades que predominaron en el sector oceánico fueron de 20 a 30 m.



La anomalía de profundidad de la isoterma de 15°C (**Fig. 13b**) estuvo en el rango de – 47 a +33 m, valores que si bien son significativos en ambos sentidos estas responden a condiciones locales de viento y no a otros procesos como un calentamiento anómalo, por ejemplo, derivado del evento El Niño 2002-2003 que se desarrolla en el Pacífico Ecuatorial Central. La zona de estudio en general se caracteriza por presentar tres sectores definidos. El primer sector, ubicado entre Arica e Iquique, registra anomalías negativas, es decir con la ubicación de la isoterma de 15°C más arriba que la profundidad promedio. La falta de vientos intensos en este caso produce una estratificación de la columna de agua y por lo tanto la falta o escasa mezcla hace que la isoterma de 15°C sea más somera. El segundo sector, comprendido por las localidades de Iquique y Mejillones presenta una anomalía de profundidad dentro de los rangos considerados normales para la época y zona con valores entre ± 10 m. Finalmente el sector desde Mejillones a Pta Amarilla se caracterizó por presentar anomalías negativas de esta variable las que son originadas por procesos de mezcla de la columna de agua.

Temperatura a 50 m de profundidad

La temperatura a este nivel (**Figura 14a**) tuvo un rango de variación de 12° a 15,9°C. El máximo valor se ubicó en las 30 mn de la costa frente a Pta Hornos (23°S), estación 240, y el mínimo en la estación 144 a 60 mn de la costa frente a Pta. Amarilla (24°10'S). En la mitad norte de la zona predominaron los valores entre 13° y 14°C, en cambio hacia la mitad sur los valores de temperatura aumentaron levemente, encontrándose amplios sectores oceánicos con temperaturas mayores a 14°C y otras áreas de menor tamaño con temperatura entre 15° y 15,9°C. En la franja costera de las primeras 5 mn predominaron los valores de 12° a 13°C, lo que es concordante con los procesos de surgencia costera y que también se refleja en los valores de temperatura superficial. La existencia de mayores valores de



temperatura al nivel de 50 m en la mitad sur de la zona, contrario a lo que sucede con la distribución de temperatura superficial, es consecuencia de los procesos de mezcla más intensos en esta área que bajan la temperatura superficial, pero que también elevan la temperatura hacia los niveles inferiores afectados por la mezcla.

Diferencia de temperatura entre superficie y 50 m de profundidad

El rango de diferencia de temperatura entre superficie y el nivel de 50 m (**Figura 14b**) fue de $-0,3^{\circ}\text{C}$ a $4,6^{\circ}\text{C}$. La máxima diferencia se ubicó en la estación 583 a 25 mn de Pta. Grande ($20^{\circ}20'S$) y el mínimo en la estación 246 a 60 mn frente a Pta Hornos ($23^{\circ}S$). Las máximas diferencias ($> 3^{\circ}\text{C}$) se encuentran en el sector oceánico por sobre las 10 mn en la mitad norte de la zona alcanzando hasta la localidad de Mejillones. Al sur de esta localidad las diferencias disminuyen gradualmente predominando entre Antofagasta y el límite sur de la zona. Los valores de 0° a 2°C . Tal como se indicó anteriormente, las menores diferencias térmicas se deben a la menor presencia hacia el sur de la masa de agua AST y a la mayor mezcla (más profunda) de la columna de agua, que en algunas estaciones del sector superó los 40 m. Los valores de diferencia negativa, que sólo se presentaron para dos estaciones, se debe a inversiones térmicas habituales en la zona norte, las que en estos dos casos se ubicaron inmediatamente por debajo de la zona de mezcla, coincidiendo con el nivel de 50 m.

Temperatura en la vertical

La temperatura en la vertical de las transectas: 1 ($26^{\circ}00'S$), 13 ($24^{\circ}00'S$), 26 ($21^{\circ}50'S$), 35 ($18^{\circ}25'00'S$) y 46 ($20^{\circ}20'S$) (**Fig. 15**), se presentó en un sentido de sur a norte. Se observó que gradualmente la temperatura superficial y la subsuperficial se incrementó hacia el norte. El sector costero estuvo afectado por procesos de surgencia, observándose en todos los sectores el ascenso de las isotermas desde una profundidad promedio de 50 m y desde las 30 mn de la costa. También se pudo



observar las diferentes estructuras térmicas, ya que en el sector sur, transecta 1, se visualizaron capas de mezcla más homogéneas en temperatura producto de la mezcla en las estaciones oceánicas, y hacia el norte, transectas 35 y 46, la columna de agua estuvo más estratificada principalmente en los primeros 25 m formando una termoclina de gradiente $0,2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ en promedio y que fue desde la costa hasta el sector oceánico. En las transectas de más al sur, 1 y 13, la termoclina no se observó claramente mientras que en la transecta 26 su formación sólo fue incipiente.

En el nivel de los 100 m la temperatura fue más homogénea, con valores cercanos a los 13°C , excepto en la transecta 1, en que los valores fluctuaron entre 11° y 12°C a lo largo de toda la sección.

Salinidad superficial

La salinidad superficial del mar (SSM) (**Fig. 16a**) presentó una estructura similar a la TSM, con los mayores valores en el extremo norte de la zona y los menores en el sur. El máximo de salinidad fue de 35,14 psu y se ubicó en la estación 470 a 55 mn de la costa a la cuadra de Arica. El mínimo de 34,40 psu se registró en la estación 18, a 40 mn de la costa. En la zona comprendida de Arica ($18^{\circ}20'\text{S}$) y Punta Chilena ($21^{\circ}30'\text{S}$) desde las 10 mn hacia el oeste se registraron valores superiores a 34,9 psu. Al sur de Antofagasta los valores de SSM fueron más homogéneos en toda el área con valores de 34,5 a 34,6 psu. Las menores salinidades al sur de Antofagasta se explican por una menor presencia de AST (agua de mayor salinidad relativa) y la mezcla que, como ya se indicó, disminuye los valores superficiales.



Anomalía de salinidad superficial

La anomalía de salinidad (**Fig. 16b**) tuvo un máximo negativo de $-0,27$ psu en la estación 143, a 60 mn de Pta Tres Picos ($24^{\circ}20'S$) y el máximo positivo de $0,11$ psu en la estación 207 a 5 mn de la punta sur de la Península de Mejillones. En general se observó un predominio de valores negativos de salinidad en la zona, sin embargo los valores de $0,1$ a $-0,1$ psu representaron una extensa área. Los valores negativos en la mitad sur que alcanzaron los $-0,2$ psu fueron consecuencia del enfriamiento superficial por mezcla mientras que en la parte norte, ésta se debió a una menor presencia relativa de AST, lo que sin embargo no es de importancia ya que está muy cerca del valor promedio y se debe a la variabilidad natural del sistema. En general se puede indicar una situación de normalidad en la zona, con tendencia a valores negativos por mezcla en la parte sur, sin presentarse una situación salina por presencia anómala de AST debido al fenómeno “El Niño” 2002, evento que se estuvo desarrollando durante el periodo de estudio en la región ecuatorial y que no mostró consecuencias oceanográficas evidentes en la zona norte de Chile.

Salinidad a 50 m de profundidad

La salinidad a 50 m de profundidad (**Fig. 17a**) tuvo un mínimo de $34,35$ psu en la estación 148 a 40 mn de Pta Amarilla ($24^{\circ}10'S$) y el máximo de $34,9$ psu en la estación 404 a 10 mn frente a Pta. Patache ($20^{\circ}50'S$). En general se observó una situación similar a la superficial con un área bastante homogénea en la mitad norte de la zona, con valores de $34,8$ a $34,9$ psu, mientras que hacia el sur los valores fueron variables entre $34,4$ a $34,7$ psu. La diferencia con el nivel superficial estuvo en que la parte norte no presentó gradientes horizontales en la costa en sentido este-oeste en este parámetro, tal como ocurrió en la temperatura.



Diferencia de salinidad entre superficie y 50 m de profundidad

La diferencia de salinidad entre la superficie y los 50 m de profundidad (**Fig. 17b**) tuvo un máximo de 0,47 psu, valor que se registró en la estación 470, a 55 mn de la costa ($18^{\circ}50'S$) y el mínimo de 0,24 psu en la estación 158, a 5 mn de Pta Amarilla ($24^{\circ}00'S$). Los mayores valores de diferencia de salinidad entre ambos niveles, se observaron en la mitad norte de la zona debido a las altas salinidades relativas en superficie, encontrándose valores mayores a +0,1 y 0,2 psu en el área oceánica entre Arica y Antofagasta. De Antofagasta al sur se registraron las menores diferencias, debido principalmente a la mezcla vertical, con valores entre 0 y 0,1 psu. Toda la zona costera mostró diferencias negativas debido al levantamiento de las isohalinas por el ascenso de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en ese sector debido a los procesos de surgencia habituales en la zona, lo que produjo mayores salinidades en el nivel de 50 m en comparación al sector oceánico y a la superficie.

Salinidad en la vertical

La salinidad vertical (**Fig. 18**), para las transectas indicadas anteriormente en la sección de temperatura, presentaron variadas estructuras de salinidad producto de la participación de cuerpos de agua de características distintas. En general se observó en todas las transectas el ascenso de las isohalinas por surgencia entregando mayor salinidad subsuperficial a la zona costera. En la transecta 1 se detectó la presencia de AESS, de alta salinidad en comparación a la ASAA en la costa, pero con salinidades que no superaron los 34,8 psu, dominando principalmente las aguas de tipo ASAA (mínima salinidad relativa) en la capa superficial, con valores entre 34,2 y 34,6 psu. En la transecta 13 se registró el núcleo de AESS más salino, el que aumentó a salinidades de 34,8 psu, cercano a la costa en las primeras 15 mn. La salinidad en superficie también ha aumentado y la ASAA ha comenzado a formar un núcleo



subsuperficial por sobre las 40 mn. Hacia la transecta 26 la AESS, ha cubierto un área mayor desplazando notoriamente el núcleo de ASAA hacia el sector oceánico, sin embargo un núcleo de ASAA ha penetrado hasta las 20 mn centrado en los 50 m de profundidad. Hacia la transecta 35 es notoria la mayor participación de AST en superficie, con valores mayores a 35 psu, y las mayores salinidades de la AESS a nivel subsuperficial producen la formación de un núcleo de baja salinidad entre ambas masas y a lo largo de toda la transecta, centrado en los 30 m de profundidad. En la transecta 46, extremo norte de la zona, tanto la AST como la AESS se encuentran con los valores máximos registrados para cada una de las masas de agua, ambas con salinidades superiores a 34,9 psu. A lo largo de toda la transecta, el núcleo de ASAA se presentó muy debilitado con escasa participación y preferentemente mezclado con las masas que lo limitan, alcanzando salinidades menores a 34,9 y presentando además un pequeño núcleo de salinidad menor a 34,8 psu ubicado en el sector costero de las primeras 20 mn.

Análisis integrado de la distribución espacial de huevos asociada a las condiciones oceanográficas

Para el análisis de las relaciones entre las variables oceanográficas y la distribución espacial de los huevos, se utilizaron las bases de datos de los 8 estudios de evaluación del stock desovante de anchoveta estimada a través del MPH y que se han realizado en la zona norte de Chile.

Análisis descriptivo y distribución espacio-temporal de los huevos de anchoveta respecto a la temperatura y salinidad

En la **tabla 12** se presenta un resumen de estadísticas descriptivas de las principales variables monitoreadas por los distintos proyectos ejecutados en el período 1992-2002. Las variables latitud y longitud de la estación se encuentran



presentes para las 4.874 estaciones realizadas en los 8 años de estudio, al igual que el número total de huevos por estación y por consiguiente la presencia o ausencia de huevos.

Respecto de la cobertura latitudinal de los estudios, de 1992 a 1996 se observa una extensión progresiva, partiendo en 1992 con 330 mn hasta llegar a las 450 mn en 1996, manteniéndose similar extensión latitudinal hasta el año 2002. Esta zona corresponde al área entre límite norte del país y los 26° de latitud sur. Además, el número de estaciones realizadas tuvo un incremento de un 47% desde el año 1992, cuando se realizaron 542 estaciones, hasta 1997, año en que se monitorearon 800 estaciones. A partir de este último se han realizado entre 502 y 598 estaciones por año (**Tabla 12; Fig. 19**).

La posición longitudinal presenta algunas variaciones, asociadas al diseño de muestreo del estudio, (largo de las transectas, distancia entre estaciones al interior de una transecta). Los cambios que se presentan son básicamente la presencia de transectas largas en algunos años, con el objetivo de cubrir correctamente el área de desove del recurso y transectas cortas en la zona cercana a la desembocadura del Río Loa, donde las estaciones se encuentran más cercanas entre sí, y se espera mayor densidad de huevos (**Tabla 12; Fig. 19**).

Las distribuciones espaciales de las variables se presentan en las **figuras 20, 21, 22 y 23**. En el año 1992, la distribución de los huevos de anchoveta tuvo una gran cobertura espacial encontrándose presentes a lo largo de toda la costa en las primeras 10 mn (**Fig. 20**). Se destacaron tres focos principales: el primero se localizó frente a Arica y se extendió incluso hasta el oeste de los 71°W, este foco es el que presentó las mayores densidades; el segundo foco cubrió desde los 19°30'S hasta Iquique a una distancia de 15 mn de la costa; finalmente la existencia de otro foco ubicado entre Mejillones y Antofagasta que tuvo una escasa cobertura espacial. Con respecto a la temperatura, se pudo apreciar que predominaron las aguas de 16-17°C, observándose que el foco



localizado en Arica se encontró dentro de una masa costera de aguas de 15°C; asimismo se apreció que el segundo foco se ubicó al lado costero del gradiente térmico formado por las aguas de 16 y 17°C (**Figs. 21 y 22**) y por el gradiente salino constituido por aguas de 34,9 y 35,0 psu. En cuanto a la salinidad superficial, ésta se distribuyó entre los 34,6 y 35,3 psu, lo que fue alto para el “normal” de la zona (**Fig. 23**).

En 1995, la cobertura de los huevos difiere respecto de 1992, la distribución de ese año estuvo centrada mayoritariamente al sur de los 21°S, sin detectarse grandes focos al norte de esa latitud; ese año se observaron tres focos principales: el primero ubicado en las proximidades de Tocopilla el que se destacó por la gran abundancia que presentó; el segundo, se registró al frente del mismo puerto a una distancia de 60-80 mn y finalmente un núcleo localizado en la latitud 24° 20'S y en la longitud 71°W. Respecto a la TSM, se observó que predominaron aguas de 14° a 17°C. La salinidad, en tanto, disminuyó respecto de 1992 y se ubicó en el rango 34,3 - 35,1 psu.

Durante 1996, los huevos de anchoveta disminuyeron notablemente su extensión geográfica y se encontraron alejados de la costa, incluso el único foco importante en la zona costera se localizó en las proximidades de Mejillones; ese año se produjo una gran concentración frente a Iquique a una distancia de 40-50 mn de la costa. Al sur de Antofagasta no hubo registros de esta variable. En cuanto a la temperatura se observó que predominaron aguas de 15° a 16°C. El foco principal estuvo asociado al borde interno del frente térmico que conforman las aguas de 16° a 17°C y también está relacionado a la discontinuidad salina producida por las salinidades de 34,8 a 34,9 psu. En cuanto a la salinidad, ésta se mantuvo en niveles parecidos al año 1995 y se localizó en el rango de 34,4 a 35,0 psu.

En 1997, los huevos variaron su comportamiento espacial respecto a los años anteriores, dicha distribución estuvo desplazada hacia el sur, debido a los efectos del fenómeno “El Niño”, no obstante lo anterior, se volvieron a detectar tres núcleos principales: el primero se localizó frente a Arica, con una escasa extensión geográfica y



aledaño a la costa; el segundo, al igual que el año anterior se ubicó frente a los 21°S a una distancia de 40 a 50 mn de la costa, destacándose que ese año vuelve a convertirse en el más importante; por último el otro núcleo se ubicó entre Mejillones y Antofagasta. La temperatura aumentó considerablemente debido al fenómeno “El Niño”. Es importante señalar, que el núcleo de mayor densidad de huevos estuvo relacionado con el borde costero de las aguas de 18° a 19°C (**Fig. 22**) De igual manera que la temperatura, la salinidad experimentó un incremento importante, incluso superando los 35,3 psu en el sector norte de la zona de estudio.

Durante 1999, la cobertura geográfica de los huevos de anchoveta disminuyó significativamente, siendo la menor de los años analizados. Sin embargo, se detectaron grandes densidades de huevos, un primer sector se extendió desde los 20° 30'S hasta Tocopilla y fue un núcleo netamente costero que no sobrepasó las 5 mn de la costa; el segundo se ubicó a unas 50 mn frente a Tocopilla y tuvo una regular cobertura espacial, finalmente el tercero se emplazó entre Mejillones y Antofagasta y se caracterizó por una altísima densidad de huevos y por su cobertura netamente costera. Respecto a la relación con la temperatura, se observó que el primer núcleo se encontró en aguas surgentes en tanto que el último y más importante, estuvo asociado a una masa de agua fría de temperaturas de 13° a 14°C (**Fig. 22**). La salinidad adquirió niveles similares al año 1992, especialmente al norte de Tocopilla con valores que alcanzaron los 35,3 psu.

En el año 2000, la distribución espacial de los huevos de anchoveta se incrementó notablemente, no obstante que no se apreciaron núcleos de alta densidad de huevos a excepción de la zona cercana a Tocopilla (**Figs. 20 y 22**), donde se observó un gran frente térmico formado por aguas de 16° a 17°C, destacándose que en sus bordes externos se localizaron altas densidades de huevos. Además, al igual que en 1996, los focos de huevos de anchoveta estuvieron relacionados con el gradiente salino de 34,8 a 34,9 psu. Con respecto a la temperatura, se advirtió que fueron similares al año anterior, no obstante se observó una leve disminución de éstas en el sector norte del



área de estudio. La salinidad se mantuvo en niveles parecidos al año 1995 y se localizó en el estrato de 34,4 a 35,0 psu.

Durante el 2001, la repartición geográfica de los huevos de la especie presentó una disminución y alcanzó una notable semejanza con 1999. Ambos años fueron los que tuvieron la menor cobertura geográfica del período analizado. Sin embargo, se detectaron núcleos que registraron una gran densidad de huevos, el primero estuvo localizado frente al puerto de Arica y presentó una gran extensión longitudinal; el segundo sector se extendió desde los 20° 30'S hasta Tocopilla y fue un núcleo claramente costero y que tuvo una gran densidad de huevos; por último, el tercer centro se ubicó frente a Antofagasta y se caracterizó por una gran concentración de huevos, con una superficie muy costera que no sobrepasó las 5 mn de la costa. En cuanto a su asociación con la temperatura, se apreció que los dos núcleos más importantes estuvieron vinculados a una masa de agua surgente que registró temperaturas entre 13° y 14°C. Respecto a la salinidad, ésta presentó valores similares a 1999, especialmente desde Iquique al sur (**Figs. 20 a 23**).

En el 2002 la distribución espacial de huevos de anchoveta registró una cobertura geográfica similar al 2000, con gran cantidad de estaciones positivas. En ese año los huevos de anchoveta se observaron casi a lo largo de toda la costa desde Arica hasta Mejillones, al sur de esta localidad los huevos virtualmente desaparecieron, salvo contadas excepciones (**Fig. 20**). En el 2002 se destacaron tres focos principales: el primero se localizó al sur de Arica y se extendió incluso hasta el oeste de los 71°W, este foco se caracterizó por presentar densidades intermedias, el segundo núcleo se ubicó entre Iquique y el río Loa, con gran concentración de huevos y una distribución muy costera que no sobrepasó las 10 mn de la costa, el tercer sector se situó al oeste de Tocopilla y se distinguió por abarcar una gran área geográfica. Al relacionar la distribución de huevos con la temperatura, se destaca que las mayores concentraciones se localizaron en aguas de 16°-17°C y en los bordes de fuertes



diferenciales térmicos, destacándose que el foco más importante se encontró en el borde interno del frente, en tanto que los otros dos núcleos se ubicaron en las zonas oceánicas de los diferenciales térmicos. Con respecto a la salinidad, ésta se situó en el rango 34,4 y 35,15 psu, con un marcado gradiente latitudinal, en el cual las salinidades más relevantes se encontraron en el sector Arica-río Loa. Se destaca que los núcleos más abundantes de la especie se observaron en zonas de fuertes gradientes salinos (**Figs. 20 y 23**).

En términos generales, la temperatura superficial media estimada en la zona de estudio presentó sus máximos en los años 1992 y 1997, con 16,47 y 18,37°C, respectivamente, lo que se explica por la presencia de fenómenos “El Niño”. Respecto de la variabilidad de las mediciones de temperatura, se registraron las mayores variaciones los años 1995 y 1997, en tanto, durante 1996 y el 2000 se observó la mayor homogeneidad térmica (**Tabla 12; Fig. 24**).

Respecto de las salinidades superficiales, estas presentaron sus mayores oscilaciones en 1997 y 1999, con valores extremos de 34,54-35,32 y 34,42-35,18 psu, respectivamente. En la **figura 25**, se presenta el histograma de la salinidad, donde se puede observar la presencia de masas de agua de distintas salinidades en el área de estudio, las que se aprecian mejor delimitadas en los años 2000 y 2001.

Durante los distintos cruceros realizados, se han observado importantes variaciones en la proporción de estaciones positivas (con huevos) y en las densidades medias (número de huevos/0,05 m²). En este sentido, cabe destacar que para la estimación de las densidades medias de huevos por año, se utilizó un estimador de la media de una distribución delta Pennigton (1986), dada la naturaleza de la variable en estudio (distribución asimétrica y gran número de observaciones cero). Es así, como se puede observar una fuerte caída de las densidades entre 1992 y 1995, para posteriormente mantenerse las bajas densidades hasta el año 1999. Entre el año



2000 y 2002 se observan importantes oscilaciones, mostrando una alta variabilidad el índice estimado, registrando una recuperación el año 2000, una baja importante el 2001 y un notable aumento el 2002, llegando al máximo de la serie, superando al estimado de 1992 (**Fig. 26**).

En la **figura 26 a y b**, se presentan las densidades medias estimadas, junto a la temperatura y salinidad media estimada por año, destacándose una asociación entre las variables oceanográficas y la densidad de huevos. En efecto, para el caso de la temperatura, existe una importante asociación con la densidad de huevos, a excepción del año 1997, donde hay una fuerte divergencia entre ambas variables. Al excluir este año y estimar el coeficiente de correlación, se obtiene un $r = 0,73$, lo que indica una fuerte asociación lineal. Para la salinidad, también se presenta una importante concordancia en las tendencias, con excepción del año 1997, año sin el cual se obtiene un coeficiente de correlación de 0,62.

Así mismo, se estimó la proporción de estaciones positivas, modelando la variable presencia/ausencia a través de una distribución de probabilidad binomial. Además, se estimó la densidad media de las estaciones positivas, bajo el supuesto que éstas tienen una distribución log-normal (nótese que el producto de la proporción de estaciones positivas y la media log-normal, es proporcional a la media de la distribución delta). Ambas estimaciones por año, se presentan junto a las temperaturas y salinidades medias en las **figuras 26 c, c, e y f**. En general la tendencia en la proporción de estaciones positivas, sigue un comportamiento similar a la densidad media, con importantes oscilaciones en el período de estudio, con las máximas proporciones registradas los años 1992, 2000 y 2002, años en que las densidades medias fueron las más altas. Por su parte, las densidades en las estaciones positivas a huevos presentan un comportamiento similar a los parámetros



ya citados, con una notable diferencia en el año 1997, donde se presenta una alta densidad, en concordancia con la temperatura y salinidad superficial.

Relación entre el número de celdas con huevos y las variables ambientales

a) Relación entre el número de celdas con huevos y la temperatura

La relación entre el número de celdas con huevos de anchoveta y la temperatura a 10 metros de profundidad se muestra en la **figura 27**.

En 1992, si bien los huevos tuvieron una gran expansión geográfica, su distribución también presentó, en general, bajas densidades (**Fig. 20**). El foco que registró las mayores densidades cubrió desde los 19°30'S hasta Iquique a una distancia de 15 mn de la costa, en términos espaciales se pudo visualizar que los mayores focos se encontraron asociados a los bordes internos que formaron las aguas de 15 a 16°C, temperaturas donde se ubicaron la mayor cantidad de huevos de la especie (**Fig. 27**).

En tanto que en 1995 y 1996, los huevos tuvieron una menor cobertura geográfica pero con mayores concentraciones; es así como fue posible detectar núcleos muy densos de huevos, los que se localizaron entre Iquique y Tocopilla vinculados preferentemente a aguas de 14-16°C (**Fig. 27**), y a los bordes de los gradientes térmicos.

Durante 1997, hubo una notable entrada de aguas cálidas incluso con temperaturas que superaron los 20°C, debido a que en la zona estuvo presente el fenómeno “El Niño”, a su vez, los huevos mantuvieron su extensa cobertura geográfica centrándose mayoritariamente en temperaturas superiores a los 17°C.

En 1999 la zona volvió a presentar temperaturas “normales”, pero con una baja presencia de huevos implicando una escasa cobertura geográfica; no obstante se



apreciaron grandes densidades. Se destaca que los huevos de la especie se registraron entre los 13° y 17°C. Sin embargo, las más altas concentraciones se encontraron relacionadas con aguas de 14° a 15°C.

En el año 2000, la distribución espacial de los huevos de anchoveta se incrementó, pero no se registraron grandes densidades excepto en un área cerca de Tocopilla. En ese año, debido al notable predominio de las aguas entre 15° y 16°C se produjo una alta concentración de los huevos en esas temperaturas, aunque también se apreció un porcentaje importante de huevos en los 14°C.

Durante el 2001, nuevamente la cobertura geográfica de los huevos tuvo una gran contracción y en conjunto con 1999 fueron los de menor repartición espacial, a su vez se apreciaron altas concentraciones al norte de Tocopilla y al frente de Antofagasta. Ese año los huevos de anchoveta se registraron en temperaturas entre los 13 y los 17°C, con una leve preferencia por temperaturas entre 14° y 16°C (**Fig. 27**).

En el 2002, los huevos de anchoveta presentan un repunte importante en términos de repartición espacial, con respecto al año precedente, observándose tres núcleos principales que se caracterizaron por presentar altas concentraciones de huevos; en cuanto a su relación con la temperatura, se ubicaron en un rango de 13° a 18°C, con una clara preferencia por el rango 16°-17°C (**Fig. 27**).

b) Relación entre el número de celdas con huevos y la salinidad

En la **figura 28** se presenta la asociación entre el número de celdas con huevos de anchoveta y la salinidad.

En el año 1992, las salinidades registraron altos valores asociados al evento “El Niño”, incluso alcanzando los 35,5 psu al norte de Iquique (**Fig. 23**). La asociación



entre las variables muestra que los huevos se encontraron de 34,7 a 35,2 psu con una nítida predominancia de salinidades entre 34,8 y 35 psu. Dicho escenario varió totalmente en 1995 debido al drástico descenso de la salinidad, la cual no superó los 35 psu, situación por la cual los huevos de la especie tendieron a agruparse en un rango de salinidades más bajo, de 34,4 a 34,9 psu, con una preferencia por los 34,5 psu (**Fig. 28**).

Durante 1996 la salinidad decreció levemente y se distribuyó en el estrato de 34,4 a 34,9 psu, con un claro dominio de aguas de 34,6 a 34,8 psu, debido a lo anterior, los huevos se focalizaron mayoritariamente en los 34,7 psu. Se destaca que el foco más abundante (localizado frente a Iquique) estuvo relacionado con el diferencial salino formado por aguas de 34,7 a 34,8 psu.

En 1997 hubo una notable entrada de aguas cálidas ya que la zona de estudio fue influenciada por el evento “El Niño” implicando un significativo incremento de las temperaturas y de las salinidades, las cuales llegaron hasta los 35,4 psu en el sector noroeste de Iquique (**Fig. 23**); en ese año los huevos se distribuyeron en el rango 34,7-35,2 psu, no obstante se asociaron mayoritariamente a salinidades superiores a los 34,9 psu (**Fig. 28**).

Durante 1999, las variables ambientales volvieron a la normalidad y las salinidades registradas decayeron considerablemente y se ubicaron en el estrato 34,4-35,2 psu, a su vez, ese año la ocupación espacial de los huevos fue baja, no obstante la baja cantidad de huevos de la especie, éstos se concentraron entre los 34,7 y 34,8 psu, en zonas costeras que tuvieron marcados diferenciales salinos.

Durante el año 2000 las salinidades fueron “normales” y se situaron entre 34,2 y 34,9 psu, por su parte la repartición geográfica de los huevos se incrementó notablemente. En ese año los huevos se dispusieron en el rango 34,2-34,9 psu, con una nítida inclinación por los 34,8 y 34,9 psu. Cabe destacar, que las concentraciones más



significativas (en los alrededores de Tocopilla) se situaron en los bordes del gradiente salino formado por las aguas de 34,7 a 34,8 psu (**Figs. 23 y 28**).

En el 2001, las condiciones en la costa chilena se presentaron en una condición “normal”, lo que fue corroborado por el seguimiento que realizó el SHOA que mencionó que específicamente en septiembre de 2001 se observó una tendencia generalizada hacia condiciones “normales” a lo largo de la costa de Chile (BAC 132). Las salinidades alcanzaron valores que fluctuaron entre los 34,1 y 35,1 psu. Sin embargo, los huevos de la especie tuvieron una marcada preferencia por el rango 34,6-34,8 psu.

En el año 2002 las salinidades se localizaron entre los 34,4 y los 35,15 psu con un fuerte diferencial norte-sur, este rango de salinidades es el más alto desde el año 2000 en adelante. La relación entre los pixeles con presencia de huevos y la salinidad, indicó que el recurso se distribuyó en el rango 34,4-35,2 psu, con una nítida predilección por el estrato 34,7-34,9 psu, lo que es concordante con lo acontecido en años anteriores (**Fig. 28**).

Modelamiento estadístico

Para conocer la relación existente entre las variables oceanográficas y la distribución de los huevos de anchoveta, se ajustaron modelos aditivos generalizados (GAM), a las variables conteo de huevos y la presencia/ausencia de huevos, por separado. Para el primer caso, en primera instancia se modeló la variable respuesta a través de una distribución de probabilidad Poisson, dada la naturaleza de ésta (conteo). Sin embargo, dada la presencia de sobre-dispersión, (verificada cuando la devianza es mucho mayor a los grados de libertad del modelo ajustado), se ajustó un modelo a través de quasi-verosimilitud, en el cual el parámetro de dispersión ϕ , no es fijo (Nelder, 2000). Dicho modelo será llamado Poisson con sobre-dispersión.



Por su parte, la variable presencia/ausencia, se modeló a través de una distribución de probabilidad binomial. Los predictores lineales en ambos modelos, estuvieron constituidos por las variables latitud y longitud de las estaciones bio-oceanográficas, junto a la temperatura y salinidad superficial, las cuales son introducidas a los modelos a través de funciones no-paramétricas suaves, de la forma de los suavizadores splines cúbicos (Hastie y Tibshirani, 1990). Junto con estas variables, se introdujo el factor año, como un predictor lineal, el cual permite conocer la tendencia del índice anual de densidad de huevos (conteo), junto a la probabilidad media de éxito en las estaciones (presencia de huevos).

En este sentido, los modelos ajustados fueron significativos ($p < 0,01$), con pseudo- R^2 de 0,201 para el modelo Poisson con sobre-dispersión y un 0,137 para el Binomial (**Tablas 13 y 14**). Claramente los predictores presentaron un comportamiento no-lineal, lo que se confirma a través de las pruebas F y χ^2 . La influencia de cada predictor sobre la variable respuesta es presentada gráficamente través de los suavizadores splines cúbicos.

En la **figura 29** se presentan los suavizadores spline cúbicos para cada predictor en el modelo Poisson con sobre-dispersión. Se puede observar que a latitudes por sobre los 24° hay un efecto negativo sobre el número de huevos por estación, lo que confirma que el desove está restringido principalmente a la zona al norte de dicha latitud. Por su parte la longitud tiene un efecto positivo sobre el número de huevos por estación a latitudes muy cercanas a la costa, mientras que sobre los 71° de longitud, se verifica un efecto negativo.

En relación con la variable temperatura superficial, se observa un efecto negativo de ésta sobre el número de huevos por estación, a temperaturas inferiores a los 16°C .



Además, el efecto temperatura, por sobre los 18° C presenta una alta incertidumbre, reflejado por la amplitud de las bandas de confianza del suavizador spline (**Fig. 29**).

La variable salinidad muestra una alta incertidumbre en el suavizador a salinidades inferiores a los 34,4 psu, revelada por la gran amplitud de las bandas de confianza, mientras que por sobre los 34,8 psu se revela un efecto negativo de la salinidad sobre el número de huevos por estación.

Respecto del modelo binomial ajustado, para el predictor latitud se observa un efecto positivo entre los 21° y 22° de latitud sur, en tanto que por sobre los 23° hay un claro efecto negativo sobre la proporción de estaciones positivas. Por su parte, la variable longitud de la estación muestra un efecto positivo en torno a los 71°, con un claro efecto negativo sobre la proporción de estaciones positivas, por sobre los 71°30' (**Fig. 30**).

La variable temperatura muestra un efecto positivo sobre la proporción de estaciones positivas entre los 16° y 17° C de temperatura, en tanto que a temperaturas inferiores y superiores a este rango, tienen un claro efecto negativo sobre la proporción de estaciones con presencia de huevos (**Fig. 30**).



Al igual que lo observado en el modelo ajustado para el conteo de huevos, la función suave ajustada para la variable salinidad presenta una alta incertidumbre a valores inferiores a los 34,4 psu, en tanto que a valores inferiores a los 34,8 psu se observa un efecto negativo sobre la proporción de estaciones positivas.

Finalmente, a partir de los modelos ajustados, se pueden obtener tendencias anuales en la densidad relativa media de huevos por estación y de la proporción de estaciones positivas. Para el caso de la densidad de huevos, se observa una alta incertidumbre para el año 1992, de forma tal que no es posible distinguir un nivel de densidad preciso para tal año, en tanto que durante los años 1995 y 1996 se presentan las más bajas densidades de huevos del período, para posteriormente, entre 1997 y 2001 registrar un aumento de las densidades, período en el cual, el modelo no presenta mayores variaciones, con amplias bandas de confianza para los coeficientes estimados, lo que refleja un baja precisión en la estimación de la señal anual. El año 2002 se presenta como el más alto de la serie, con las máximas densidades relativas de huevos por estación (**Fig. 31**).

Para el caso de la proporción de estaciones positivas, se observa una alta variabilidad del índice anual en el período 1992 – 2002, con un máximo para el año 2002, al igual que lo presentado para la densidad media. El resto de la serie, no presenta una tendencia clara, destacándose un valor mínimo para el año 2001 (**Fig. 31**).

Relación entre la densidad promedio de huevos y los gradientes térmico y salino

a) Relación entre la densidad promedio de huevos y el gradiente térmico



La relación entre la densidad promedio de huevos y el gradiente térmico se muestra en la **figura 32**, cabe señalar que la densidad promedio fue estimada por segmentos de gradiente térmico cada $0,20^{\circ}\text{C}$.

En 1992, en general las densidades promedio fueron altas, especialmente las que se localizaron en el rango de gradientes $1,6-2,1^{\circ}\text{C}/2\text{mn}$, en dicho año se ajustó una regresión de tipo polinómica que dio cuenta del 40% de la varianza, lo que manifiesta una regular asociación entre ambas variables. En 1995, los promedios de huevos decrecieron respecto de 1992, y solo se observó una densidad sobre los $40 \text{ ind}/0,05\text{m}^2$, la cual se asoció a un gradiente de $1,4^{\circ}\text{C}/2\text{mn}$, ese año nuevamente se ajustó una relación polinomial que describió el 42% de la varianza y que indica que las mayores densidades se ubicaron entre los $1,3$ y $1,7^{\circ}\text{C}/2\text{mn}$ (**Fig. 32**).

En el año 1996, las densidades promedio de huevos tienden a disminuir y no sobrepasan los $50 \text{ ind}/0,05\text{m}^2$, a su vez este año exhibe un coeficiente R^2 bajo y el rango óptimo se encuentra entre los $1,2$ y $1,7^{\circ}\text{C}/2\text{mn}$. Durante 1997, en la zona de estudio se presentó el fenómeno “El Niño”, lo que se tradujo en un incremento de las temperaturas sumado a una baja considerable de las densidades promedio por pixel, en ese año no se ajustó ninguna curva.

En 1999, se apreció un aumento en la densidad promedio lo que sumado a la baja cobertura espacial significaría una concentración de los huevos de la especie en sectores específicos; en dicho año se ajustó una regresión polinómica que explica el 40%, con un rango óptimo de $1,0-1,5^{\circ}\text{C}/2\text{mn}$ (**Fig. 32**).

En los años 2000 y 2001, hubo una disminución de las densidades las que variaron mayoritariamente entre los 1 y $20 \text{ ind}/0,05\text{m}^2$; en esos años se apreció que las mayores concentraciones se lograron entre los $0,9$ y $1,3^{\circ}\text{C}/2\text{mn}$. Además, fue posible observar que en gradientes superiores a los $1,3^{\circ}\text{C}/2\text{mn}$, las densidades de huevos disminuyeron notablemente (**Fig. 32**).



En el año 2002 se evidenció un incremento en la distribución espacial de los huevos y en su concentración, la cual exhibió tres focos de abundancia.. En el 2002, debido al predominio de las aguas de 15° a 18°C, se produjo una alta concentración de los huevos en estas temperaturas; por otra parte, se apreció que los frentes térmicos jugaron un rol significativo en la distribución de la especie ya que las concentraciones más importantes se localizaron en zonas de fuertes cambios negativos de la temperatura y de notables gradientes térmicos. En este sentido, se advierte que las densidades más relevantes se alcanzaron entre los 1,2 y 1,6°C/2mn, aunque en algunas ocasiones también se visualizaron altas concentraciones en gradientes mayores.

b) Relación entre la densidad promedio de huevos y el gradiente salino

Las relaciones entre la densidad promedio de huevos respecto del gradiente salino se presentan en la **figura 33**, cabe señalar que la densidad promedio fue estimada por categorías de 0,03 psu de gradiente salino.

En 1992, las densidades promedio fueron altas y generalmente superaron los 20 ind/0,05m², en ese año se estableció una relación logarítmica positiva que describió el 34% de la varianza y que indica que las mayores densidades estuvieron en el rango 0,10-0,13 psu/2mn.

Durante 1995 y 1996, se deducen asociaciones de tipo polinómica; en 1995 se constató una relación polinomial débil que solamente explicó el 21% de la varianza, indicando que las densidades más altas se localizarían entre 0,07 y 0,09 psu/2mn; en tanto que en 1996 la relación fue más robusta lo que implicó que el r^2 haya sido de 0,57 y que refleja una disminución de las densidades de huevos en gradientes superiores a 0,09 psu/2mn.



Durante el año 1997, al igual que en el caso de la relación huevos v/s gradiente térmico, no se apreció una relación entre las variables debido a la distribución que existió en dicho año, lo anterior pudo deberse a que la zona estuvo bajo los efectos del evento “El Niño”.

En 1999, como se mencionó anteriormente hubo un aumento en la densidad promedio y los huevos estuvieron focalizados, ese año se ajustó una regresión lineal negativa que indica que a gradientes superiores a los 0,09 (psu/2mn) las concentraciones decayeron considerablemente.

Durante los años 2000-2001, hubo una disminución de las densidades de huevos con respecto a 1999, en ambos años se lograron regresiones de tipo polinómicas. Cabe hacer notar, que nuevamente en gradientes superiores a 0,09 psu/2mn se produjo un descenso en las densidades promedio (**Fig. 33**).

El año 2002 mostró un incremento en la concentración espacial de los huevos y en los valores de salinidad respecto a los años 2000 y 2001. Debido a lo anterior, ese año se desarrollaron bruscos diferenciales salinos que incidieron en la repartición geográfica de los huevos. Así, la **figura 33** señala una relación polinomial entre ambas variables y en la que se concluye que las mayores densidades se situaron entre los 0,06 y 0,10 psu/2mn, lo que no es concordante con años anteriores en los cuales las mayores abundancias se ubicaron en diferenciales menores a 0,08 psu/2mn.



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 Análisis biológico-pesquero

a) Extensión temporal y geográfica del proceso de desove de anchoveta 2002

En agosto-septiembre de 2002, las estaciones con presencia de huevos de anchoveta (positivas) fueron significativamente mayores en comparación a lo reportado en años anteriores, lo que indica que el desove tuvo una mayor cobertura, con presencia de huevos en prácticamente toda el área de estudio a excepción del área ubicada de Taltal al sur. Por otra parte, el análisis del promedio de huevos por estación positiva indicó que el desove fue de mayor intensidad respecto a lo reportado en años anteriores.

El análisis de los ovarios de la anchoveta capturada en la I y II Regiones, señaló que a fines de julio se inició la actividad reproductiva masiva, evidenciándose el pleno desove desde la segunda semana de agosto, continuando en septiembre – octubre, comportamiento que evidenció un retraso en relación al proceso normal para este recurso en la zona norte de Chile.

La anchoveta en agosto-septiembre se distribuyó en una amplia zona, circunscrita preferentemente dentro de las primeras 40 millas náuticas, coincidiendo con la amplia distribución de los huevos. En cambio, en el año 2001 las capturas se obtuvieron en zonas muy costeras.

Por otra parte, las capturas se fueron incrementando en la medida que avanzaba el crucero y se circunscribieron principalmente a la I Región. Si bien, se inspecciona visualmente la presencia de huevos durante el crucero y se coordina el accionar



conjunto de los barcos de huevos y adultos, en términos prácticos la presencia de huevos no asegura el éxito en la captura de adultos. Los huevos, de acuerdo a las temperaturas promedio, pueden permanecer en este estado hasta 3 días, por lo que la presencia de adultos estaría correlacionado con huevos recién desovados (edades tempranas), los cuales tienen la menor probabilidad de ser capturados. Dado que el máximo desove sería a las 22:00 h, solamente las muestras de huevos exitosas cercanas a esta hora, podrían presentar coincidencia espacial entre huevos y adultos. Una estación con una alta presencia de huevos de más de un día de edad, no asegura que los adultos se encuentren en las cercanías.

b) Número de estaciones positivas

En el crucero del año 2002, se obtuvieron 309 estaciones positivas (con presencia de huevos), correspondiente a un 53% del total de estaciones. Este es el mayor valor obtenido en comparación a los anteriores cruceros en que se aplicó el MPH. Por otra parte, la densidad media de huevos en el área de desove, estimada en el presente proyecto es la segunda más alta. El año 2002 se caracterizó por presentar alta abundancia de huevos, cubriendo una extensa zona respecto del área total del crucero (**Fig. 34**).

c) Estimación de la producción de huevos (P_0)

Para el año 2002, se estimó un P_0 de 25,3 huevos/0,05 m²/día (e.e.= 3,22), valor bajo el promedio histórico de los calculados en las anteriores aplicaciones del MPH para la anchoveta, en la I y II Regiones de Chile (**Tabla 15**). El coeficiente de variación fue de 12,7 % de forma tal que el nivel de incertidumbre asociado al parámetro es bajo en comparación con los años anteriores. Estos resultados se explican por una parte por el número de observaciones disponibles para el ajuste del modelo exponencial de sobrevivencia de los huevos, el cual fue alto respecto a la serie de estimaciones. El número de observaciones disponibles junto con los



coeficientes de variación estimados para el P_0 , muestran una relación inversa, es decir al aumentar el número de observaciones, disminuye la incertidumbre del P_0 .

d) Parámetros de anchoveta adulta

El análisis de los parámetros de adultos indicó que la proporción sexual de la anchoveta concuerda con los valores reportados para los años 1997 y 2000. Cabe mencionar, que de los siete años en que se ha aplicado el MPH en cinco de ellos los machos han presentado una mayor proporción. La fecundidad registrada en el 2002, a igual peso promedio de hembra madura, fue mayor a la reportada en el 2001 (**Figs. 35 y 36**), ubicándose dentro de los mayores registros de la serie histórica. La frecuencia de desove registró uno de los valores más bajos de la serie histórica, similar a la obtenida en 1997. En el 2002 se observó uno de los menores pesos de hembra madura (21 g), comparable con lo reportado en 1992, 1997 y en 1999. El tamaño modal de la anchoveta registrado en el presente año (14,5 cm) estuvo por debajo del tamaño reportado en el año 2001 el cual alcanzó a 16 cm. Esta reducción de tamaño respecto de otros años, repercutió en una baja correlación en la regresión de fecundidad parcial en función del peso corporal, debido al estrecho rango de la variable independiente (peso corporal). Los parámetros de adultos estimados en el año 2002 tuvieron cierta alteración, lo que se evidencia en un bajo peso promedio de hembra madura, una baja frecuencia de desove, que sin embargo son explicados por el menor tamaño y peso de las hembras durante el crucero. Estos cambios detectados en el presente año se observaron a pesar de que las condiciones oceanográficas se mantuvieron dentro de los rangos establecidos para un año normal, aunque en la zona ecuatorial se estaba gestando un evento “El Niño” moderado. Cabe mencionar, que durante eventos “El Niño” de alta magnitud la anchoveta presenta cambios fisiológicos marcados, que derivan en un decrecimiento del potencial reproductivo (fecundidad disminuida), pérdida en el peso, un bajo índice de actividad de desove y descenso de la frecuencia de desove.



e) Biomasa desovante

Al comparar las biomazas de años anteriores se apreció para el 2002 un aumento significativo en un 78% respecto del año 2001 (**Tabla 16**). Las tendencias históricas de biomasa desovante con las capturas totales del año siguen la misma tendencia, indicando la robustez de los resultados del MPH.

El análisis de los estimados de biomasa a través de dos criterios (estructural o límite inferior y funcional o de interpolación) se relacionan con la manera que se representa el área de desove, en este contexto el criterio estructural es una opción ligada al diseño de muestreo, dado que el muestreo utilizado es el sistemático de transectas, donde las estaciones están predefinidas a una distancia fija al interior de una transecta, de forma tal que conocer el área que representa cada estación es natural. Sin embargo, tendería a subestimar el área de desove, puesto que la zona no muestreada no tiene la posibilidad de quedar incluida en el área de desove, de esta manera esta estimación permite tener una visión de un nivel de referencia mínimo de la biomasa del stock desovante de la anchoveta.

Por otra parte, el criterio funcional podría sobreestimar el área de desove, dado que a través de las observaciones vecinas a las estaciones no muestreadas se decide sobre la necesidad de incluirlas como parte del área de desove, por lo que es muy sensible al grado de dispersión que presenten las estaciones positivas.

Las biomazas estimadas bajo los dos escenarios muestran, en general, la misma tendencia con diferencias de escalas producto de la disimilitud en el tamaño de las áreas de desove. Lo cual es una característica importante al observar los resultados del MPH como serie de tiempo, ya que indica que las tendencias en las biomazas son independientes de estos criterios de análisis, pudiendo ser usadas en el estudio de sus fluctuaciones o como índices de calibración de métodos indirectos.



6.2 Análisis oceanográfico

La temperatura superficial presentó valores y distribución típicos para la época, con gradientes térmicos costeros escasos o de baja intensidad localizados entre Arica y Mejillones. La anomalía de temperatura de superficie en base a promedios históricos indicaron una situación de normalidad ya que predominaron valores que oscilaron en 1°C en torno al cero. Anomalías mayores a 1°C sólo se presentaron en el sector suroeste de la zona por procesos de mezcla más intensos y en la costa de la mitad norte de la zona por procesos de surgencia. La temperatura subsuperficial en el nivel de 50 m presentó un cuadro inverso al de superficie, en el sentido que las mayores temperaturas se encontraron en la mitad sur de la zona, lo que es producto de la mezcla vertical originada por el viento, repercutiendo lo anterior en que las diferencias térmicas entre ambos niveles sean notoriamente menores en la mitad sur de la zona que en la mitad norte. La temperatura vertical mostró capas de mezcla de hasta 50 m en el extremo sur de la zona mientras que desde la mitad central se presentó una termoclina centrada en los 25 m de profundidad en promedio.

La salinidad superficial del mar (SSM) presentó los mayores registros en el extremo norte de la zona y los menores en el sur, donde los valores son homogéneos en el área por menor presencia de AST y mezcla. Las anomalías de salinidad superficial indicaron en general una situación de normalidad en el área de estudio, con tendencia a valores negativos por mezcla en la parte sur sin presentarse una situación salina por presencia anómala de AST debido al fenómeno “El Niño” 2002, evento que se estaba desarrollando durante el período de estudio en la región ecuatorial. La salinidad a 50 m de profundidad en general presentó un área bastante homogénea en la mitad norte de la zona, y hacia el sur los valores tuvieron más variabilidad. La diferencia con el nivel superficial se encuentra en que la parte norte no presentó gradientes horizontales en la costa en sentido este-oeste. La diferencia entre el nivel de 0 y 50 m tiene los



mayores valores en la mitad norte del área de estudio debido a las altas salinidades relativas en superficie. De Antofagasta al sur mostró las menores diferencias, debido principalmente a la mezcla vertical. La salinidad vertical presentó variadas estructuras de salinidad producto de la presencia de cuerpos de agua de características distintas. En general se observó que en todas las transectas el ascenso de las isohalinas por surgencia fue entregando mayor salinidad subsuperficial a la zona costera.

Los valores de temperatura y salinidad a nivel superficial, a través de sus respectivas anomalías, indicaron que las condiciones se mantuvieron dentro de los rangos normales en la zona norte durante el invierno 2002, con tendencia a valores negativos de salinidad. Las anomalías estuvieron en general entre valores de $\pm 1^\circ\text{C}$ y $\pm 0,1$ psu. Los mayores valores de anomalía de tipo negativo para salinidad ($-0,2$ psu) se ubicaron hacia el sector oceánico por sobre las 30 mn y hacia el extremo sur de la zona debido a procesos de mezcla. El crucero MOBIO 0902 realizado a continuación del MPH (Braun *et al.*, 2002) indicó que la profundidad de la isoterma de 15°C presentó en general anomalías dentro de los rangos normales, mientras que anomalías positivas y negativas significativas (> 10 m) estuvieron asociadas exclusivamente a giros ciclónicos o anticiclónicos, respectivamente. Por lo tanto, dado los valores de anomalía de temperatura y salinidad obtenidos durante el crucero MPH y la profundidad de la termoclina obtenidos durante el crucero MOBIO 0209, se puede indicar que para esos períodos los efectos del fenómeno “El Niño” 2002 no se manifestaron en las condiciones superficiales de la zona norte de Chile.

La condición oceanográfica a escala regional continuó evidenciando a septiembre del 2002, condiciones de un período “El Niño” de carácter moderado con anomalías de temperatura superficial de más de $+1,3^\circ\text{C}$ en el Océano Pacífico Central, sector Niño 3-4 (NOAA, 2002). Durante septiembre en la zona costera sudamericana aún no se hacía sentir el efecto de calentamiento. Sin embargo, hacia fines de octubre la



costa ecuatoriana ya presentaba un calentamiento de +1 que llegaba hasta la costa norte del Perú. A nivel subsuperficial se observaron anomalías especialmente fuertes en la capa de 100 a 150 metros en el O. Pacífico centro ecuatorial, donde incluso se han reportado anomalías de hasta 5° C sobre lo normal asociado a una profundización de la termoclina de 20° C en casi 40 m (NOAA, 2002).

Por otra parte el Índice de Oscilación del Sur (IOS) se mantuvo desde marzo a septiembre con valores negativos (NOAA, *op. cit.*), lo que indica claramente que el evento se encontraba en pleno desarrollo, no obstante el mes de septiembre disminuyó su anomalía negativa.

Distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas

La zona norte del país se caracteriza por poseer aguas neríticas relativamente frías para su latitud, situación explicada por la presencia de la corriente de Humboldt y por los procesos de surgencia (Martínez *et al.*, 1992; Pizarro *et al.*, 1994). Es importante destacar que las pesquerías de sardina y anchoveta han experimentado durante su explotación fluctuaciones de corto plazo y largo plazo; las primeras, relacionadas con cambios ambientales aperiódicos, como son los fenómenos "El Niño" (Yáñez y García, 1993; García, 1993). Paralelamente, dicha zona se caracteriza por poseer una elevada insolación, que en conjunto con el afloramiento de aguas frías, ricas en nutrientes, permiten desarrollar una productividad primaria capaz de sostener altos niveles de biomasa de recursos pesqueros (Pizarro *et al.*, 1994). Por otra parte, en esta región los sectores de mayores densidades y agregación de recursos están localizados mayoritariamente en las primeras 20 mn de la costa, área que se caracteriza por presentar procesos de surgencia durante la mayor parte del año y fuertes gradientes térmicos y salinos, en este sentido Strub *et al.* (1991) encontraron una fuerte correlación espacial entre diferenciales térmicos y la presencia de altas concentraciones



de fitoplancton. Debido a lo anterior es importante explorar las relaciones existentes entre la distribución de los recursos y la repartición espacial de las variables oceanográficas.

El análisis de la distribución de anchoveta y la temperatura en el 2002 indicó que los huevos de la especie se presentaron mayoritariamente en el estrato de 13° a 18 °C, con una clara preferencia por los 16°-17°C, lo que es coincidente con lo encontrado en cruceros realizados y cuyos resultados son descritos por Braun *et al.*, (2001) y Oliva *et al.*, (2002). En relación con la salinidad, los huevos se distribuyeron entre los 34,5 y 35,1 psu con una nítida preferencia por salinidades entre 34,7 y 34,9 psu, similar a lo reportado por Braun *et al.*, (*op. cit.*) y Oliva *et al.*, (*op. cit.*).

Los huevos tendieron a ubicarse en los bordes de gradientes térmicos y salinos (**Figs. 22 y 23**), los cuales a su vez se vinculan a zonas de surgencia. En este sentido Braun *et al.*, (2001) dan cuenta que los huevos de anchoveta están asociados preferentemente a zonas que desarrollan gradientes térmicos moderados y fuertes, en tanto que las larvas se ubican en sectores donde los diferenciales de temperatura son bajos.

Al examinar visualmente la distribución de los huevos de la especie se apreció que éstos se localizaron en tres focos principales: el primero se localizó al sur de Arica y se extendió incluso hasta el oeste de los 71°W, este foco se caracterizó por presentar densidades intermedias, el segundo núcleo (que es el más importante) se ubicó de Iquique a río Loa y tuvo una distribución muy costera que no sobrepasó las 10 mn de la costa, el tercer sector se situó al oeste de Tocopilla y se distinguió por abarcar una gran área geográfica. En relación a dichos focos se destaca que están relacionados con áreas típicas de surgencias, a saber: desde Arica hasta Pta. Baquedano (18°35'S), al sur de Iquique (20°10'S-21°00'S) y en las proximidades de Mejillones (23°05'S),



dichos sectores son reportados tanto por Barbieri *et al.*, (1995) como por Braun *et al.*, (2001), concordando en que la segunda zona es la más importante en términos temporales y espaciales con lo que se refuerza la hipótesis que las mayores concentraciones de huevos de la anchoveta están asociadas a zonas de surgencias que a su vez provocan gradientes laterales importantes.



..... INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



7. CONCLUSIONES

Extensión temporal y geográfica del proceso de desove de anchoveta 2002

- 7.1** El proceso de desove de anchoveta se caracterizó por presentar una importante extensión geográfica, con una amplia cobertura e intensidad, respecto a lo reportado en años anteriores.
- 7.2** El análisis microscópico de los ovarios de la anchoveta capturada en la I y II Regiones, señaló que a fines de julio se inició la actividad reproductiva masiva, evidenciándose el pleno desove desde la segunda semana de agosto, continuando en septiembre hasta la segunda semana de octubre, comportamiento que corresponde a un atraso en un mes respecto al proceso normal para este recurso en la zona norte de Chile.
- 7.3** La distribución espacial de los huevos de anchoveta indicó que el proceso de desove ocupó un amplio rango latitudinal y longitudinal comprendido entre Arica (18°20'S) y bahía Nuestra Señora (25° 10' S). Entre islote Blanco (25°20'S) y punta Carrizalillo (26°03'S) no hubo registros positivos para esta fase de desarrollo. En general, esta distribución sugiere un desove homogéneo en la mayor parte del área de desove.

Las zonas de mayor densidad de huevos fueron las siguientes: **a)** entre Iquique (20°10'S) y caleta Agua Salada (24° 10' S); **b)** entre Arica (18° 20' S) y punta Junín (19°40' S) y **c)** entre punta Poza Llaves (24° 50' S) y bahía Nuestra Señora (25° 10' S). El año 2002 presentó una de las más altas abundancias de huevos, cubriendo una extensa zona respecto al área total del Crucero.



- 7.4** La anchoveta en agosto-septiembre se distribuyó preferentemente en áreas comprendidas de la costa hasta las 40 mn, llegando inclusive hasta las 110 mn, coincidiendo con la amplia cobertura de los huevos. En cambio en el año 2001 las capturas se obtuvieron en zonas muy costeras que no sobrepasaron las 10 mn.
- 7.5** Las agregaciones de anchoveta se detectaron, principalmente, en los siguientes sectores: de Mejillones del Norte a Tocopilla ($19^{\circ} 50'$ – $21^{\circ} 50'$ S) y en los alrededores de Arica ($18^{\circ} 20'$ – $18^{\circ} 40'$ S).

Estimación de la biomasa desovante de anchoveta

- 7.6** La biomasa del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, durante el período de máxima actividad reproductiva (agosto-septiembre del año 2002) estimada por el criterio de interpolación o funcional fue de 757.308 toneladas con una varianza de $1,494 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,16. Por el criterio de límite inferior o estructural la biomasa se estimó en 567.175 toneladas con una varianza de $1,361 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,21.
- 7.7** Al comparar las biomásas de años anteriores se apreció un aumento significativo en un 78% respecto del año 2001. Las tendencias históricas de biomasa desovante con las capturas totales del año siguen la misma tendencia, indicando la robustez de los resultados del MPH.
- 7.8** El análisis de los parámetros de adultos indicó que a un igual peso promedio de hembra madura, la fecundidad registrada en el 2002 fue mayor a la reportada en el 2001. El análisis de la proporción sexual indicó una predominancia de hembras. El peso promedio de hembra madura y la frecuencia de desove registraron valores bajo el promedio histórico.



Condiciones oceanográficas

- 7.9** Las condiciones oceanográficas, en relación a la temperatura superficial del mar, durante el crucero MPH, en agosto-septiembre de 2002, presentaron características estacionales que pueden ser consideradas como “normales”.
- 7.10** El análisis de la distribución de anchoveta y la temperatura indicó que los huevos de la especie en el 2002 se presentaron en el rango de 13°C a 18°C, con una clara preferencia por los 16°-17°C. Con respecto a la salinidad, los huevos se localizaron mayoritariamente en el estrato 34,5-35,1 psu, con una nítida predilección por el estrato 34,7-34,9 psu.
- 7.11** Los focos más importantes se ubicaron en zonas de fuertes cambios negativos de la temperatura y de notables gradientes térmicos. En este sentido, se apreció que el rango óptimo de mayor densidad se localizó en el rango 1,2 y 1,6 °C/2mn, asimismo es posible concluir que a gradientes superiores las concentraciones de huevos disminuyen notablemente.
- 7.12** El análisis integrado de la concentración de huevos indicó que las máximas concentraciones de huevos se presentan en los alrededores de la latitud 22°S, lo que refuerza la hipótesis de que el área principal de desove de la anchoveta se encuentra asociada a la desembocadura del río Loa.



..... INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHEIT, J., V.H. ALARCON AND B.J. MACEWICZ. 1984. Spawning frequency and sex ratio in the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 25: 43-52.

ARMSTRONG, M., P. SHELTON; I. HAMPTON; G. JOLLY; AND Y. MELO. 1988. Egg production estimates of anchovy biomass in the southern Benguela system. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 29: 137-157.

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.

BARBIERI, M. A., M. BRAVO, M. FARIAS, A. GONZALEZ, O. PIZARRO Y E. YÁNEZ. 1995. Fenómenos asociados a la estructura térmica superficial del mar observados a través de imágenes satelitales en la zona norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso. 23: 99-122.

BARRIA, P.; A. ARANIS; S. MORA; G. BÖHM, V. CATASTI; H. PEÑA; F. VEJAR y H. MIRANDA. 2000. Monitoreo de las capturas de jurel, 1999. Informe Final Proyecto FIP N° 99-02. 123 pp + figuras y tablas.

BLAXTER, J. AND J. HUNTER, 1982. The biology of the clupeoid fishes. Adv. Mar. Biol. 20: 201 – 223.



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.

BRAUN, M., H. REYES, J. OSSES, V. CATASTI Y J. CASTILLO. 2001. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2000. Informe Final Proyecto FIP N° 2000-01. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso.

BRAUN, M.; H. REYES; J. OSSES, J. CASTILLO y V. CATASTI. 2002. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Segundo informe de avance FIP N° 2002-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).

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.

CLARAMUNT, G., G. HERRERA, J. PIZARRO, P. PIZARRO, R. ESCRIBANO, M. OLIVA, A. OLIVARES, C. GUERRA Y A. ZULETA. 1996. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el “Método de Producción 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.

CLARAMUNT, G., G. HERRERA, P. PIZARRO, J. PIZARRO, R. ESCRIBANO, M. OLIVA, A. OLIVARES Y A. ZULETA. 1997. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el “Método de Producción de Huevos” en la I y II Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 96-01. Fondo de Investigación Pesquera. Universidad “Arturo Prat” Iquique. 75 p. + anexos.

COCHRAN, W. G. 1977. *Sampling Techniques.* John Wiley And Sons, New York.



COCHRAN, W. G. 1980. Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. México.

EASTMAN, J. R. 1995. IDRISI for windows: User's Guide. Clark University, MA-USA, 372 pp.

GARCIA, A., N. PEREZ, N. LO, A. LAGO DE LANZOS AND A. SOLA. 1992. The egg production method applied to the spawning biomass estimation of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) on the north atlantic spanish coast. Boletín Instituto Español de Oceanografía. Vol. 8: 123-138.

GARCIA, 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.

GULLAND, A. R. 1987. Nonlinear statistical models. John Wiley and Sons, INC.

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 Jolla. Ca. U.S.A. 46 p.

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.
- HUNTER, J. R. AND B. J. MACEWICZ. 1985.** Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin: Vol 83 N° 2. 119-136.
- 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 N. LO. 1997.** The daily egg production method of biomass estimation: some problems and potential improvements. SFSC, La Jolla USA. Ozeanografika. 2: 41 - 69.
- IFOP, 1996.** Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile. Informe interno para IFOP.
- LASKER, R. (ed.). 1985.** 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. 99 p.
- 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 NANCY C. H. 1997.** Empirical analyses of regression estimates of daily egg mortality of pelagic fish for daily egg production method. NMFS, SFSC. USA. Ozeanografika. 2: 71 - 89.



- 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.
- MARTÍNEZ, C., L. CABALLERO, G. BÖHM, J. OLIVA, R. GILI, V. BOCIC, 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.
- MARTÍNEZ, C., U. PARKER, L. CABALLERO, G. BÖHM, J. OLIVA, S. PEÑA, R. GILI, H. HIDALGO, V. FERNANDEZ, 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, U. PARKER, G. BÖHM, J. OLIVA, V. FERNANDEZ, 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.
- MARTINEZ, C., L. CABALLERO, G. BÖHM, J. OLIVA, R. GILI, V. BOCIC, P. BARRIA y R. SERRA. 1992.** Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales: Pesquerías pelágicas zona norte. CORFO - IFOP, Chile, SGI-IFOP. 92 / 1, 51 pp.
- MICROIMAGES. 1997.** TNTmips The Map & Image Processing System 5.8, User's Guide and Technical References. MicroImages, Inc, Nebraska, USA.
- MOSER, H.G. AND E.H. AHLSTROM. 1985.** Staging anchovy eggs. 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: 37-41.



NELDER, J. A. 2000. Quasi-likelihood and pseudo-likelihood are not the same thing. Journal of Applied Statistics. Vol 27 N° 8: 1007-1011.

NOAA, 2002a. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory.

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.

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., 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., 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., 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.

PARKER, K. 1980. A direct method for estimating northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning biomass. Fish. Bull., U.S. 78: 541-544.

PENNIGTON, M. 1986. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. U.S. 84: 519-525.

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, O., S. HORMAZABAL, A. GONZALEZ Y E. YAÑEZ. 1994. Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 22: 83 - 101.

POWER, J. H. Y L. N. MAY. 1991. Satellite observed sea surface temperatures and yellow fin tuna catch and effort in the Gulf of Mexico. Fish. Bull., 89 (3-4): 429-439.

REDDY, R., V. LYNE, R. GAY, A. EASTON Y S. CLARKE. 1995. An application of satellite-derived sea surface temperatures to southern bluefin tuna and albacore off Tasmania, Australia. Sci. Mar., 59 (3-4): 445-454.



ROBOTHAM H. 1995. Curso Regional "Muestreo en poblaciones biológicas". Instituto Nacional de Pesca, Programa VECEP ALA92/43, Ecuador.

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.

SÁNCHEZ, R., M. PAJARO AND G. MACCHI. 1996. The application of the daily egg production method to the assessment of the SW Atlantic anchovy (*Engraulis anchoita*) spawning biomass off Argentina. International Council for the exploration of the sea. Pelagic Fish Committee, CM 1996/h: 29 p.

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.

SEBER G. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Hafner Press, N.Y. 506 p.

SELMAN, K. AND R. WALLACE. 1989. Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. Zoological Science. 6: 211-231.

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.



- STAUFFER, G. D. AND S. J. PICQUELLE. 1980.** Estimates of the 1980 spawning biomass of the central subpopulation of northern anchovy. Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, Southw. Fish. Cent. Admin. Rep. LJ - 80-09. 41 p.
- STRUB, P., P. KOSRO Y A. HUYER. 1991.** The nature of the filaments in the California Current System. J. Geophys. Res., 96: 14743 – 14768.
- TOLOZA, J. 1999.** Modelación geoestadística aplicada a la distribución espacial de los huevos de *Engraulis ringens* Jenyns en la I y II Regiones. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad “Arturo Prat”, Depto. de Ciencias del Mar. Iquique, Chile. 54 p.
- WALLACE, R. AND K. SELMAN. 1981.** Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Amer. Zool. 21:325-343.
- YAÑEZ, E. Y M. GARCIA. 1993.** Fluctuaciones de pesquerías pelágicas y del medio ambiente en el Pacífico Suroriental. Estudios y Documentos, Esc. de Cs. del Mar, UCV, 17/93, 32 pp.
- YAÑEZ E., M. A. BARBIERI, A. GONZALEZ, O. PIZARRO, M. BRAVO, C. CANALES Y S. SALINAS. 1994.** Sea surface structure associated to the pelagic fish resources distribution in northern Chile. In: “Remote Sensing for Marine and Coastal Environments”, ERIM, Michigan, Vol. II: 149-162.

T A B L A S

Tabla 1. Transectas incompletas por fuerza mayor durante el cruce de huevos, MPH 2002.

Nº TRANSECTA	Nº ESTACIONES EFECTUADAS	DISTANCIA DESDE LA COSTA (mn)	Nº ESTACIONES NO EFECTUADAS SEGUN LA CAUSA
19	12	1' - 5' y 15' - 60'	1 ⁽¹⁾
22	10	1' - 10' y 30' - 60'	3 ⁽¹⁾
23	10	45'	3 ⁽¹⁾
24	10	45'	3 ⁽¹⁾
Nº TRANSECTAS PROGRAMADAS	Nº TRASECTAS REALIZADAS	Nº ESTACIONES PROGRAMADAS	Nº ESTACIONES REALIZADAS
46	46	598	588

(1) Mal tiempo

Tabla 2. 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 3. 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 4. Caracterización histológica de los folículos postovulatorios (FPO) (Hunter y Goldberg (1980), ajustados para *E. ringens*, 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 alcian 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 intraepiteliales vacíos que se tiñen intensamente con alcian 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 ocluido 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 alcian blue fuertemente positivo. Notoria infiltración linfocitaria.</p>

Tabla 5. Evolución semanal de la actividad reproductiva microscópica de la anchoveta en la I y II Regiones, 2002.

SEMANA	PERIODO	IAD	IAO
1	31/12 – 06/01	12,2	3,5
2	07/01 – 13/01	15,0	0,0
3	14/01 – 20/01	10,0	0,0
4	21/01 – 27/01	15,1	0,0
5	28/01 – 03/02	16,3	2,4
6	04/02 – 10/02	13,1	3,3
7	11/02 – 17/02	10,0	3,0
8	18/02 – 24/02	14,8	6,2
9	25/02 – 03/03	14,0	3,1
10	04/03 – 10/03	32,4	0,0
11	11/03 – 17/03	2,8	2,5
12	18/03 – 24/03	16,7	11,5
13	25/03 – 31/03	0,0	14,7
14	31/03 – 07/04	9,8	11,5
15	08/04 – 14/04	7,0	18,6
16	15/04 – 21/04	0,0	26,8
17	22/04 – 28/04	14,3	7,1
18	29/04 – 05/05	5,6	17,6
19	06/05 – 12/05	7,1	8,0
20	13/05 – 19/05	6,1	6,3
21	20/05 – 26/05	30,8	4,2
22	27/05 – 02/06	0,0	3,0
23	03/06 – 09/06	24,6	4,1
24	10/06 – 16/06	23,0	3,5
25	17/06 – 23/06	15,6	9,3
26	24/06 – 30/06	17,5	7,0
27	01/07 – 07/07	14,5	1,8
28	08/07 – 14/07	7,5	4,9
29	15/07 – 21/07	15,2	8,8
30	22/07 – 28/07	15,1	7,3
31	29/07 – 04/08	26,6	5,0
32	05/08 – 11/08	37,8	1,4
33	12/08 – 18/08	44,9	0,0
34	19/08 – 25/08	23,4	0,0
35	26/08 – 01/09	57,6	0,0
36	02/09 – 08/09	39,1	0,0
37	09/09 – 15/09	37,3	0,0
38	16/09 – 22/09	45,5	1,7
39	23/09 – 29/09	36,0	0,4
40	30/09 – 06/10	27,2	4,2

IAD: Índice de actividad de desove

IAO: Índice de atresia ovárica

Tabla 6. Densidad promedio y constancia de huevos de anchoveta. Cruceros MPH Invierno 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001 y 2002.

ESPECIE	AÑO	NUMERO DE ESTACIONES TOTALES	NUMERO DE ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA (%)
<i>Engraulis ringens</i>	1992	542	212	10.974	20	52	39,1
	1995	578	208	7.555	13	36	36,0
	1996	752	176	6.718	9	38	23,4
	1997	800	209	8.054	10	39	26,1
	1999	598	132	7.582	13	57	22,1
	2000	502	212	10.473	21	49	42,2
	2001	514	60	7.586	15	126	11,7
	2002	588	309	18.231	31	59	52,6

Fuente : Oliva et al., 2002.

Tabla 7. Abundancia promedio y rangos de huevos de anchoveta en invierno 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001 y 2002.

	1992	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2002
Nº Total Estaciones	542	578	752	800	598	502	514	588
Nº Estaciones positivas	212	208	176	209	133	212	60	309
Nº Huevos	10.974	7.555	6.718	8.054	7.589	10.473	7.586	18.231
Promedio	52	36	38	39	57	49	126	59
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1
Maximo	331	1536	611	947	1649	518	1987	1607
Desv. Estandar	73,61	126,38	79,83	96,54	175,98	86,11	354,36	128,42
CV (%)	1,42	3,48	2,09	2,51	3,09	1,74	2,8	2,17

Tabla 8. Posición geográfica de los lances efectuados durante el crucero de anchoveta, en la I y II Regiones, agosto - septiembre, 2002.

LANCE	BARCO	FECHA	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA	LANCES ANCHOVETA
1	Trueno	21/ago	18°25` S	70°35` W	20 t	X
2	Trueno	22/ago	19°26` S	70°23` W	40 t	X
3	Tornado	26/ago	20°13` S	70°34` W	20 t	X
4	Pachica	26/ago	23°12` S	70°41` W	s/p	
5	Pachica	26/ago	23°12` S	70°54` W	s/p	
6	Tornado	26/ago	20°18` S	70°27` W	40 t	X
7	Pachica	26/ago	23°27` S	70°58` W	s/p	
8	Pachica	26/ago	24°00` S	70°45` W	s/p	
9	Pachica	27/ago	24°30` S	70°58` W	s/p	
10	Pachica	27/ago	24°52` S	70°40` W	s/p	
11	Pachica	27/ago	25°10` S	70°56` W	s/p	
12	Tornado	27/ago	21°12` S	70°12` W	20 t	X
13	Pachica	27/ago	25°10` S	70°31` W	s/p	
14	Pachica	27/ago	24°39` S	70°30` W	s/p	
15	Trueno	27/ago	18°32` S	70°36` W	30 t	X
16	Tornado	27/ago	21°16` S	70°08` W	s/p	
17	Pachica	28/ago	21°26` S	70°07` W	100 t	X
18	Eperva 64	28/ago	20°06` S	70°34` W	10 t	X
19	Tornado	28/ago	21°25` S	70°08` W	s/p	
20	Tornado	29/ago	21°29` S	70°11` W	20 t	X
21	Eperva 64	29/ago	20°34` S	70°33` W	2 t	X
22	Eperva 64	29/ago	20°13` S	70°33` W	10 t	X
23	Tornado	30/ago	21°32` S	70°09` W	40 t	X
24	Tornado	30/ago	21°37` S	70°14` W	50 t	X
25	Eperva 64	30/ago	20°32` S	70°35` W	20 t	X
26	Eperva 64	30/ago	20°35` S	70°32` W	s/p	
27	Intrepido	2/sep	20°50` S	70°19` W	0,1 t	X
28	Corpesca I	2/sep	20°36` S	70°39` W	30 t	X
29	Eperva 64	2/sep	20°40` S	70°43` W	5 t	X
30	Corpesca I	3/sep	20°08` S	70°56` W	s/p	
31	Intrepido	4/sep	20°00` S	70°27` W	15 t	X
32	Intrepido	4/sep	20°04` S	71°40` W	15 t	X
33	Intrepido	4/sep	19°54` S	71°06` W	3 t	X
34	Intrepido	4/sep	20°03` S	70°51` W	s/p	
35	Intrepido	9/sep	21°07` S	70°15` W	10 t	X
36	Angamos II	9/sep	21°36` S	70°11` W	10 t	X
37	Intrepido	9/sep	20°54` S	70°20` W	25 t	X
38	Intrepido	10/sep	20°54` S	70°18` W	90 t	X
39	Angamos II	10/sep	20°49` S	70°25` W	25 t	X
40	Patillo	10/sep	20°50` S	70°25` W	70 t	X
41	Audaz	10/sep	20°59` S	70°29` W	40 t	X
42	Angamos II	10/sep	20°47` S	70°20` W	45 t	X
43	Audaz	10/sep	20°48` S	70°20` W	40 t	X
44	Intrepido	10/sep	20°44` S	70°18` W	s/p	
45	Patillo	10/sep	20°49` S	70°21` W	s/p	
46	Manuel Rojas	14/sep	20°54` S	71°56` W	0,1 t	X
47	Manuel Rojas	14/sep	20°56` S	71°23` W	s/p	

Continuación

LANCE	BARCO	FECHA	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA	LANCES ANCHOVETA
49	Manuel Rojas	15/sep	22°08` S	70°47` W	s/p	
50	Costa Grande IV	20/sep	21°06` S	70°14` W	20 t	X
51	Costa Grande IV	20/sep	21°12` S	70°17` W	30 t	X
52	Eperva 66	20/sep	20°16` S	70°16` W	30 t	X
53	Tornado	20/sep	20°17` S	70°12` W	130 t	X
54	Costa Grande IV	21/sep	20°22` S	70°14` W	100 t	X
55	Audaz	21/sep	20°23` S	70°20` W	30 t	X
56	Audaz	21/sep	20°27` S	70°21` W	70 t	X
57	Manuel Rojas	21/sep	20°32` S	70°20` W	10 t	X
58	Manuel Rojas	21/sep	20°32` S	70°25` W	50 t	X
59	Corpesca I	21/sep	20°35` S	70°27` W	80 t	X
60	Audaz	21/sep	20°34` S	70°28` W	30 t	X
61	Tornado	21/sep	21°01` S	70°16` W	s/p	
62	Eperva 64	21-sep	20°31` S	70°27` W	s/p	
63	Corpesca I	21/sep	20°33` S	70°24` W	s/p	
64	Eperva 64	22-sep	20°36` S	70°29` W	50 t	X
65	Tornado	22/sep	20°39` S	70°21` W	200 t	X
66	Manuel Rojas	22/sep	20°36` S	70°22` W	10 t	X
67	Costa Grande IV	22/sep	20°42` S	70°26` W	40 t	X
68	Manuel Rojas	22/sep	20°42` S	70°22` W	10 t	X
69	Audaz	23/sep	20°44` S	70°24` W	200 t	X
70	Costa Grande IV	23/sep	20°42` S	70°28` W	30 t	X
71	Costa Grande IV	23/sep	20°47` S	70°21` W	80 t	X
72	Manuel Rojas	24/sep	20°53` S	70°20` W	40 t	X
73	Manuel Rojas	24/sep	21°00` S	70°22` W	40 t	X
74	Salmón	25/sep	21°14` S	70°43` W	75 t	X
75	Valencia	25/sep	20°48` S	70°15` W	0,1 t	X
76	Salmón	25/sep	21°23` S	70°29` W	s/p	
77	Salmón	25/sep	21°18` S	70°45` W	s/p	
78	Manuel Rojas	26/sep	21°29` S	70°53` W	60 t	X
79	Manuel Rojas	26/sep	21°27` S	70°20` W	s/p	
80	Tornado	27/sep	21°40` S	70°53` W	170 t	X
81	Tornado	27/sep	21°46` S	71°03` W	170 t	X
82	Tornado	27/sep	21°43` S	70°55` W	s/p	
83	Eperva 50	27/sep	21°45` S	71°00` W	s/p	
84	Costa Grande IV	28/sep	21°15` S	70°20` W	80 t	X
85	Costa Grande IV	28/sep	21°18` S	70°13` W	40 t	X
86	Tornado	29/sep	21°28` S	70°16` W	180 t	X
87	Manuel Rojas	29/sep	21°27` S	70°20` W	s/p	
88	Costa Grande IV	30/sep	19°07` S	70°25` W	30 t	X

s/p: Lances sin pesca.

Tabla 9. Resultados del análisis de regresión para los modelos ajustados entre la fecundidad parcial con peso corporal y longitud total.

Sa y Sb: Error estándar del parámetro.

Modelos	Lineal	Potencial	Exponencial
Estadígrafo	PESO CORPORAL		
a	11341,2	7429,16	12147
Sa	2719,1	3593,29	1938,6
b	259,56	0,27	0,0154
Sb	121,04	0,155	0,00704
r	0,25	0,24	0,26
n	69	69	69
MSE	$4.5281 \cdot 10^8$	$4.5494 \cdot 10^8$	$4.5230 \cdot 10^8$
Estadígrafo	LONGITUD TOTAL		
a	-1623,5	2897,1	5650
Sa	7177,9	3272	2374,9
b	1281,4	0,663	0,076
Sb	489,9	0,419	0,0286
r	0,3	0,28	0,31
n	69	69	69
MSE	$4,3906 \cdot 10^8$	$4,4613 \cdot 10^8$	$4,3849 \cdot 10^8$

Tabla 10: Resumen de los datos de los lances. Promedios de las 30 primeras hembras maduras de: longitud total (LT), peso total corregido (PTCOR), peso corporal (PC), peso gónada (PG), fecundidad parcial estimada (FPE), hembras maduras (HM), hembras hidratadas (HH), folículos postovulatorios de edad 0, 1 y 2 días. Peso total de hembras corregidas (PTHCOR), hembras (H), peso total de machos corregidos (PTMCOR), machos (M) del muestreo de proporción sexual.

DATOS LANCES					PROMEDIOS HEMBRAS MADURAS								PROPORCIÓN SEXUAL					
Lance	Fecha	Colecta	Posición		LT	PTCOR	PC	PG	FPE	HM	HH	EDAD F.P.O.			PTHCOR	H	PTMCOR	M
(n)	(d-m)	(h)	(S)	(W)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(n)	(n)	(n)	0	1	2	(g)	(n)	(g)	(n)
1	21-8	7:00	18°25'	70°35'	13,4	19,7	18,1	1,7	16026	30	0	0	0	3	18,4	46	16,7	52
2	22-8	11:10	19°26'	70°23'	13,8	20,8	19,1	1,7	16298	30	0	0	0	5	19,3	50	18,1	51
3	26-8	13:45	20°13'	70°34'	14,1	20,4	18,9	1,9	16140	30	11	0	2	4	19,4	29	18,6	70
4	26-8	16:35	20°18'	70°27'	13,8	19,3	18,1	2,0	15845	30	15	0	0	8	19,6	42	19,4	56
5	27-8	6:15	21°12'	70°12'	14,6	23,6	21,2	2,4	16854	30	0	0	6	3	21,4	33	20,6	66
6	27-8	10:20	18°32'	70°36'	13,8	21,2	20,0	1,2	16544	30	0	5	10	2	21,0	35	20,7	65
8	28-8	7:15	21°26'	70°07'	14,3	21,8	20,6	1,2	16695	30	1	0	7	5	21,2	46	19,6	54
9	28-8	10:50	20°06'	70°34'	14,2	22,0	20,3	1,7	16620	30	0	0	2	0	20,6	44	20,5	52
11	29-8	4:45	21°29'	70°11'	13,9	21,7	20,5	1,2	16669	30	0	7	9	0	19,6	46	18,1	54
12	29-8	9:10	20°34'	70°33'	14,5	23,0	21,6	1,5	16935	30	0	0	9	1	21,8	27	21,2	73
13	29-8	15:00	20°13'	70°33'	13,8	20,6	19,4	1,4	16320	30	9	0	4	8	20,1	60	19,2	40
14	30-8	3:25	21°32'	70°09'	14,0	21,1	19,9	1,2	16508	30	0	1	5	5	19,1	49	19,2	51
15	30-8	10:30	21°37'	70°14'	14,1	21,2	20,0	1,3	16508	30	3	0	5	2	19,6	43	20,7	57
16	30-8	15:20	20°32'	70°35'	14,0	21,4	20,1	1,6	16493	30	10	0	5	7	19,5	56	18,7	46
18	2-9	13:45	20°50'	70°19'	14,2	21,3	20,1	1,4	16527	30	7	0	5	3	21,8	67	22,0	33
19	2-9	15:50	20°36'	70°39'	14,0	18,3	17,3	1,1	15820	30	7	0	2	9	16,8	42	16,7	58
20	2-9	16:00	20°40'	70°43'	13,8	20,2	19,1	1,2	16268	30	4	0	1	16	19,5	32	20,1	41
22	4-9	9:30	20°00'	70°27'	13,6	17,7	16,7	1,0	15663	30	0	2	15	0	18,7	35	17,7	64
23	4-9	12:30	20°04'	71°40'	13,5	17,1	16,2	0,9	15537	30	0	0	7	9	17,2	31	17,5	68
24	4-9	18:05	19°54'	71°06'	13,7	18,2	17,2	1,2	15740	30	15	0	0	8	17,7	28	18,5	65
26	9-9	9:00	21°07'	70°15'	14,4	23,0	21,6	1,5	16904	30	4	0	2	8	20,9	52	21,2	48
27	9-9	13:55	21°36'	70°11'	14,2	21,5	20,3	1,2	16609	30	0	0	3	8	19,9	62	19,1	37
28	9-9	14:55	20°54'	70°20'	14,3	21,9	20,6	1,5	16640	30	6	0	2	7	23,3	58	21,9	42
29	10-9	5:05	20°54'	70°18'	14,2	22,5	21,3	1,2	16868	30	0	0	5	9	23,0	52	22,0	48
30	10-9	8:35	20°49'	70°25'	14,3	24,7	23,3	1,4	17378	30	0	0	4	3	22,3	67	21,5	33
31	10-9	9:10	20°50'	70°25'	14,3	21,7	20,5	1,2	16651	30	1	0	3	1	20,1	42	20,1	60
32	10-9	10:05	20°59'	70°29'	14,7	24,1	22,5	1,5	17192	30	1	1	0	3	22,3	57	21,3	42
33	10-9	12:20	20°47'	70°20'	14,2	23,3	21,8	1,5	16983	30	3	0	3	8	24,2	55	22,5	45
34	10-9	12:40	20°48'	70°20'	14,3	22,7	21,2	1,6	16821	30	4	0	2	4	20,0	59	18,7	41
37	14-9	14:30	20°54'	71°56'	15,1	24,4	22,8	1,7	17230	30	5	0	2	2	22,5	52	20,5	48
41	20-9	5:20	21°06'	70°14'	14,2	20,5	19,4	1,1	16380	30	0	10	9	0	20,0	47	18,9	53
42	20-9	10:00	21°12'	70°17'	14,5	22,8	21,3	1,5	16877	30	0	0	1	1	22,5	67	22,1	33
43	20-9	11:10	20°16'	70°16'	14,0	18,9	17,7	1,2	15940	30	0	0	6	1	18,2	57	18,2	42
44	20-9	13:10	20°17'	70°12'	14,0	20,1	18,9	1,4	16202	30	6	0	3	3	19,5	35	19,0	65
45	21-9	6:00	20°22'	70°14'	13,9	21,2	19,9	1,3	16497	30	0	0	1	1	19,3	48	18,8	52
46	21-9	9:55	20°23'	70°20'	14,0	20,1	18,9	1,3	16209	30	4	0	3	1	18,4	52	17,5	48
47	21-9	11:05	20°27'	70°21'	14,0	21,0	19,5	1,5	16400	30	0	0	0	1	17,2	47	19,2	53
48	21-9	11:15	20°32'	70°20'	14,5	21,9	20,5	1,3	16671	30	0	0	9	2	19,5	52	19,5	47
49	21-9	14:00	20°32'	70°25'	14,7	22,4	20,9	1,7	16727	30	8	0	2	0	21,6	56	19,4	44
50	21-9	15:15	20°35'	70°27'	14,3	21,4	20,2	1,4	16526	30	13	0	1	4	20,8	63	19,6	33
51	21-9	16:56	20°34'	70°28'	14,0	20,1	18,9	1,3	16234	30	2	0	3	7	19,3	70	18,0	30
55	22-9	5:35	20°36'	70°29'	14,3	23,0	21,7	1,2	16986	30	0	5	1	6	19,5	53	20,3	48
56	22-9	7:20	20°39'	70°21'	14,1	21,3	20,1	1,2	16557	30	0	0	3	1	18,9	42	19,2	59
57	22-9	9:25	20°36'	70°22'	14,1	20,9	19,7	1,2	16448	30	0	1	7	4	19,9	49	19,1	51
58	22-9	11:10	20°42'	70°25'	14,5	22,0	20,7	1,2	16724	30	1	0	10	4	19,6	57	19,0	43
59	22-9	13:45	20°42'	70°26'	14,1	21,0	19,6	1,4	16430	30	2	0	0	2	19,6	52	18,5	48
60	23-9	7:32	20°44'	70°24'	14,3	22,8	21,2	1,6	16838	30	0	0	4	4	19,9	57	19,1	43
61	23-9	9:12	20°42'	70°28'	14,4	21,7	20,5	1,2	16658	30	0	1	8	4	21,2	74	20,0	25
62	23-9	11:24	20°47'	70°21'	14,0	19,5	18,5	1,0	16144	30	0	0	8	7	19,7	29	19,7	71
63	24-9	3:55	20°53'	70°20'	14,3	21,6	20,5	1,1	16660	30	0	9	1	4	19,5	47	19,4	53
64	24-9	9:15	21°00'	70°22'	14,4	21,4	20,4	1,0	16644	30	0	0	14	2	19,9	49	19,7	51
65	25-9	16:50	21°14'	70°43'	14,3	21,5	20,2	1,3	16587	30	2	0	0	1	19,3	61	18,2	39
66	25-9	23:50	20°48'	70°15'	13,8	18,8	18,0	0,7	16023	30	0	22	0	4	19,4	35	19,7	75
69	26-9	7:00	21°29'	70°53'	14,1	20,9	19,5	1,4	16396	30	0	3	4	0	19,7	51	18,8	49
71	27-9	5:50	21°40'	70°53'	14,6	21,8	20,6	1,2	16676	30	0	1	10	6	20,3	64	18,5	36
72	27-9	10:30	21°46'	71°03'	14,6	23,2	21,9	1,3	17017	30	0	0	3	6	22,3	40	21,0	60
75	28-9	7:50	21°15'	70°20'	14,2	22,8	21,6	1,2	16942	30	0	0	0	2	21,0	67	20,3	33
76	28-9	12:00	21°18'	70°13'	13,9	21,3	20,2	1,1	16579	30	0	0	1	1	21,3	71	19,7	29
77	29-9	18:20	21°28'	70°16'	14,5	22,4	21,3	1,1	16864	30	0	0	3	8	21,9	72	21,6	28
79	30-9	13:05	19°07'	70°25'	13,9	19,4	18,5	0,9	16134	30	0	0	3	4	18,8	50	18,9	50

Tabla 11. Parámetros calculados a través de la aplicación del MPH para la anchoveta en la I y II Regiones, Chile.

ANOS	PESO (g)	FECUNDIDAD PARCIAL (Nº ovocitos)	FRECUENCIA DE DESOVE (%)	PROPORCION SEXUAL (%)	PRODUCCION DE HUEVOS Po (nº huevos / 0,05 m ² día)	BIOMASA STOCK DESOVANTE	
						Limite inferior o estructural (t)	Interpolación o funcional (t)
1992	21	14.917	0,16	0,48	39,01	388.11	506.703
1995	29	15.405	0,18	0,42	31,31	406.666	712.020
1996	30	19.658	0,17	0,46	26,9	163.37	385.278
1997	22	12.102	0,13	0,52	23,75	322.497	642.394
1999	23	10.600	0,17	0,46	25,71	327.509	368.229
2000	31	16.279	0,19	0,50	42,17	587.806	754.040
2001	32	15.911	0,19	0,47	66,85	332.243	425.890
2002	21	16.521	0,14	0,51	25,30	567.175	757.308

Tabla 12. Estadísticas descriptivas de las principales variables monitoreadas en los cruceros de ictioplancton. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 a 2002.

		Año 1992							
		Total estaciones	542						
		Estac. positivas	212						
		Estac. negativas	330						
		Total huevos	10974						
	Número de huevos/estación	Temperatura superficial ° C	Salinidad superficial (psu)	Latitud	Longitud	Temperatura a 10 m ° C	Salinidad a 10 m (psu)	Hora estación	
Mínimo	0	14.3	34.7	18.3	70.1	13.6	34.7	0.0	
Promedio	20	16.5	34.9	20.8	70.8	16.3	34.9	10.9	
Mediana	0	16.6	34.9	20.7	70.7	16.5	34.9	10.8	
Máximo	331	18.7	35.3	23.8	71.8	17.8	35.3	24.0	
Obs. No disp.	0	0	466	0	0	2	465	0	
Desv. Std.	52.5	0.9	0.1	1.7	0.4	1.0	0.1	7.3	

		Año 1995							
		Total estaciones	578						
		Estac. positivas	208						
		Estac. negativas	370						
		Total huevos	7555						
	Número de huevos/estación	Temperatura superficial ° C	Salinidad superficial (psu)	Latitud	Longitud	Temperatura a 10 m ° C	Salinidad a 10 m (psu)	Hora estación	
Mínimo	0	12.8	34.1	18.4	70.1	13.5	NA	0.1	
Promedio	13	15.6	34.7	21.6	70.7	15.3	NA	11.6	
Mediana	0	15.6	34.7	21.7	70.7	15.2	NA	12.3	
Máximo	1539	19.4	35.1	25.0	71.7	17.3	NA	24.0	
Obs. No disp.	0	1	1	0	0	369	578	369	
Desv. Std.	77.7	1.1	0.1	2.0	0.3	0.8	NA	6.8	

		Año 1996							
		Total estaciones	752						
		Estac. positivas	176						
		Estac. negativas	576						
		Total huevos	6718						
	Número de huevos/estación	Temperatura superficial ° C	Salinidad superficial (psu)	Latitud	Longitud	Temperatura a 10 m ° C	Salinidad a 10 m (psu)	Hora estación	
Mínimo	0	13.2	34.3	18.5	70.1	13.3	NA	0.2	
Promedio	9	15.3	34.7	22.2	70.7	15.3	NA	12.7	
Mediana	0	15.3	34.7	22.2	70.6	15.4	NA	13.4	
Máximo	611	17.0	34.9	26.0	71.8	16.8	NA	23.6	
Obs. No disp.	0	1	2	0	0	7	752	577	
Desv. Std.	41.8	0.5	0.1	2.1	0.3	0.7	NA	7.0	

		Año 1997							
		Total estaciones	800						
		Estac. positivas	209						
		Estac. negativas	591						
		Total huevos	8054						
	Número de huevos/estación	Temperatura superficial ° C	Salinidad superficial (psu)	Latitud	Longitud	Temperatura a 10 m ° C	Salinidad a 10 m (psu)	Hora estación	
Mínimo	0	16.0	34.5	18.4	70.1	15.8	34.5	0.1	
Promedio	10	18.4	35.0	22.2	70.8	18.3	35.0	11.9	
Mediana	0	18.2	35.0	22.2	70.8	18.0	35.0	11.8	
Máximo	947	21.0	35.3	26.1	71.9	20.6	35.3	24.0	
Obs. No disp.	0	9	9	0	0	9	9	1	
Desv. Std.	52.1	1.4	0.2	2.3	0.4	1.4	0.2	6.9	

Continuación Tabla 12

		Año 1999							
		Total estaciones		598					
		Estac. positivas		132					
		Estac. negativas		466					
		Total huevos		7582					
	Número de huevos/estación	Temperatura superficial ° C	Salinidad superficial (psu)	Latitud	Longitud	Temperatura a 10 m ° C	Salinidad a 10 m (psu)	Hora estación	
Mínimo	0	13.1	34.4	18.4	70.1	13.1	34.4	0.0	
Promedio	13	16.0	34.8	22.2	70.8	15.8	34.8	11.9	
Mediana	0	15.7	34.8	22.2	70.8	15.6	34.7	12.2	
Máximo	1649	17.8	35.2	26.1	71.8	17.7	35.2	23.8	
Obs. No disp.	0	0	19	0	0	0	29	1	
Desv. Std.	86.0	1.0	0.2	2.2	0.4	1.0	0.2	7.1	

		Año 2000							
		Total estaciones		502					
		Estac. positivas		212					
		Estac. negativas		290					
		Total huevos		10473					
	Número de huevos/estación	Temperatura superficial ° C	Salinidad superficial (psu)	Latitud	Longitud	Temperatura a 10 m ° C	Salinidad a 10 m (psu)	Hora estación	
Mínimo	0	14.0	34.5	18.4	70.1	13.4	34.4	0.1	
Promedio	21	15.9	34.8	22.1	70.7	15.7	34.8	11.8	
Mediana	0	15.9	34.8	22.0	70.6	15.8	34.8	11.8	
Máximo	518	17.3	35.0	26.0	71.6	17.1	35.0	24.0	
Obs. No disp.	0	0	3	0	0	0	2	0	
Desv. Std.	61.0	0.7	0.1	2.0	0.3	0.8	0.1	7.0	

		Año 2001							
		Total estaciones		514					
		Estac. positivas		60					
		Estac. negativas		454					
		Total huevos		7465					
	Número de huevos/estación	Temperatura superficial ° C	Salinidad superficial (psu)	Latitud	Longitud	Temperatura a 10 m ° C	Salinidad a 10 m (psu)	Hora estación	
Mínimo	0	13.7	34.4	18.6	70.1	13.1	34.4	0.1	
Promedio	15	15.7	34.7	22.1	70.8	15.6	34.7	12.2	
Mediana	0	15.8	34.7	21.7	70.8	15.6	34.7	12.3	
Máximo	1977	17.1	35.1	26.1	71.8	16.9	35.1	24.0	
Obs. No disp.	0	1	1	0	0	3	3	1	
Desv. Std.	123.0	0.8	0.2	2.3	0.4	0.8	0.2	6.8	

		Año 2002							
		Total estaciones		588					
		Estac. positivas		309					
		Estac. negativas		279					
		Total huevos		18231					
	Número de huevos/estación	Temperatura superficial ° C	Salinidad superficial (psu)	Latitud	Longitud	Temperatura a 10 m ° C	Salinidad a 10 m (psu)	Hora estación	
Mínimo	0	13.7	34.4	18.4	70.1	13.1	34.4	0.0	
Promedio	31	16.1	34.8	22.3	70.9	15.9	34.8	12.1	
Mediana	1	16.2	34.8	22.2	70.9	15.9	34.8	12.5	
Máximo	1607	18.1	35.1	26.0	71.9	17.9	35.1	24.0	
Obs. No disp.	0	1	1	0	0	4	4	0	
Desv. Std.	97.6	1.2	0.2	2.2	0.4	1.2	0.2	7.0	

Tabla 13. Resumen ajuste GAM Poisson con sobre-dispersión para la variable conteo de huevos. Grados de libertad y test F para los efectos no-paramétricos

	Df Npar	Df Npar	F	P(F)	
Intercepto		1			
Ano		7			
s(Lat)		1	3	14.64225	0
s(Lon)		1	3	8.55406	0.0000188
s(T0)		1	3	3.36203	0.01794051
s(S0)		1	3	3.04919	0.0280856

Devianza nula: 336536.5 sobre 4370 grados de libertad
 Devianza residual: 268842.6 sobre 4347.211 grados de libertad
 Pseudo R²: 0.201
 Parámetro de dispersión: 235.005

Tabla 14. Resumen ajuste GAM Binomial para la variable presencia/ausencia de huevos. Grados de libertad y test Chi-cuadrado para los efectos no-paramétricos.

	Df Npar	Df Npar	Chisq	P(Chi)	
Intercepto		1			
Ano		7			
s(Lat)		1	3	172.5894	0
s(Lon)		1	3	35.3619	9.59E-08
s(T0)		1	3	46.5649	4E-10
s(S0)		1	3	18.6168	0.00031419

Devianza nula: 5366.513 sobre 4370 grados de libertad
 Devianza residual: 4629.115 sobre 4347.162 grados de libertad
 Pseudo R²: 0.137

Tabla 15. Principales resultados del ajuste del modelo exponencial de sobrevivencia para los huevos de anchoveta, 1992 a 2002.

Año	Parámetro	Estimación	Err Std	Valor t
1992	P ₀	39,1904	4,4802	8,7475
	Z	-0,8179	0,1240	-6,5931
1995	P ₀	31,3069	9,7929	3,1969
	Z	-0,5933	0,2675	-2,2181
1996	P ₀	26,9017	5,1536	5,2200
	Z	-0,3807	0,1522	-2,5007
1997	P ₀	23,7540	5,6783	4,1833
	Z	-0,2702	0,2385	-1,1329
1999	P ₀	25,7127	5,9255	4,3393
	Z	-0,66266	0,24372	-2,7189
2000	P ₀	42,1670	5,9837	7,0470
	Z	-1,05006	0,1694	-6,1987
2001	P ₀	66,849	27,369	2,4425
	Z	-0,4355	0,3002	-1,4507
2002	P ₀	25,30	3,2246	7,8459
	Z	-0,4857	0,113	-4,2982

1999*	P ₀	88,7723	33,0896	2,6828
	Z	-1,6885	0,6805	-2,4812
2001*	P ₀	127,3932	48,8807	2,6062
	Z	-0,8651	0,41393	-2,0900

* Estimaciones considerando observaciones atípicas.

Tabla 16. Resumen de resultados de la estimación de la biomasa desovante de anchoveta, bajo los criterios estructural y funcional, 1992-2002.

Año	Area Crucero (mn ²)	Area de desove (mn ²)		P ₀ (nº huevos/0,05 m ² día)	Biomasa (t)	
		Crit. Estruct. o Lim. Inf.	Crit. Func. o Interp.		Crit. Estruct. o Lim. Inf.	Crit. Func. o Interp.
1992	17055	7913	10332	39,01	388110	506783
1995	18137	7605	13315	31,31	406666	712020
1996	18353	4536	10698	26,90	163370	385278
1997	19627	7360	14660	23,75	322497	642394
1999	27374	6693	7525	25,71	327509	368229
2000	19539	10180	13059	42,17	587806	754040
2001	25921	3141	4026	66,85	332243	425890
2002	30264	17771	23728	25,30	567175	757308

FIGURAS

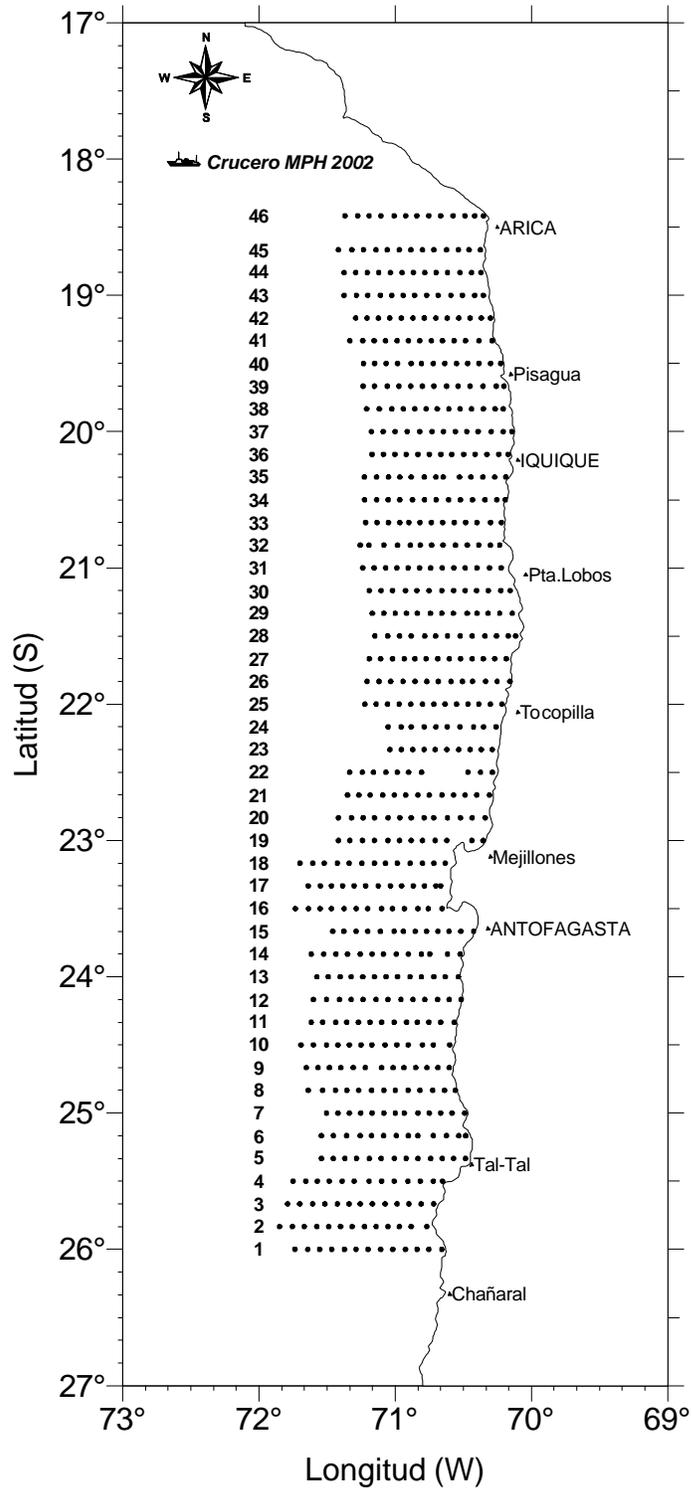


Figura 1. Ubicación de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MPH 2002.

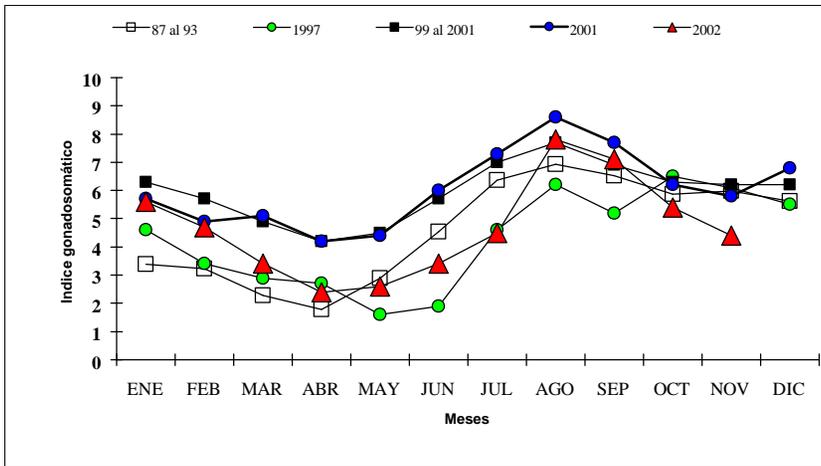


Figura 2. Evolución mensual del índice gonadosomático de la anchoveta en la I y II Regiones.

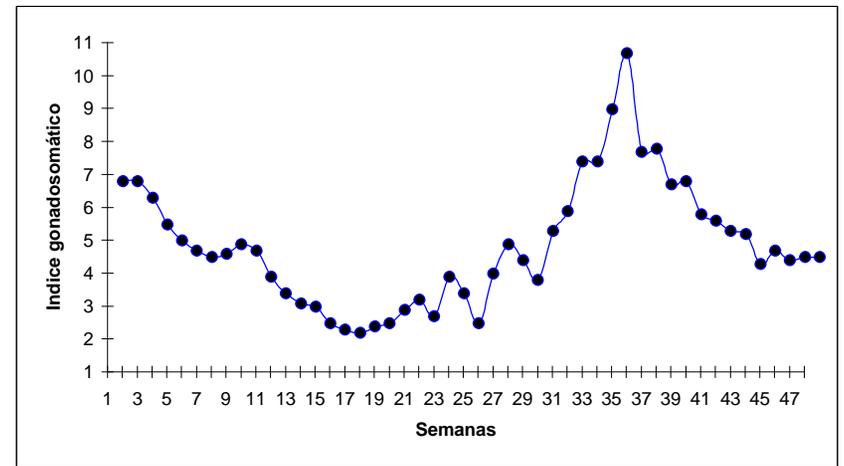


Figura 4. Evolución semanal del índice gonadosomático para la anchoveta en la I y II Regiones, año 2002.

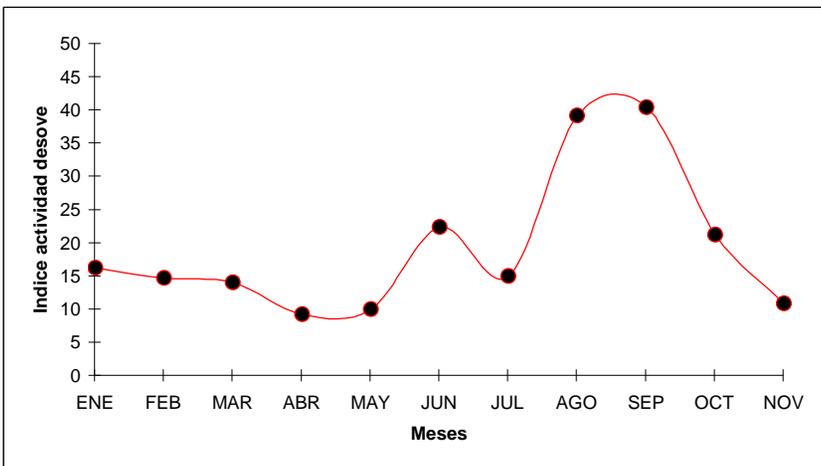


Figura 3. Evolución mensual del índice de actividad de desove de la anchoveta en la I y II Regiones, de enero a noviembre de 2002.

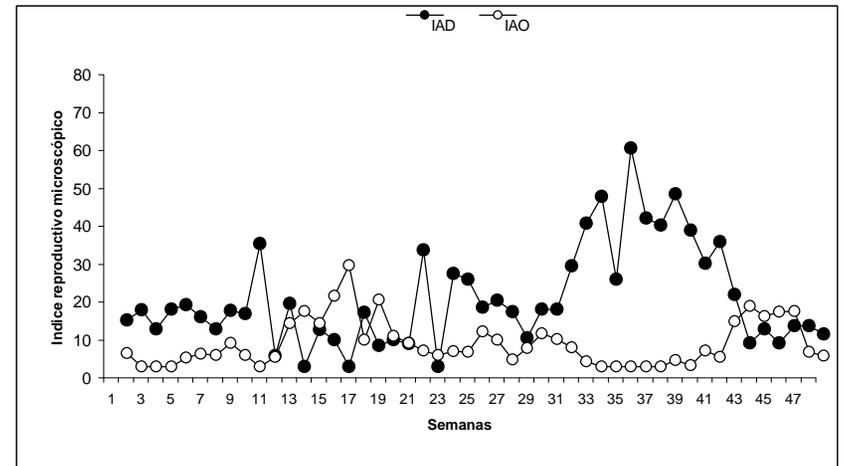


Figura 5. Evolución semanal de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO), año 2002.

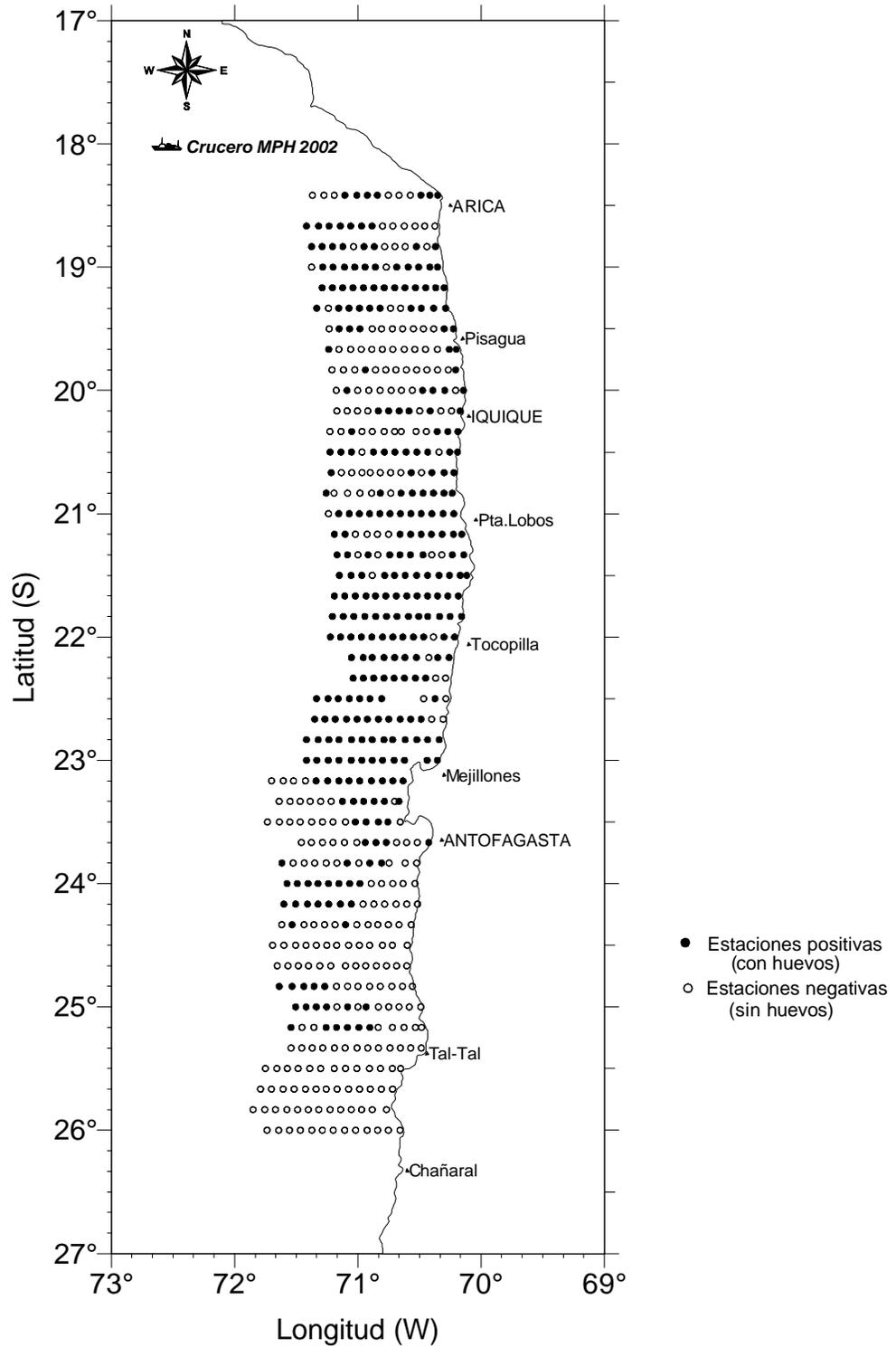


Figura 6. Distribución espacial de las estaciones de ictioplancton. Crucero MPH 2002.

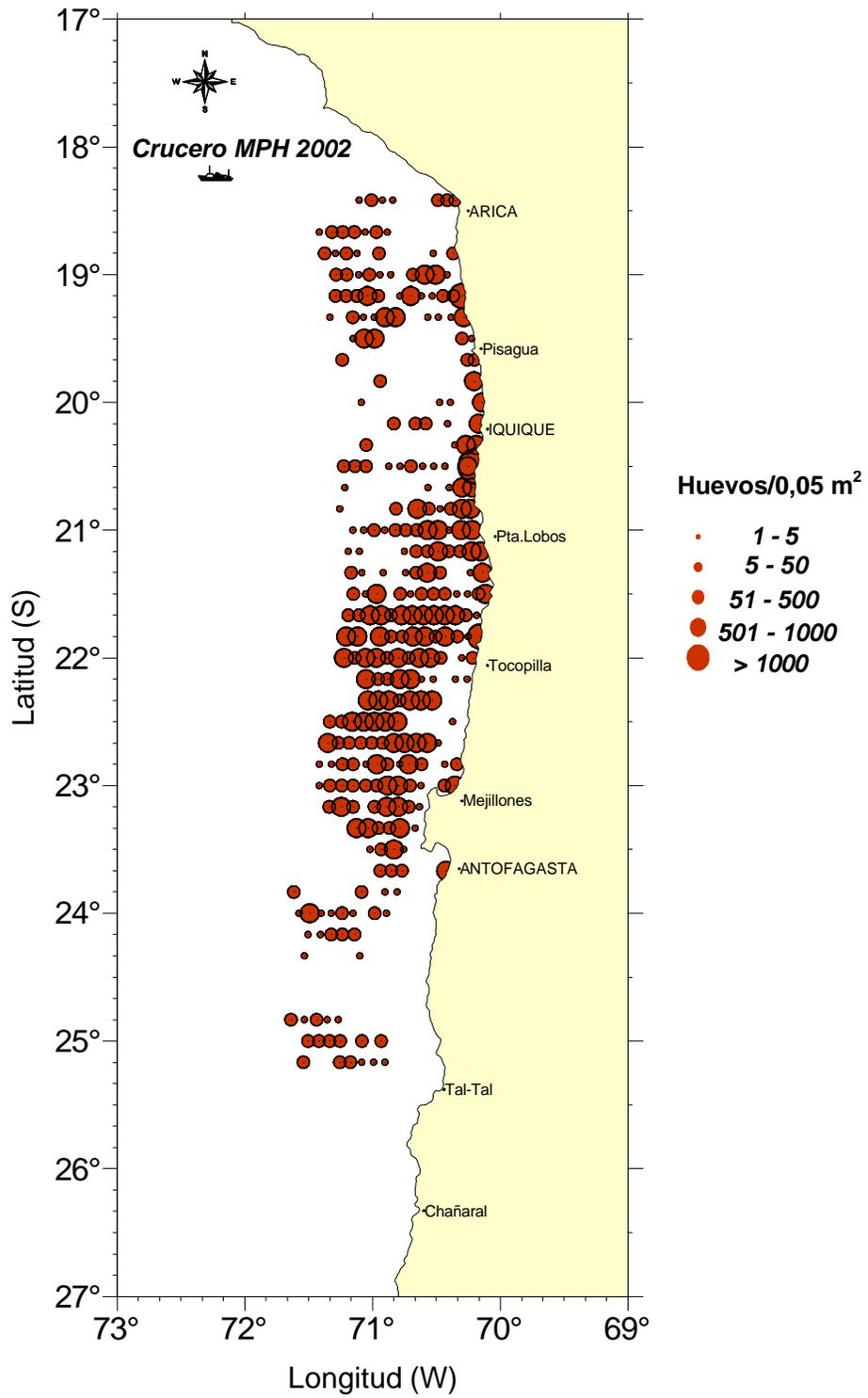


Figura 7. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH 2002.

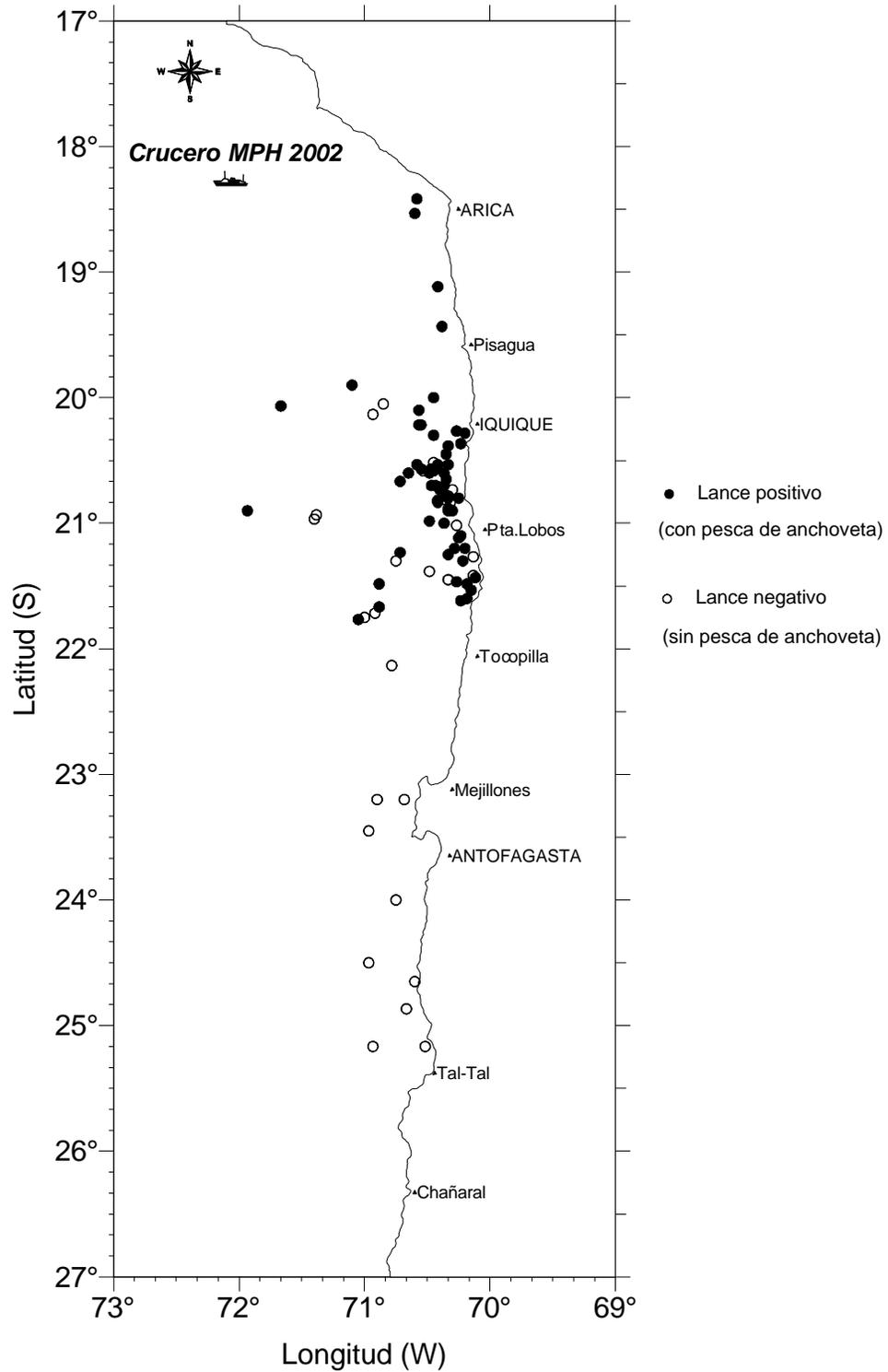


Figura 8. Distribución espacial de los lances de pesca realizados por embarcaciones cerqueras. Crucero MPH 2002.

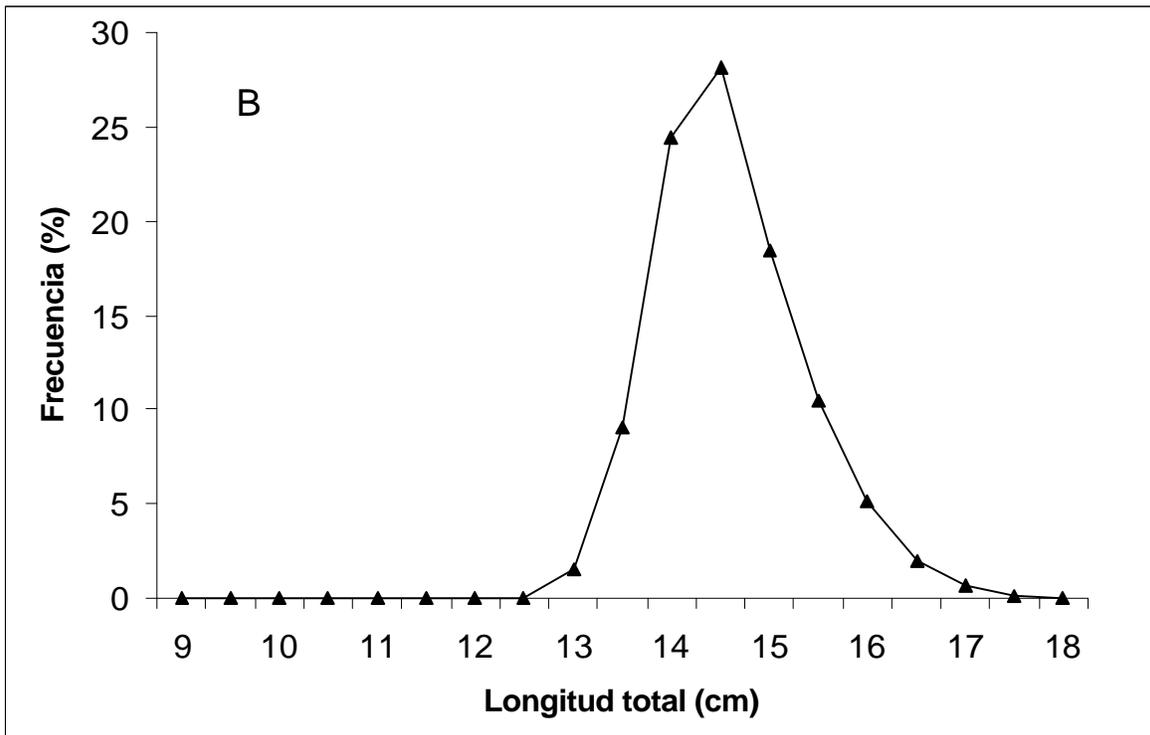
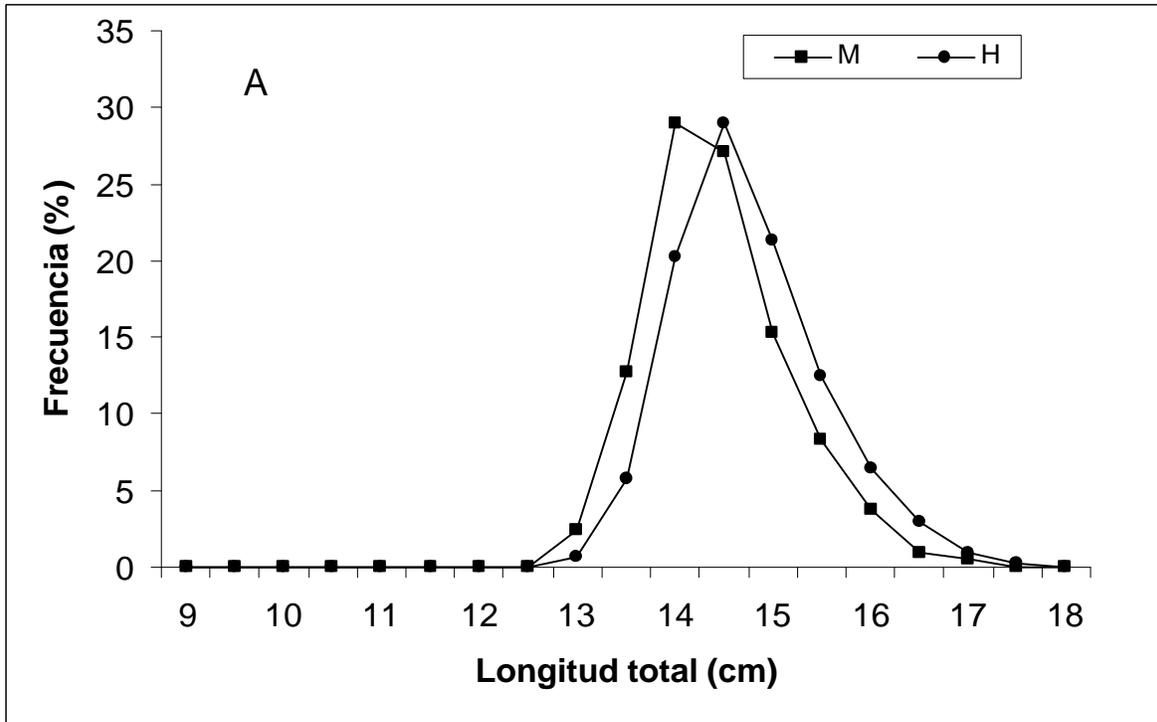


Figura 9. Distribución de tamaños de la anchoveta en la I y II Regiones. Crucero MPH 2002 (A: por sexo; B: total).

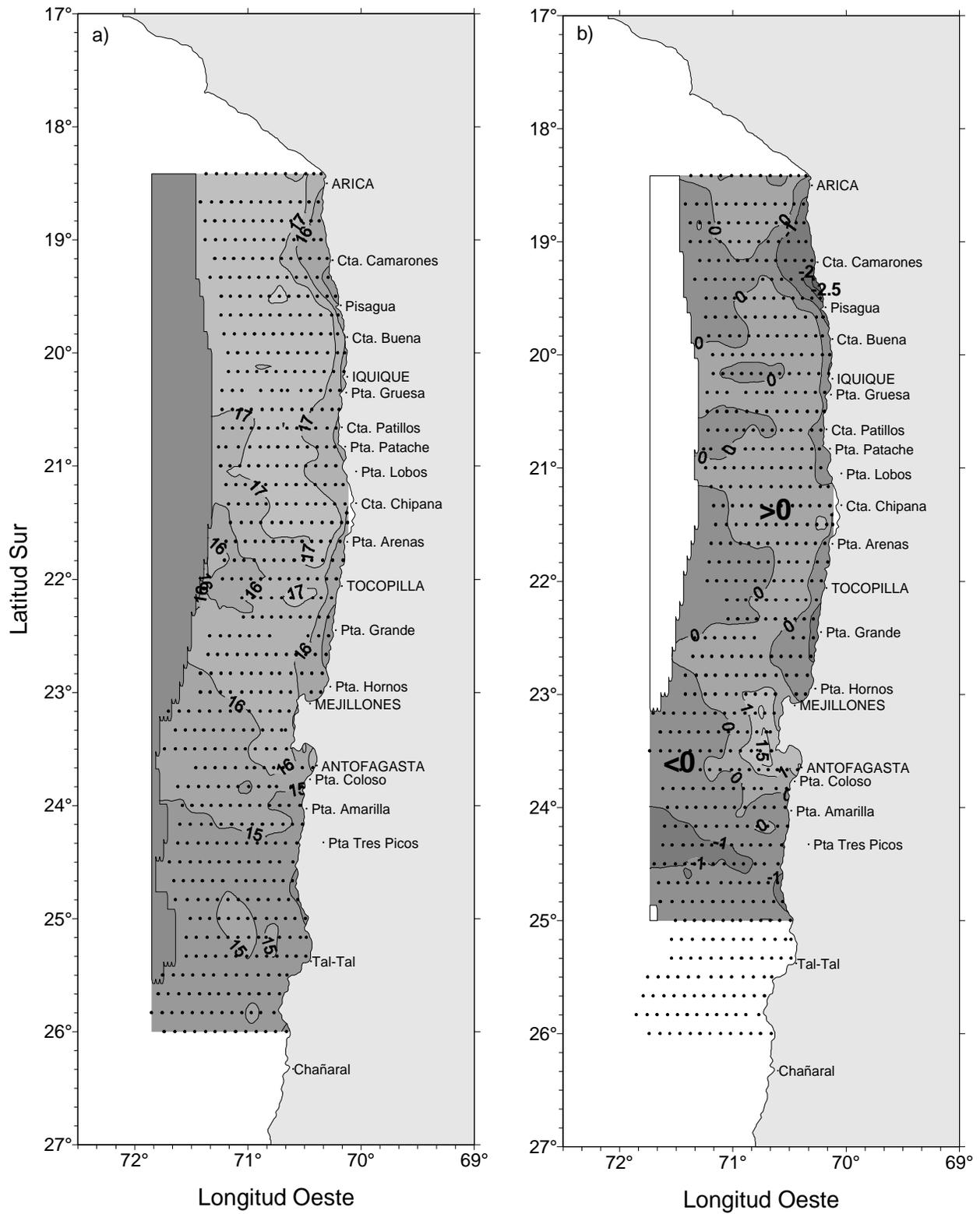


Figura 12. Distribución de a) temperatura superficial (°C) y b) anomalía de temperatura superficial (°C). Crucero MPH Agosto – Septiembre 2002

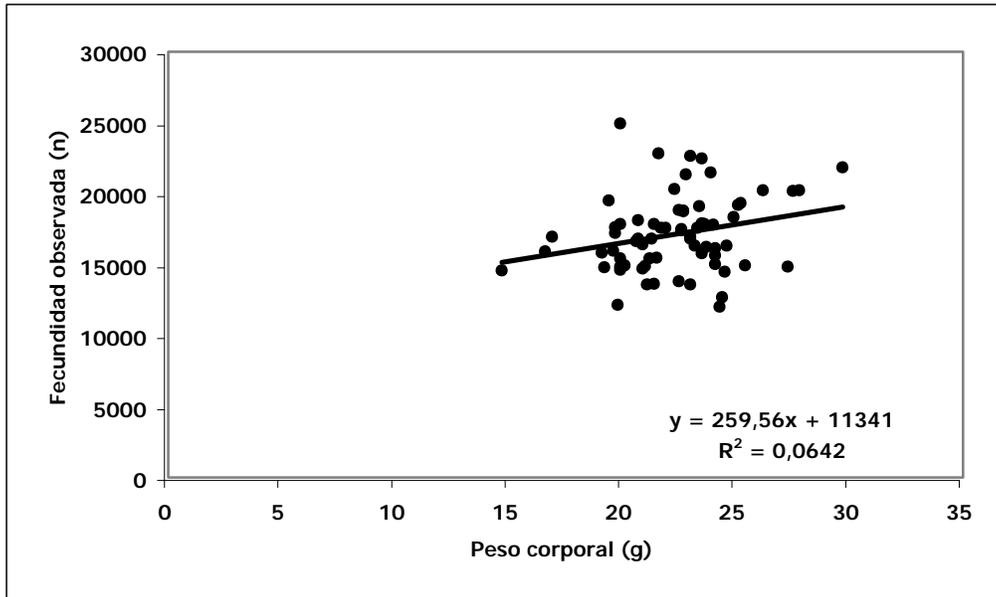


Figura 10. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de hembras hidratadas de anchoveta. Agosto- septiembre, 2002.

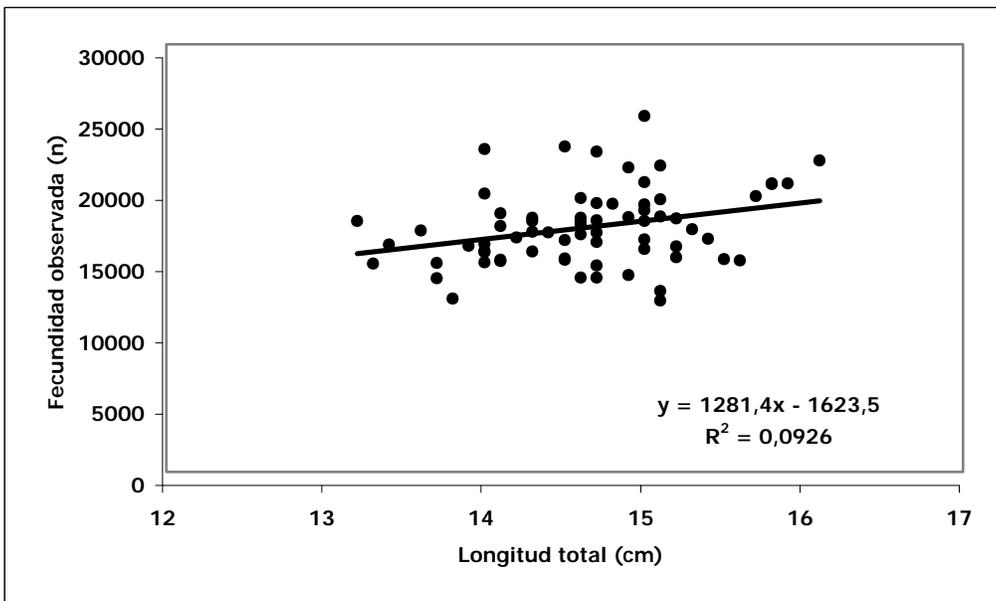


Figura 11. Regresión entre la fecundidad parcial y la longitud total de hembras hidratadas de anchoveta. Agosto- septiembre, 2002.

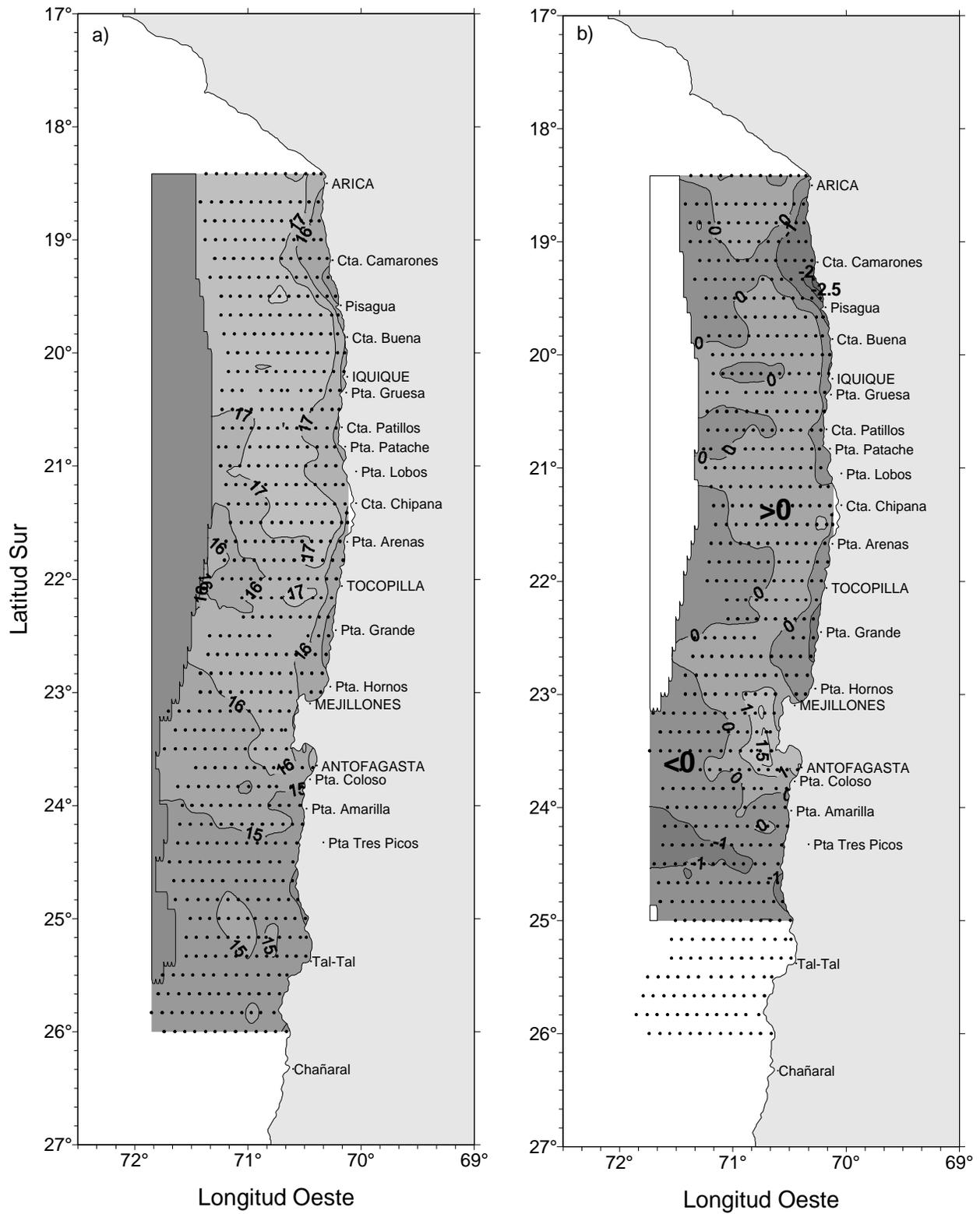


Figura 12. Distribución de a) temperatura superficial (°C) y b) anomalía de temperatura superficial (°C). Crucero MPH Agosto – Septiembre 2002

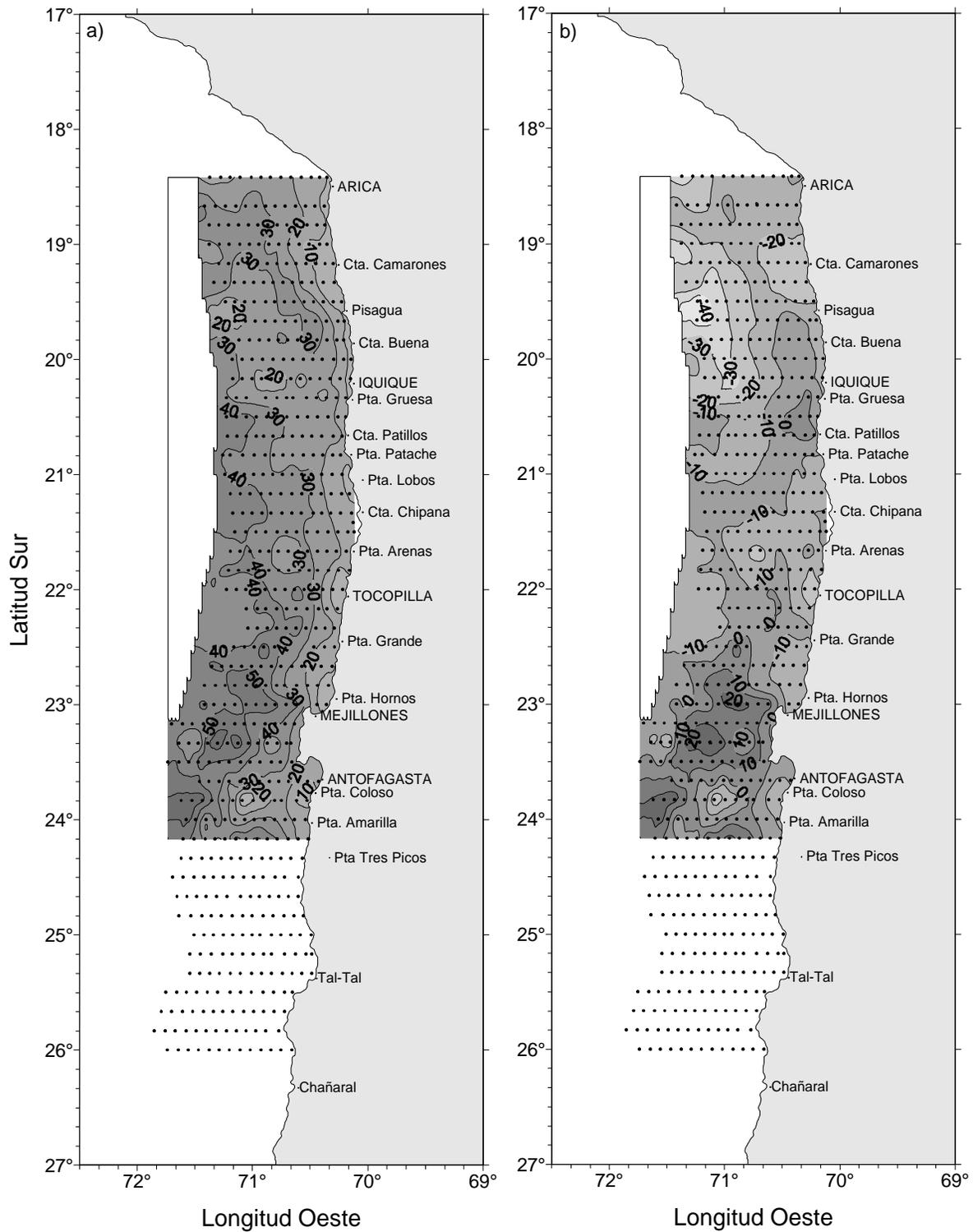


Figura 13. Distribución de a) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C (m). Crucero MPH agosto – septiembre 2002.

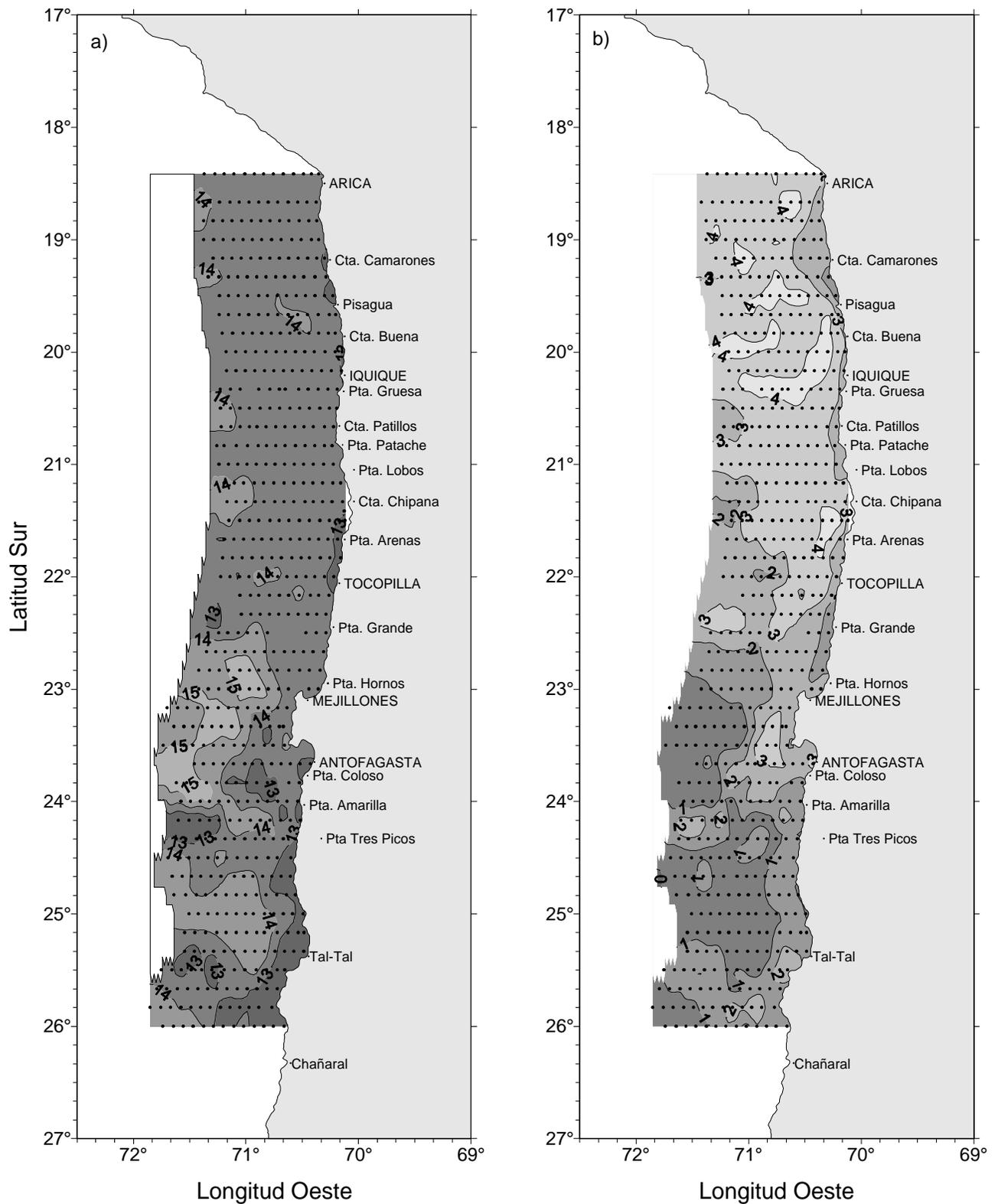


Figura 14. Distribución de a) temperatura (°C) a nivel de 50 m de profundidad y b) diferencia de temperatura (°C) entre superficie y el nivel de 50 m de profundidad. Crucero MPH Agosto – Septiembre 2002.

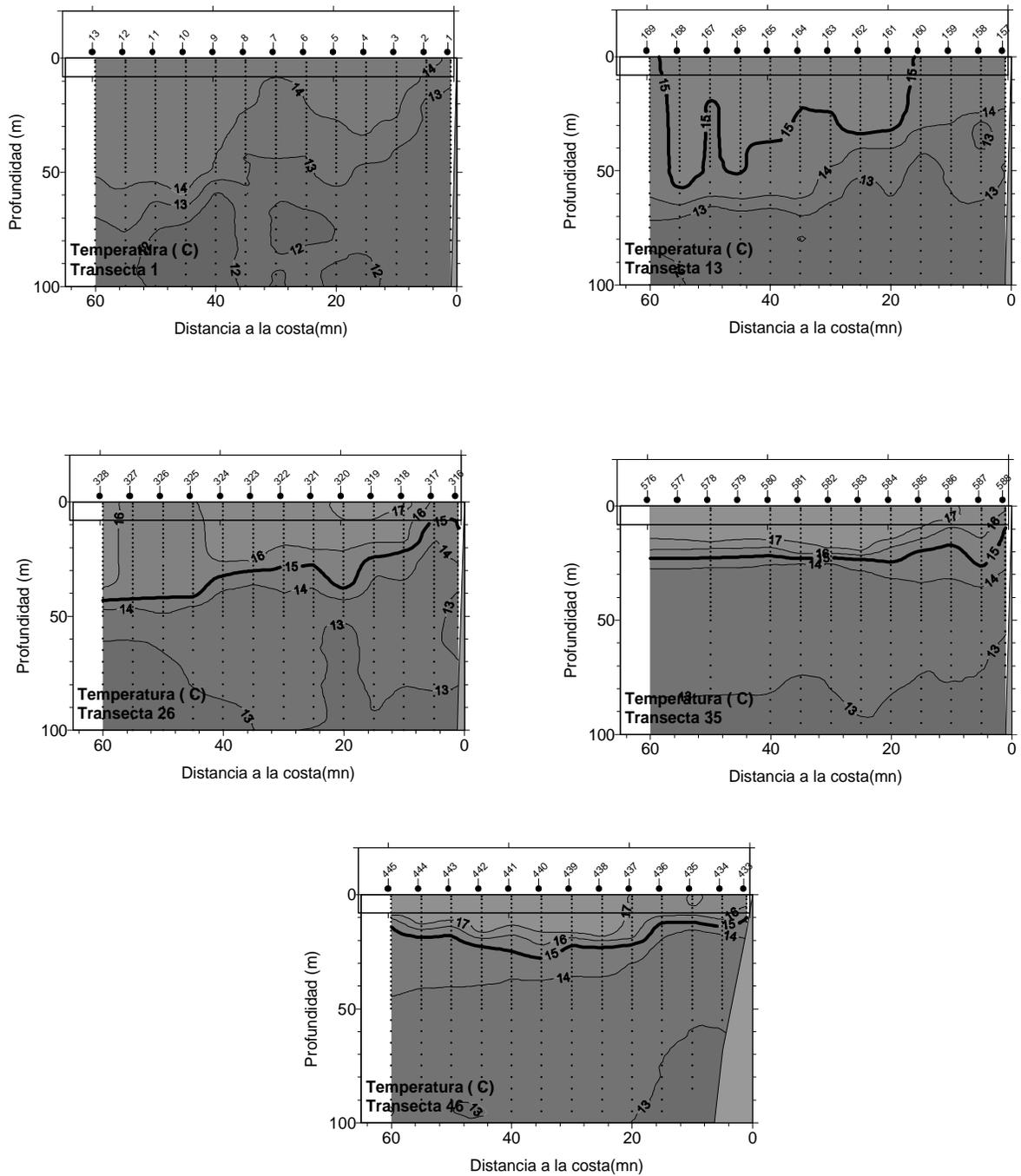


Figura 15. Distribución vertical de temperatura (°C) a lo largo de 5 transectas perpendiculares a la costa. Crucero MPH, agosto-septiembre, 2002.

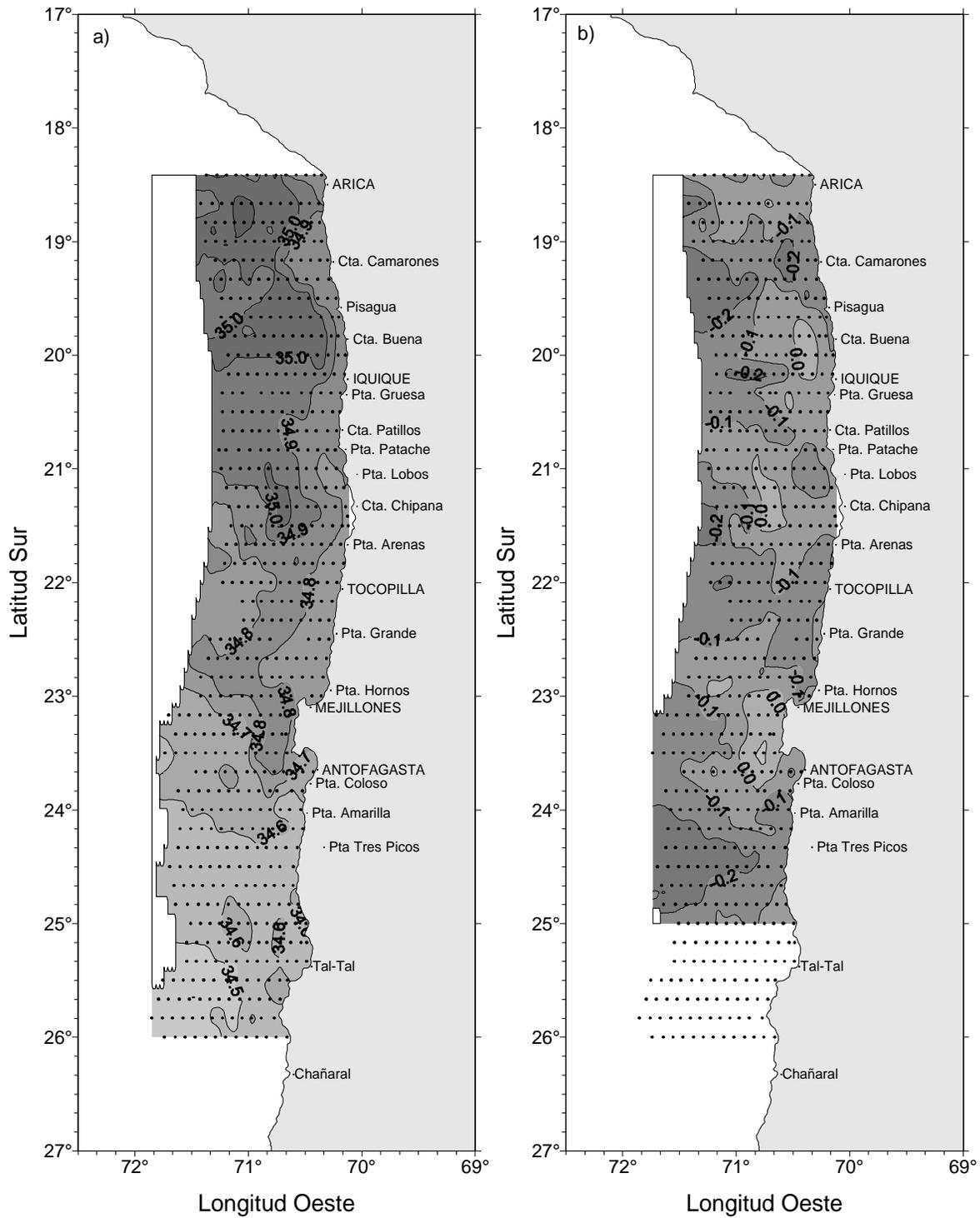


Figura 16. Distribución de a) salinidad superficial (psu) y b) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH, agosto-septiembre, 2002.

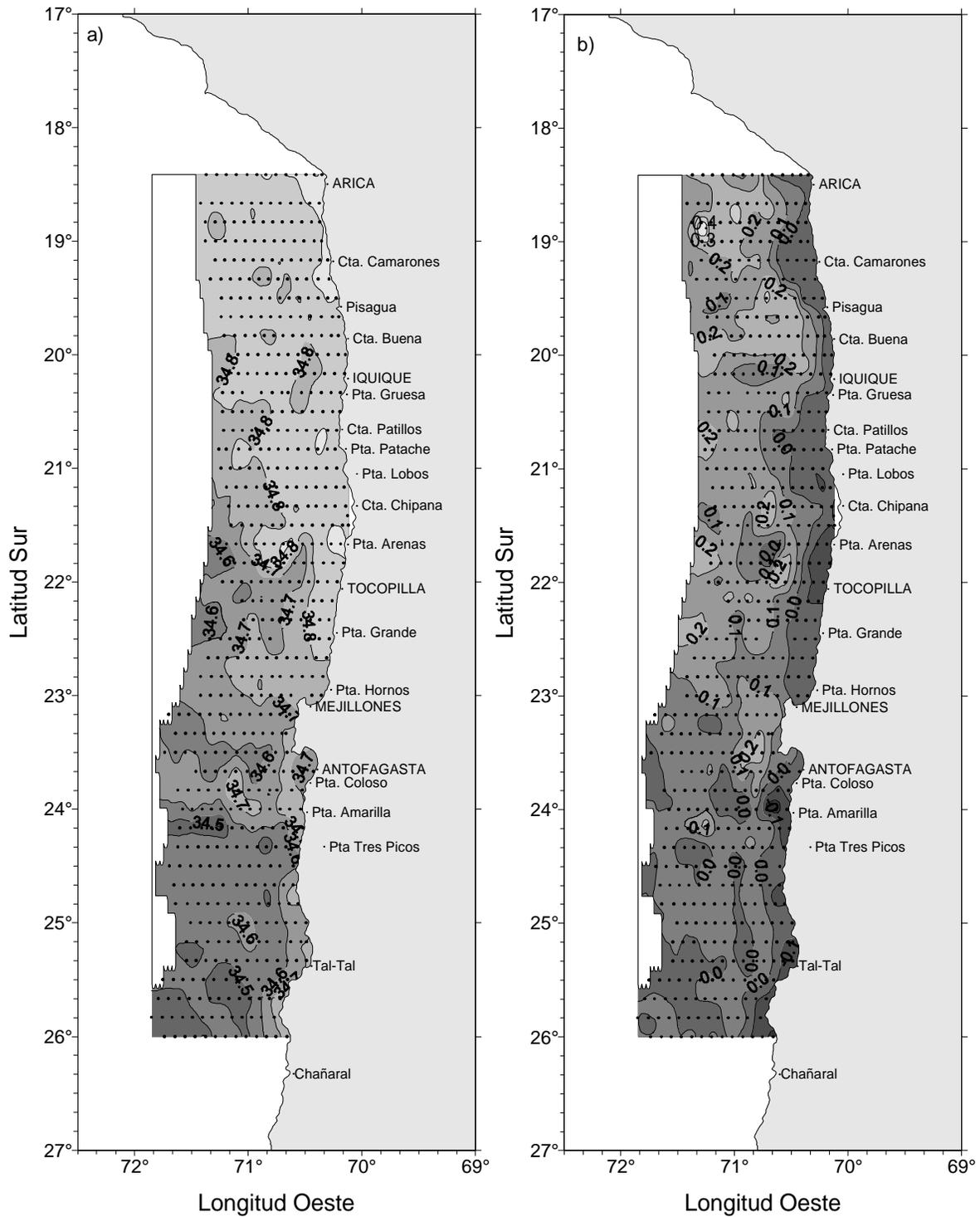


Figura 17. Distribución de a) salinidad (psu) a nivel de 50 m de profundidad y b) diferencia de salinidad (psu) entre superficie y el nivel de 50 m de profundidad. Crucero MPH, agosto – septiembre, 2002.

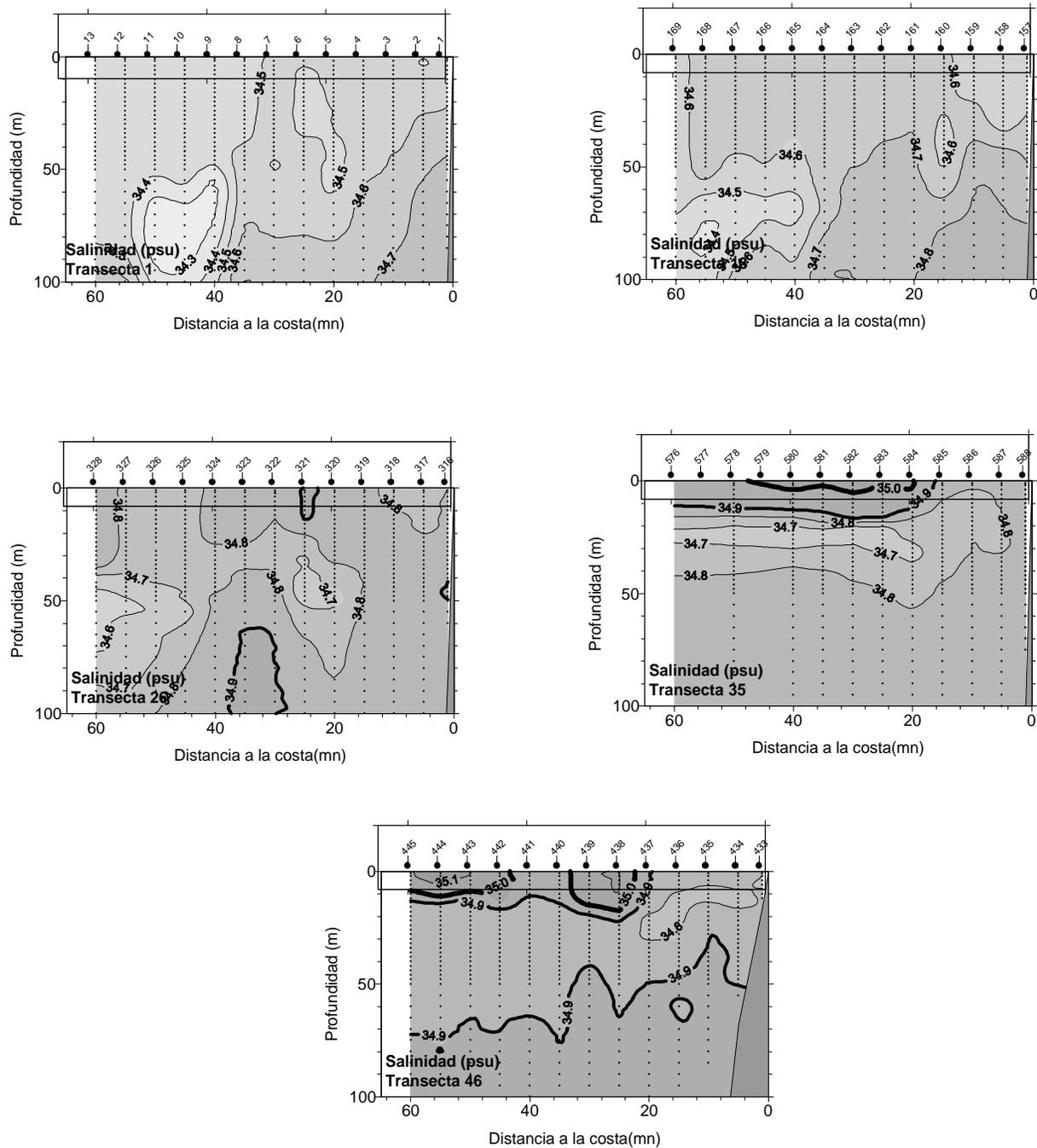


Figura 18. Distribución vertical de salinidad (psu) a lo largo de 5 transectas perpendiculares a la costa. Crucero MPH, agosto-septiembre, 2002.

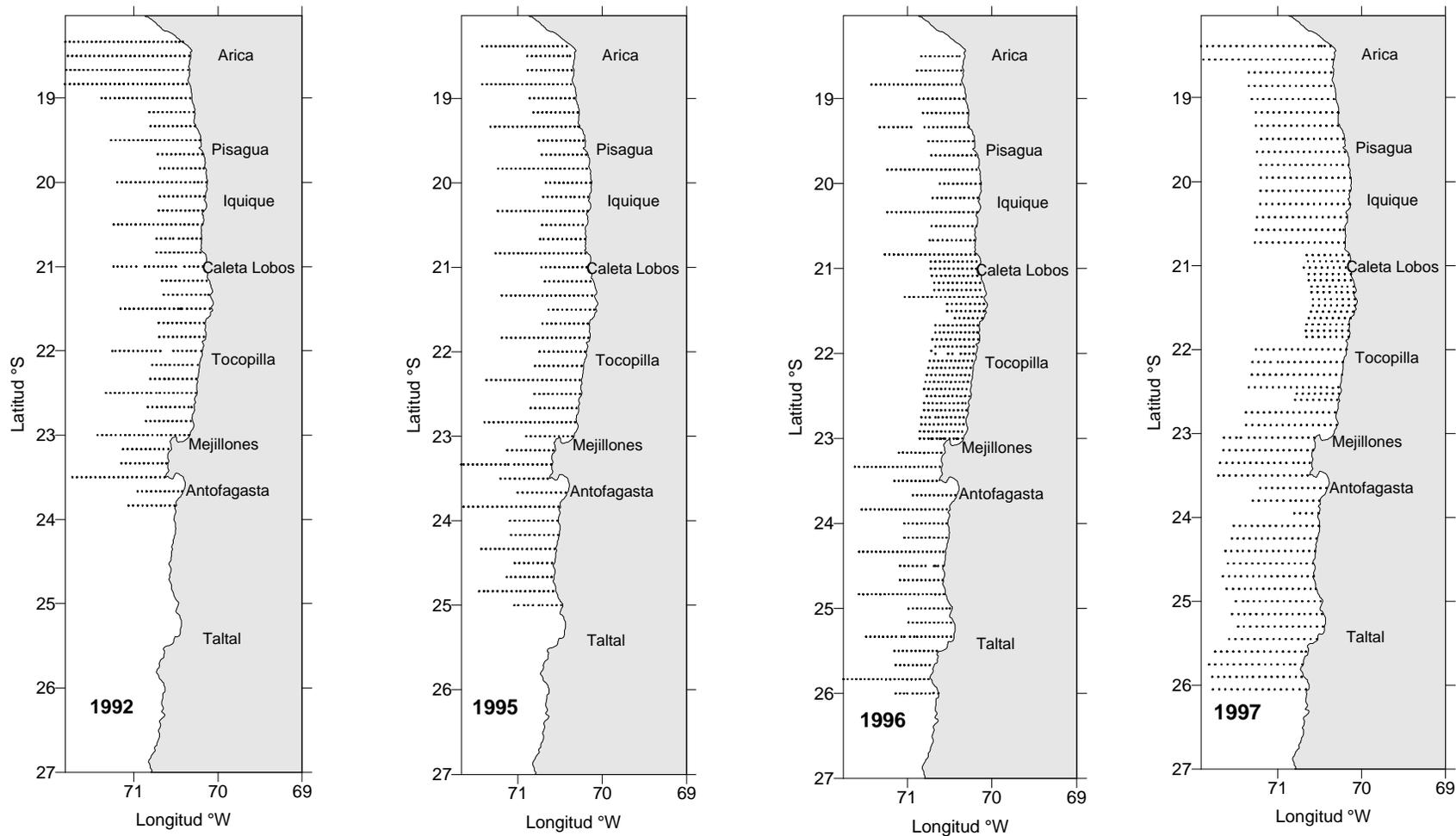
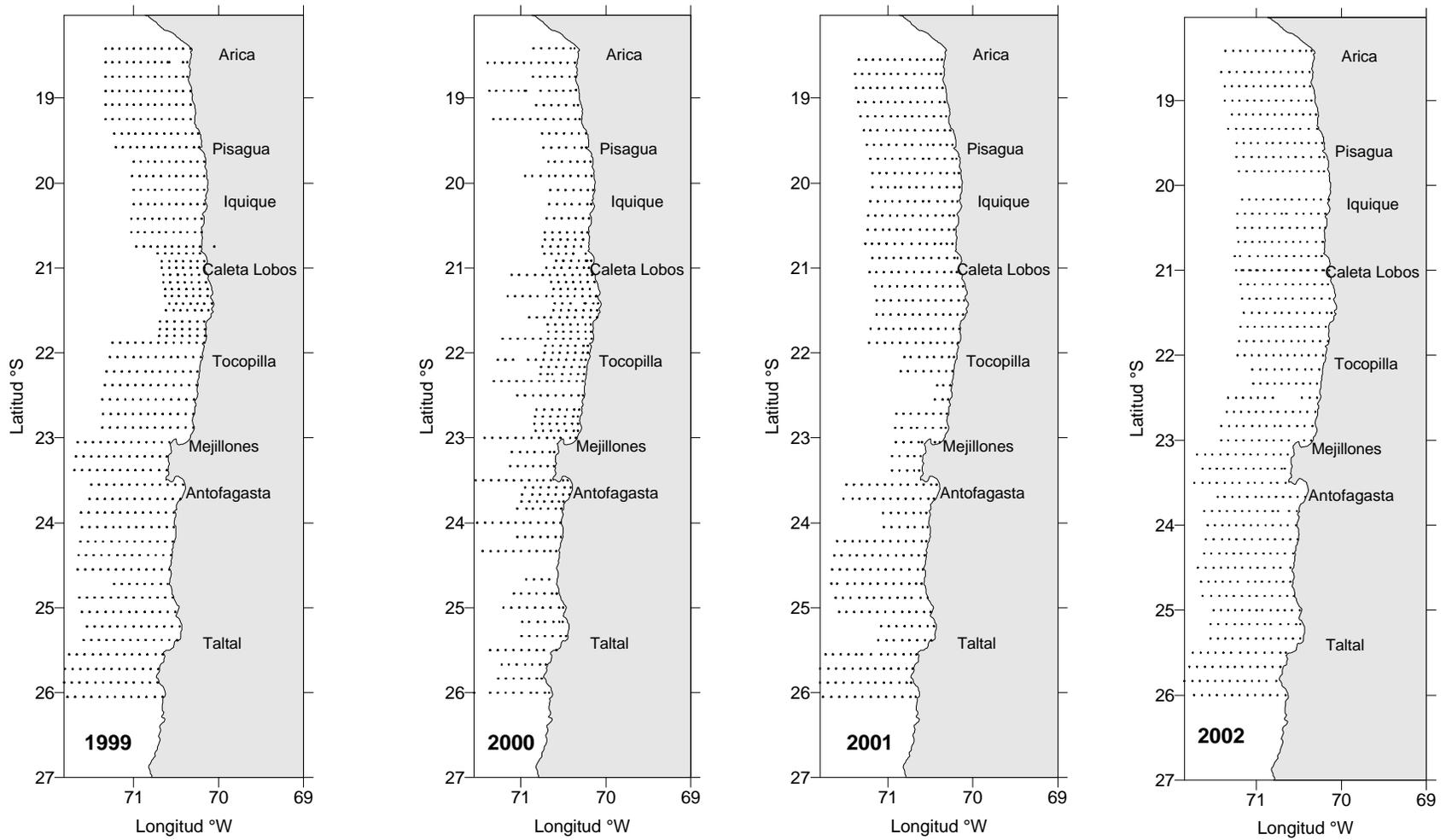


Figura 19. Distribución espacial de las estaciones oceanográficas realizadas en los cruceros de los proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2002.



Continuación Figura 19

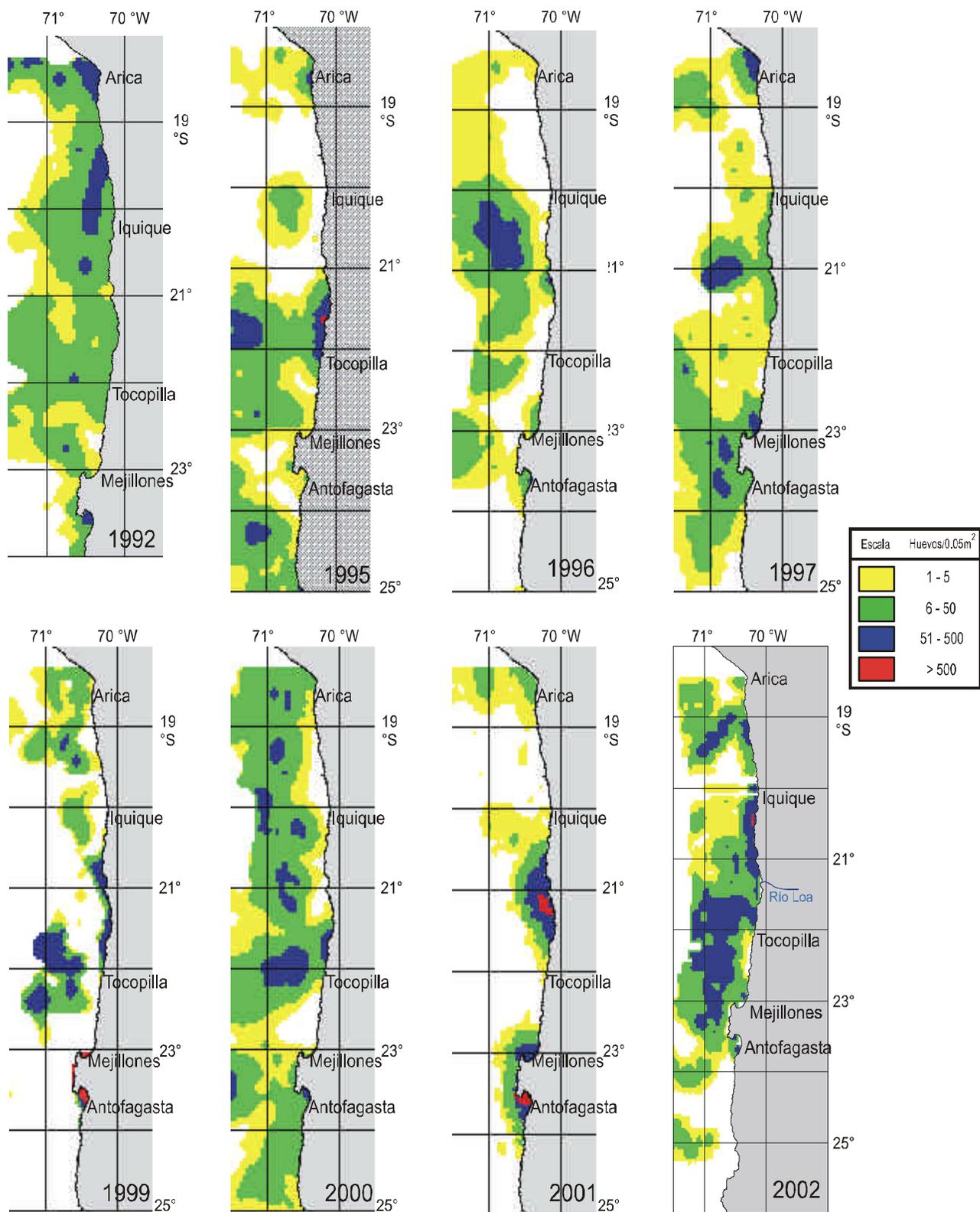


Figura 20. Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Período 1992 - 2002.

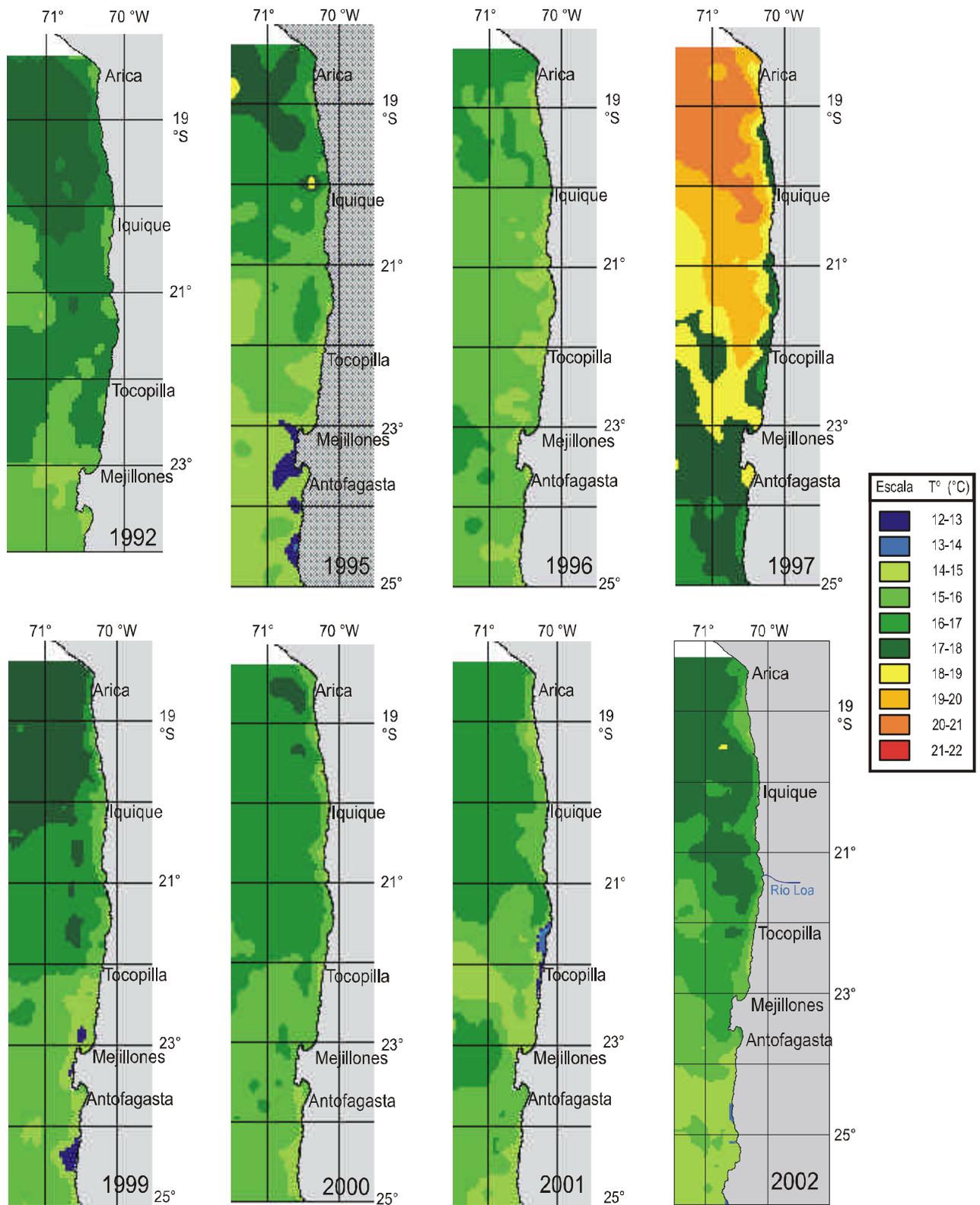


Figura 21. Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial. Período 1992 - 2002.

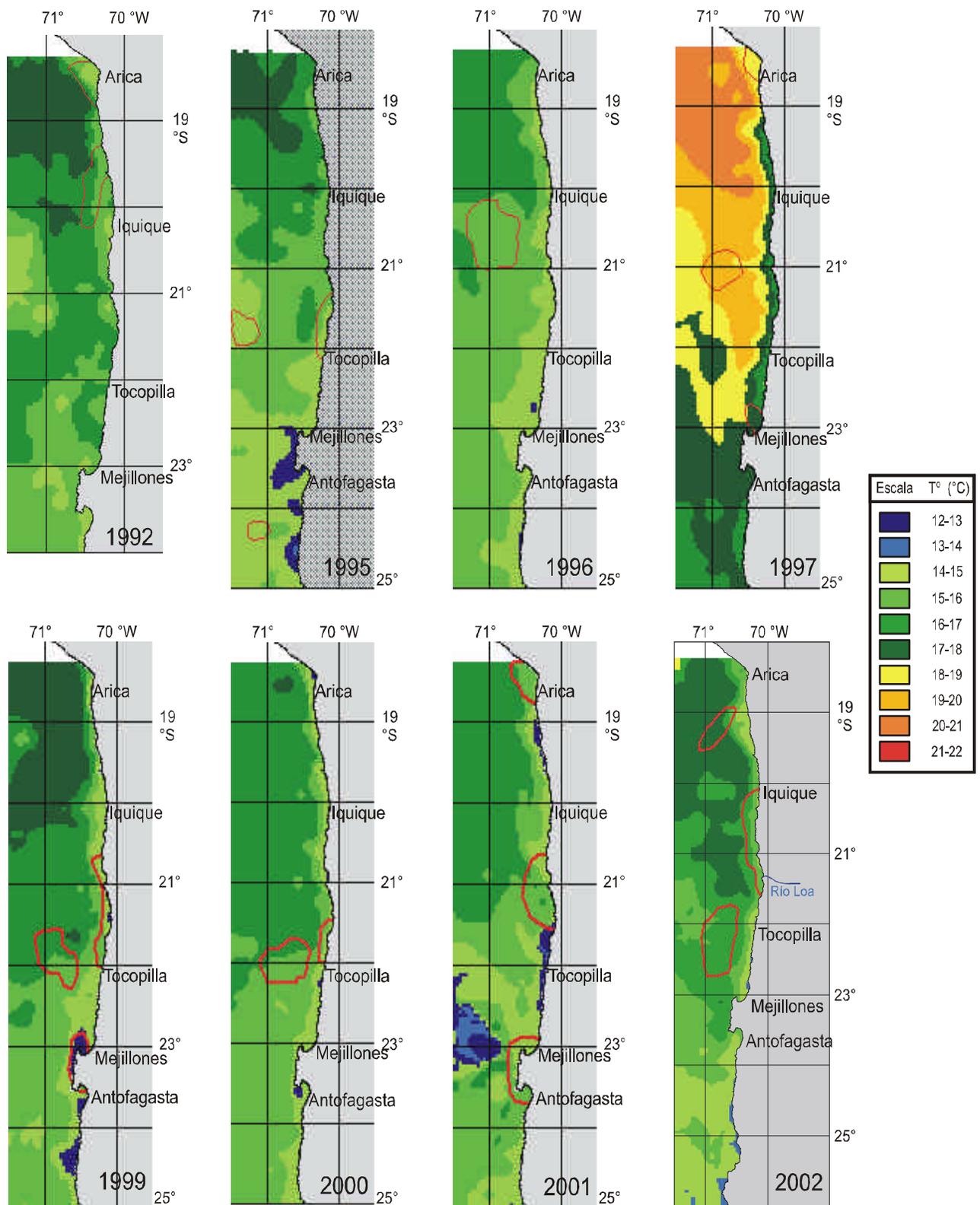


Figura 22. Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992 - 2002.

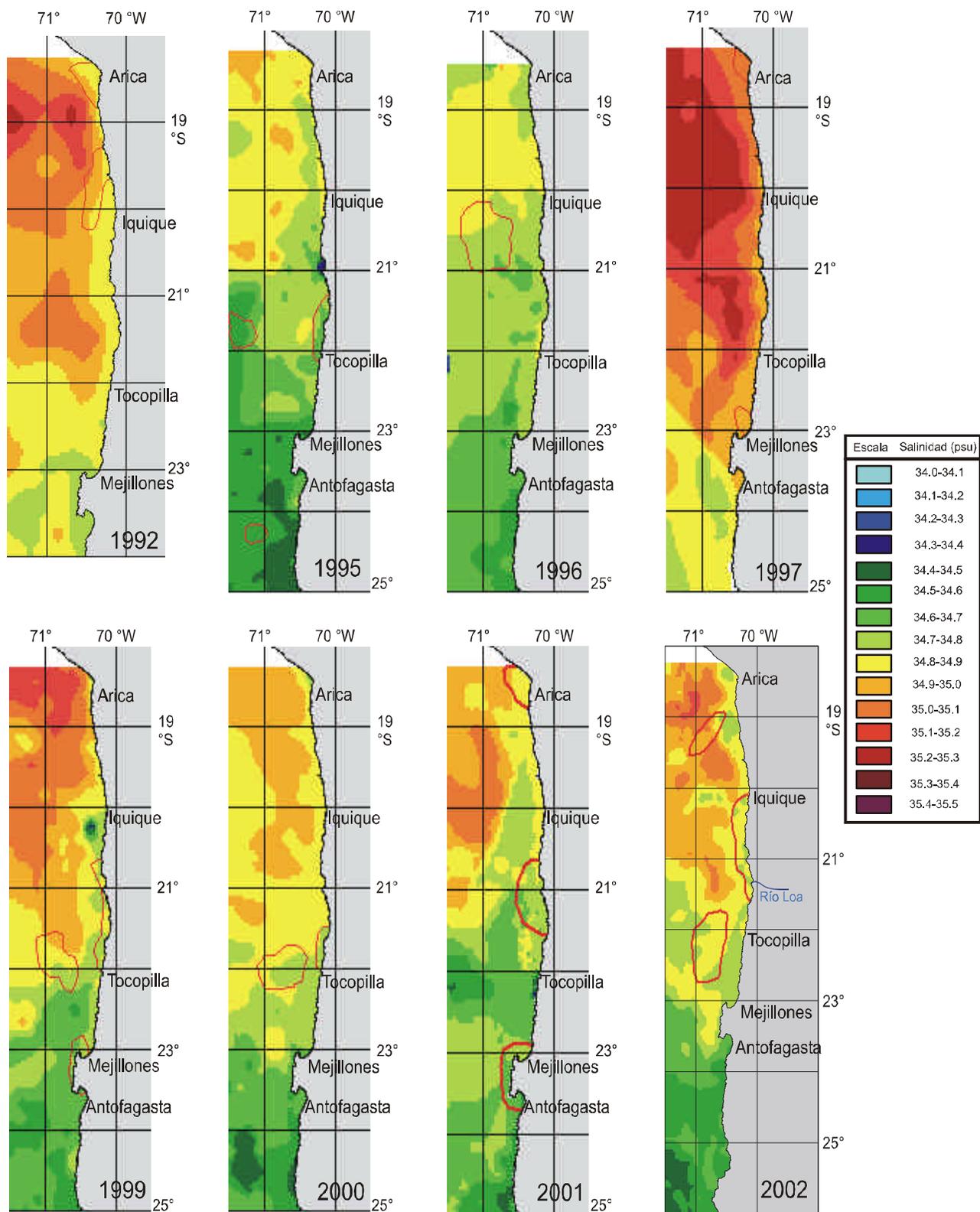


Figura 23. Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992 - 2002.

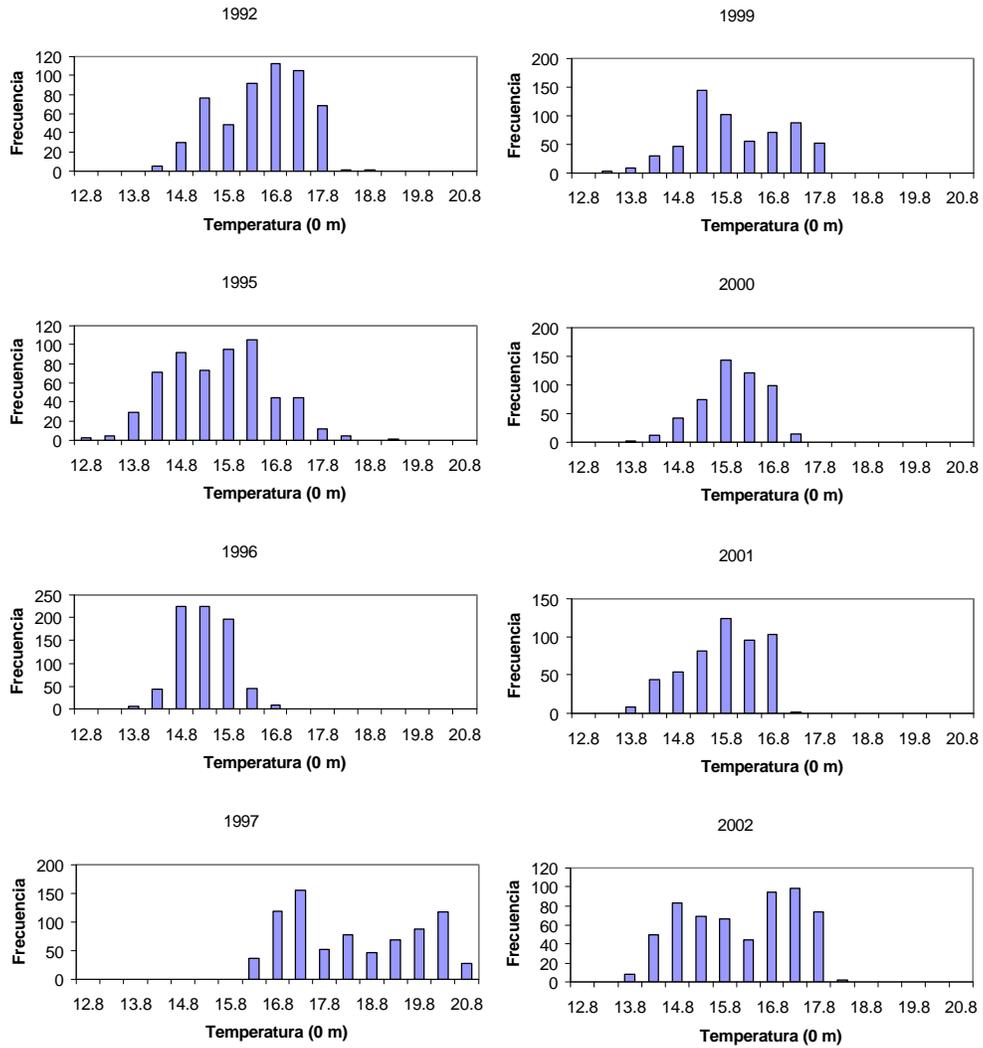


Figura 24. Histogramas de las temperatura superficial (° C), cruceros proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2002.

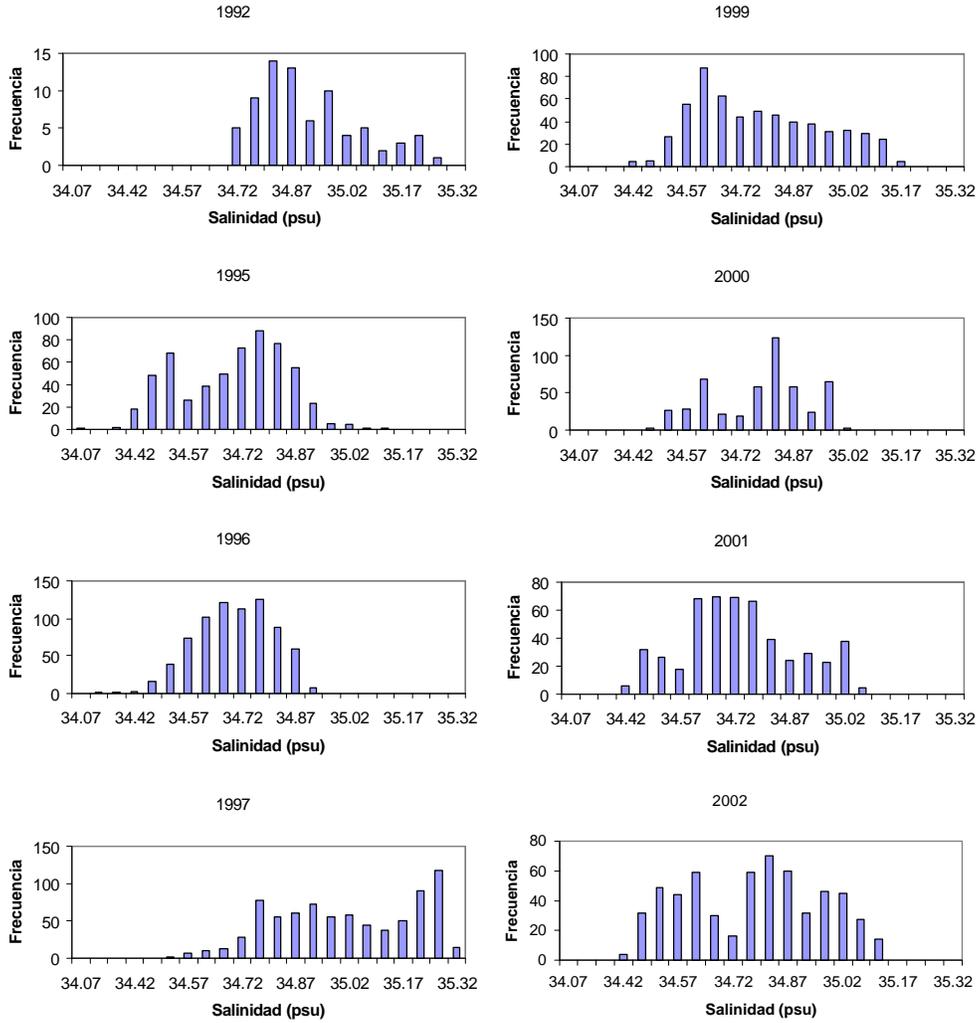


Figura 25. Histogramas de la salinidad superficial (psu), cruceros proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2002.

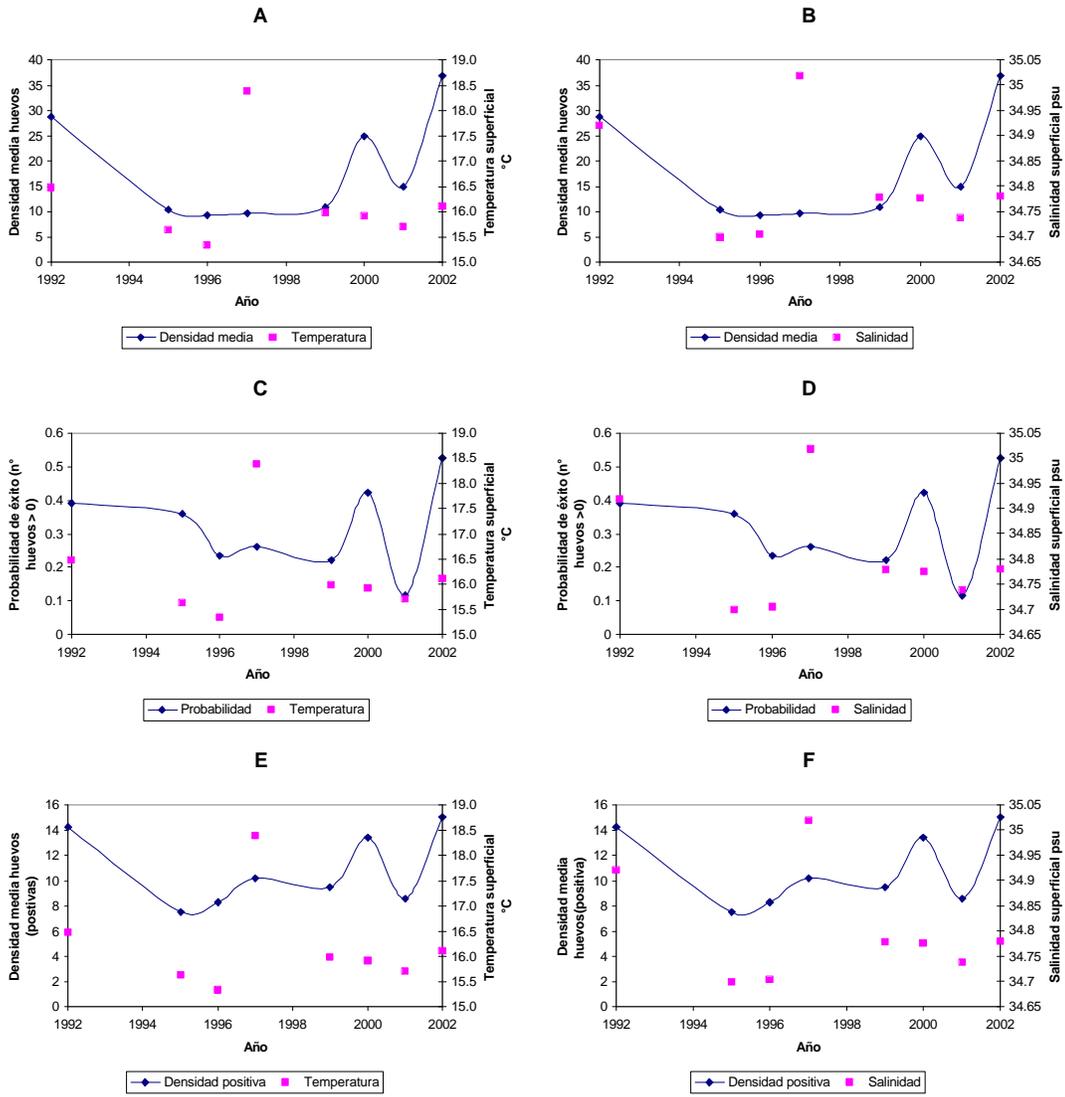


Figura 26. Densidad de huevos estimada (estimador delta), temperatura y salinidad superficial media estimada (A,B). 1992 – 2002. Proporción de estaciones positivas (con huevos), temperatura y salinidad superficial (C,D). 1992 – 2002. Densidad media huevos (estaciones positivas, estimador media lognormal). Temperatura y salinidad superficial (E,F). 1992 - 2002.

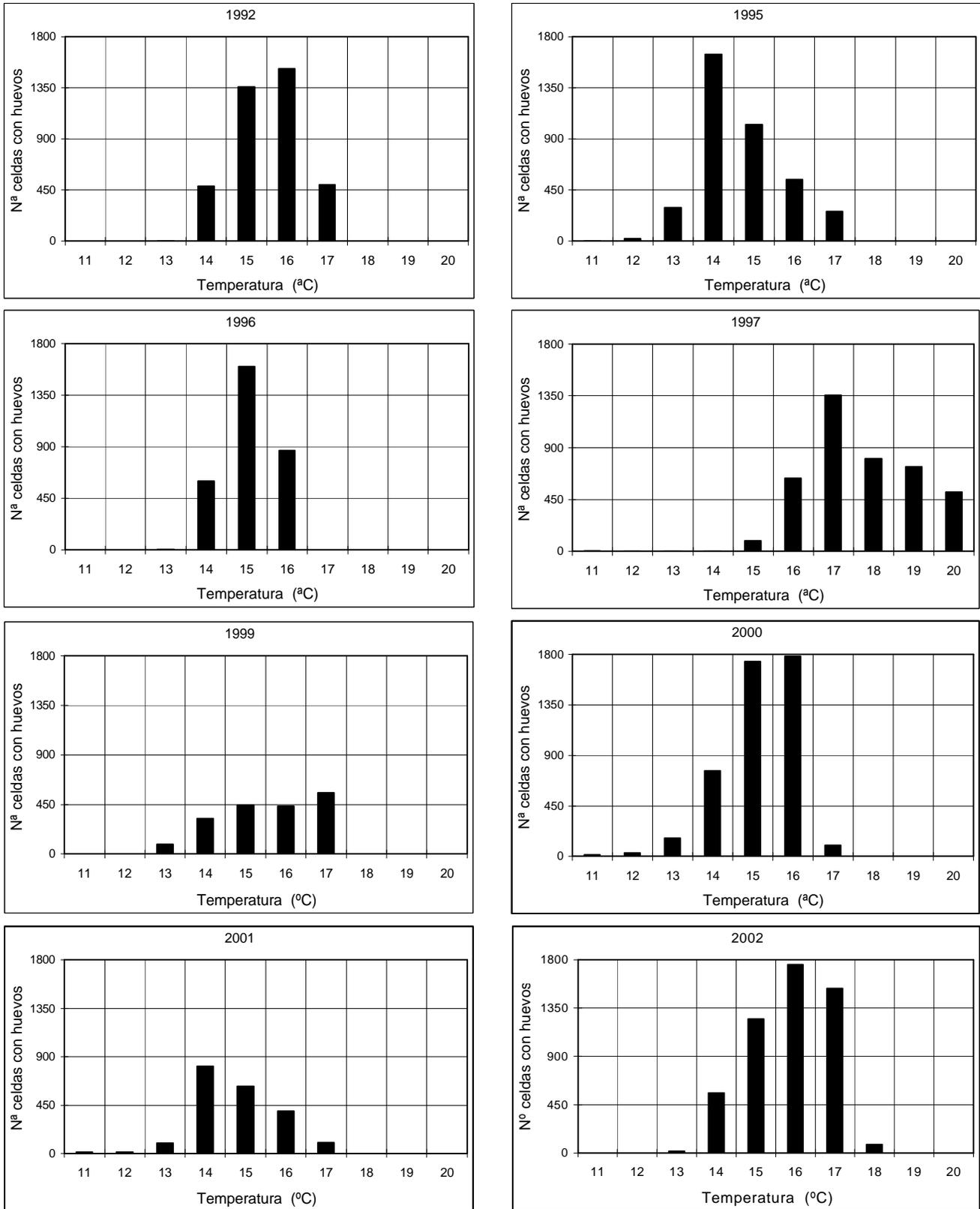


Figura 27. Número de celdas con huevos de anchoveta respecto de la temperatura de 10 metros de profundidad (°C).

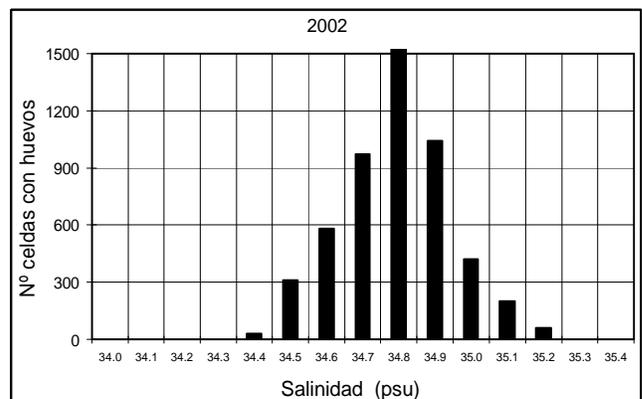
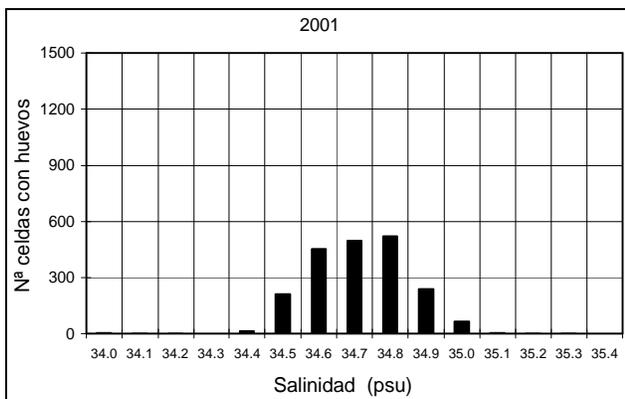
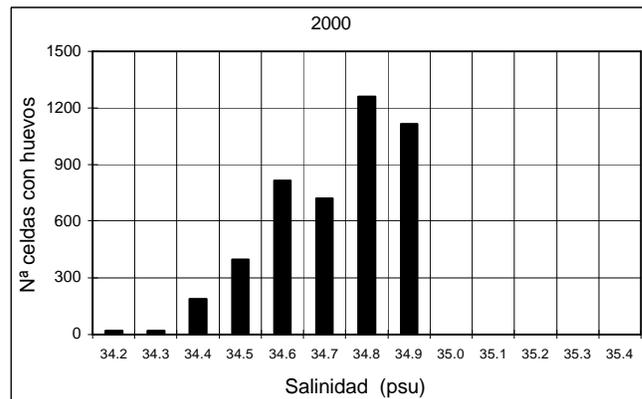
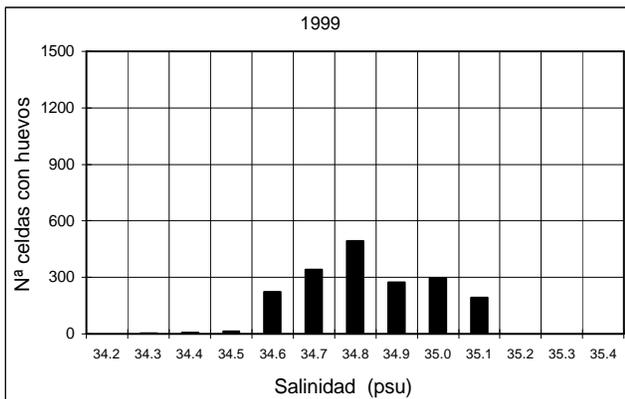
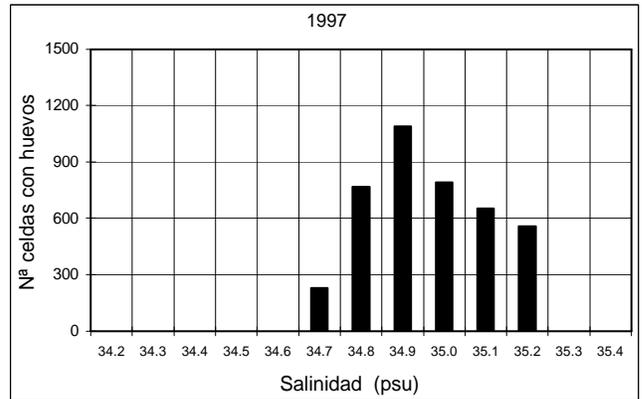
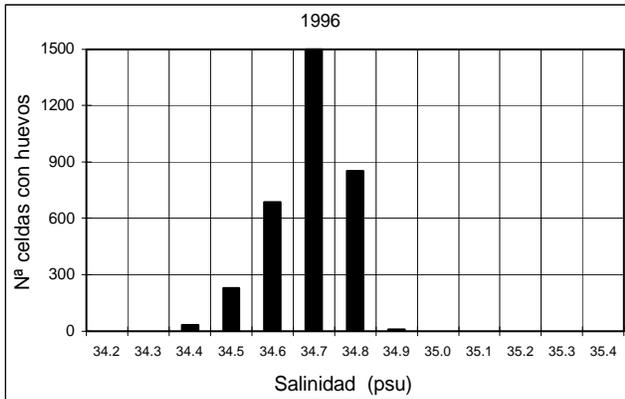
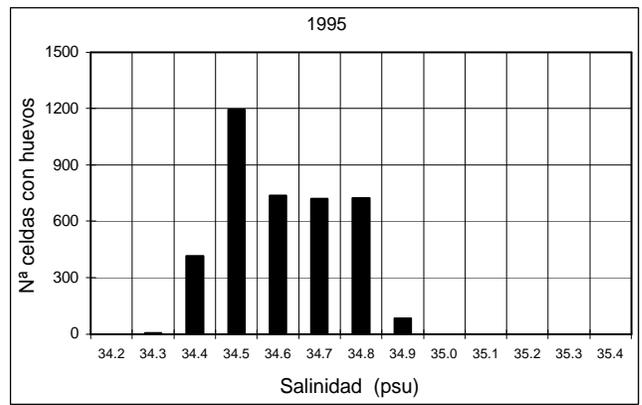
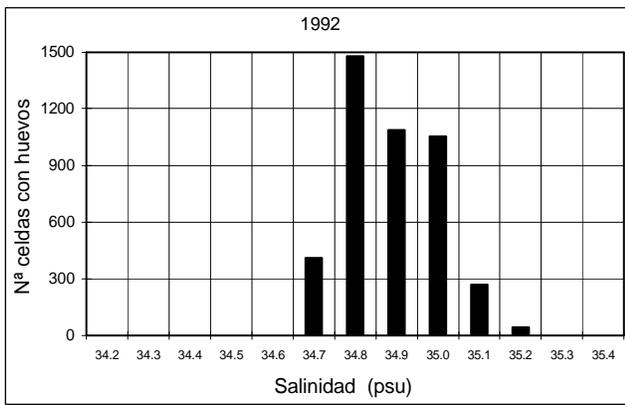


Figura 28. Número de celdas con huevos de anchoveta respecto a la salinidad superficial (psu).

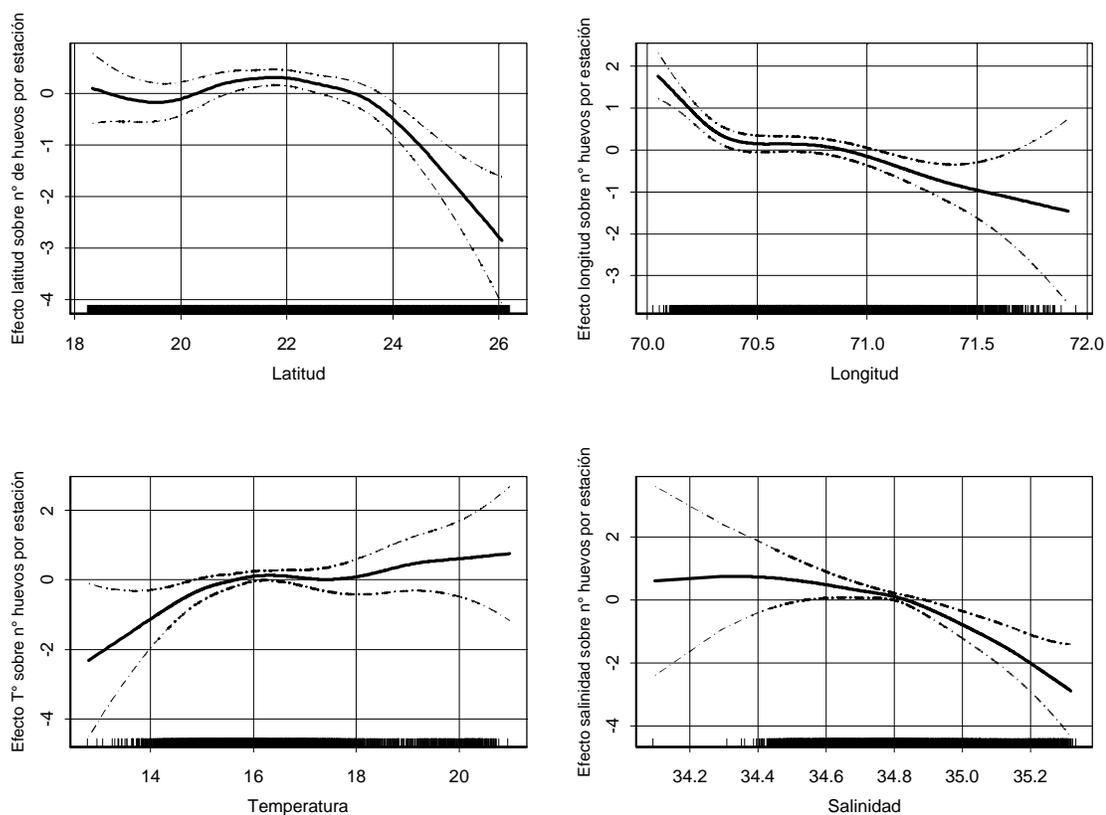


Figura 29. Gráfica de los efectos del GAM ajustado al conteo de huevos por estación (modelo Poisson con sobre-dispersión), utilizando los predictores año (lineal), latitud, longitud, temperatura y salinidad (suavizadores spline cúbicos). El cero en el eje vertical indica que no hay efecto del predictor sobre la variable respuesta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Anchoveta proyectos MPH 1992 -2002.

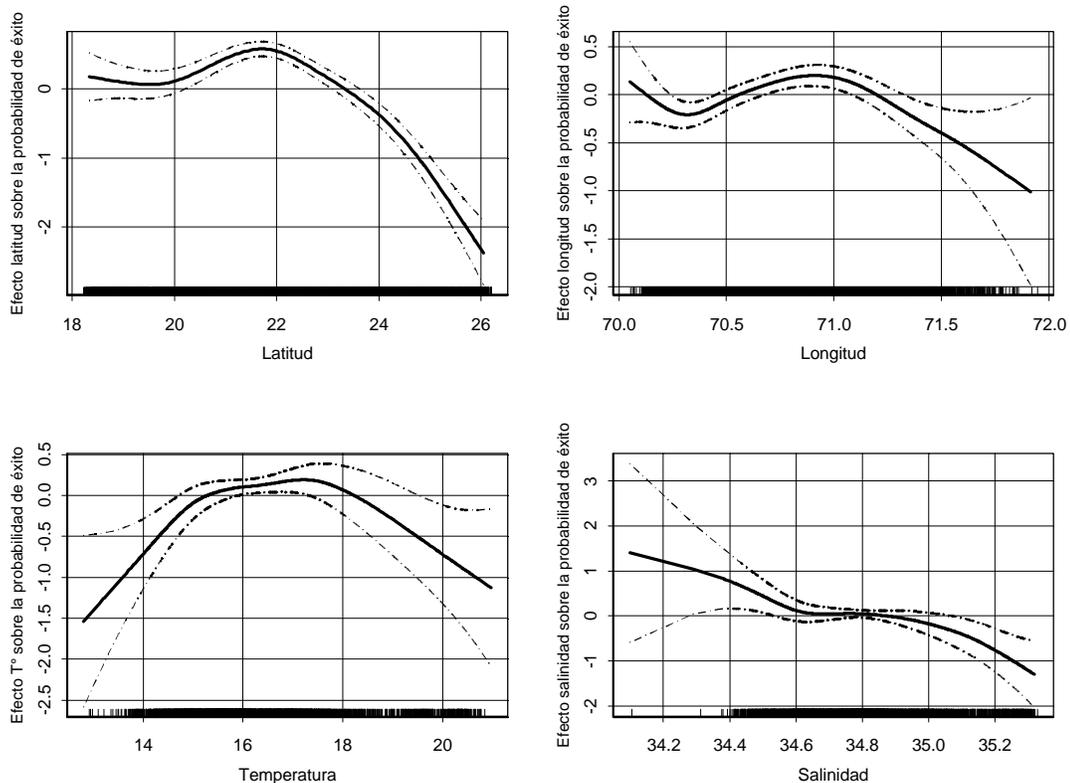


Figura 30. Gráfica de los efectos del GAM ajustado a la proporción de estaciones positivas (distribución de probabilidad Binomial), utilizando los predictores año (lineal), latitud, longitud, temperatura y salinidad (suavizadores spline cúbicos). El cero en el eje vertical indica que no hay efecto del predictor sobre la variable respuesta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Anchofeta proyectos MPH 1992 -2002.

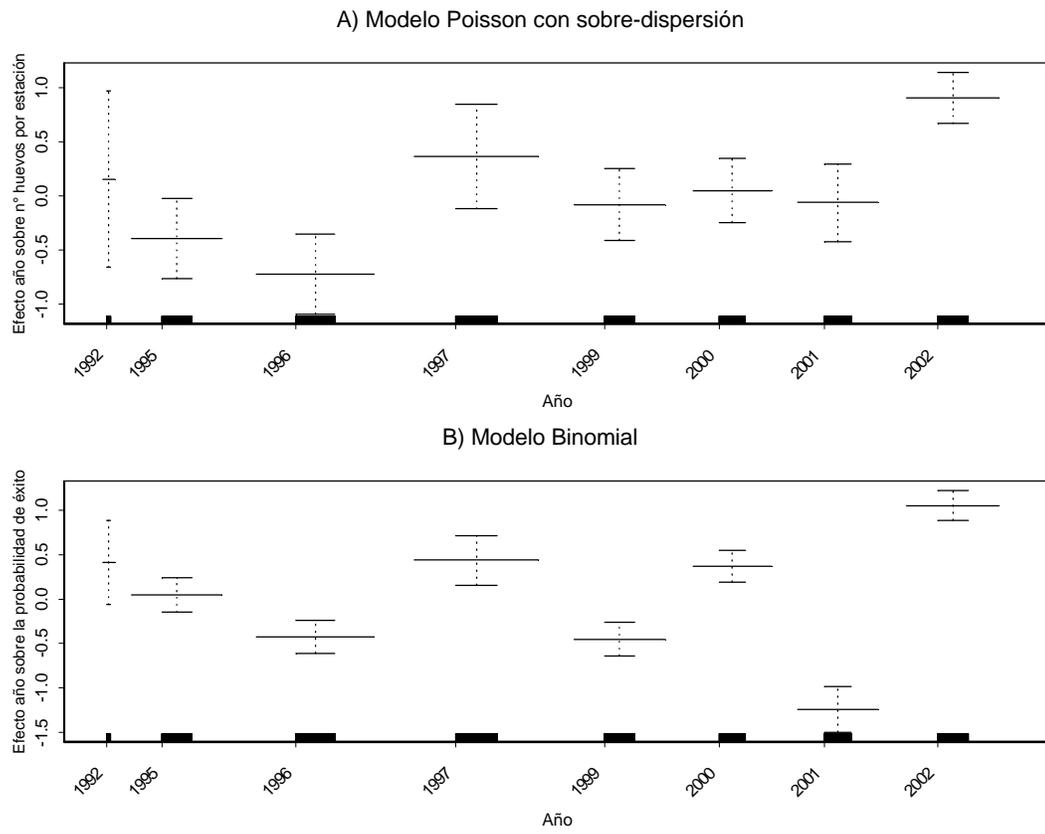


Figura 31. Gráfica con las tendencias de los índices estandarizados anuales de densidad de huevos (A) y probabilidad de éxito en la obtención de huevos (B), cruceros MPH anchoveta, 1992 – 2002.

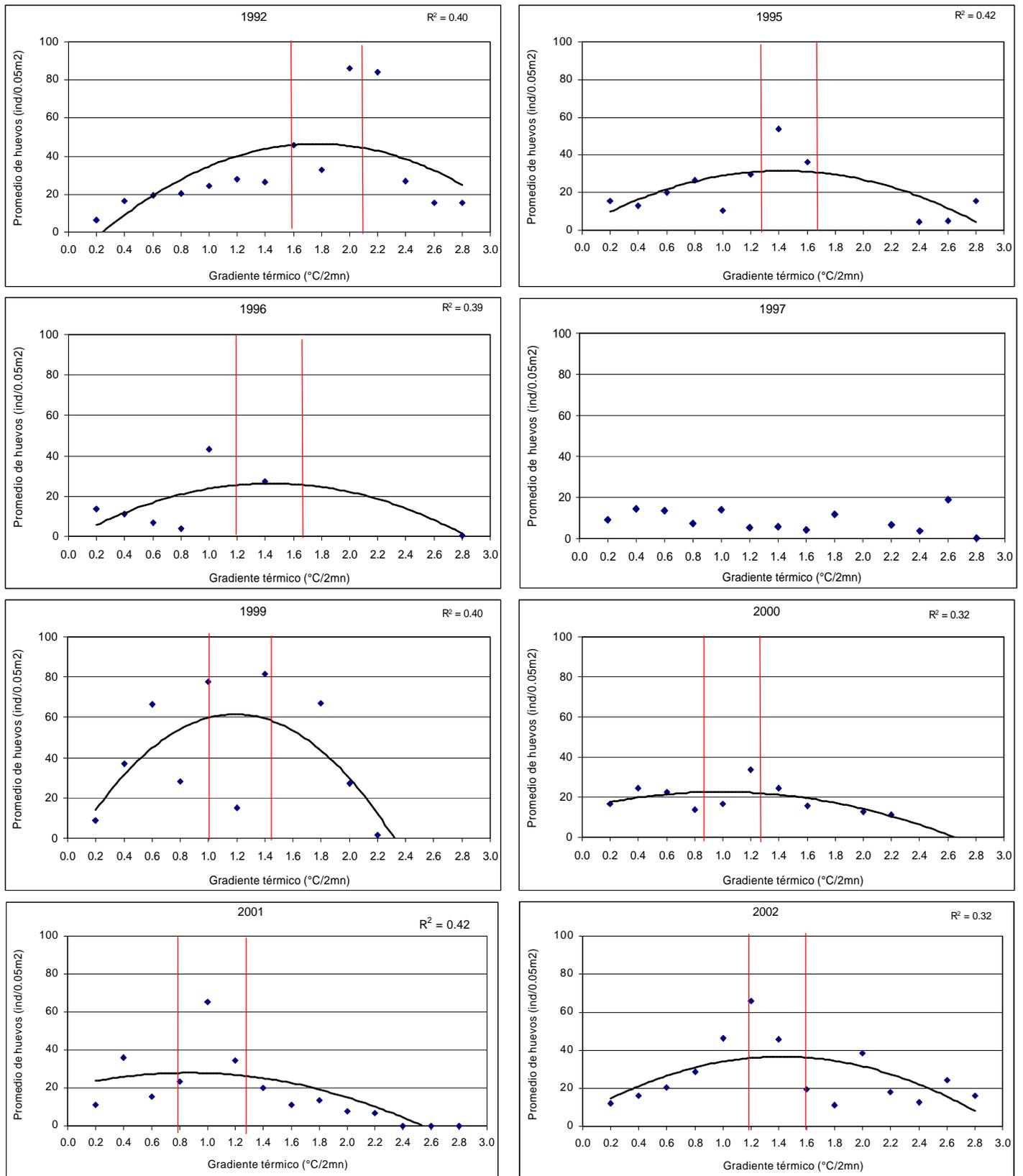


Figura 32. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto del gradiente térmico (10 m).

— : “Rango óptimo” de densidad de huevos de anchoveta respecto de la variable ambiental.

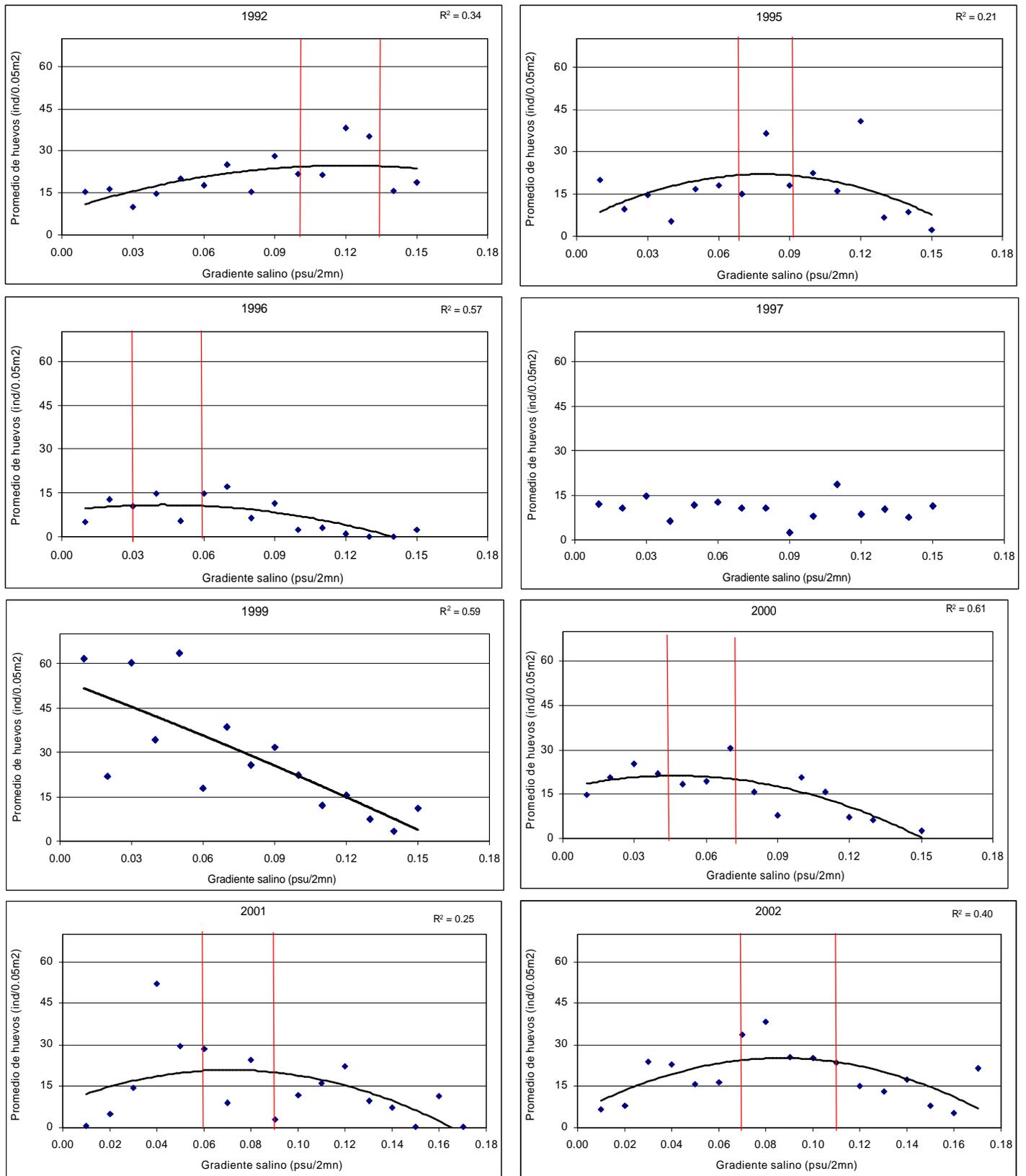


Figura 33. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto del gradiente salino superficial.

— : “Rango óptimo” de densidad de huevos de anchoveta respecto de la variable ambiental.

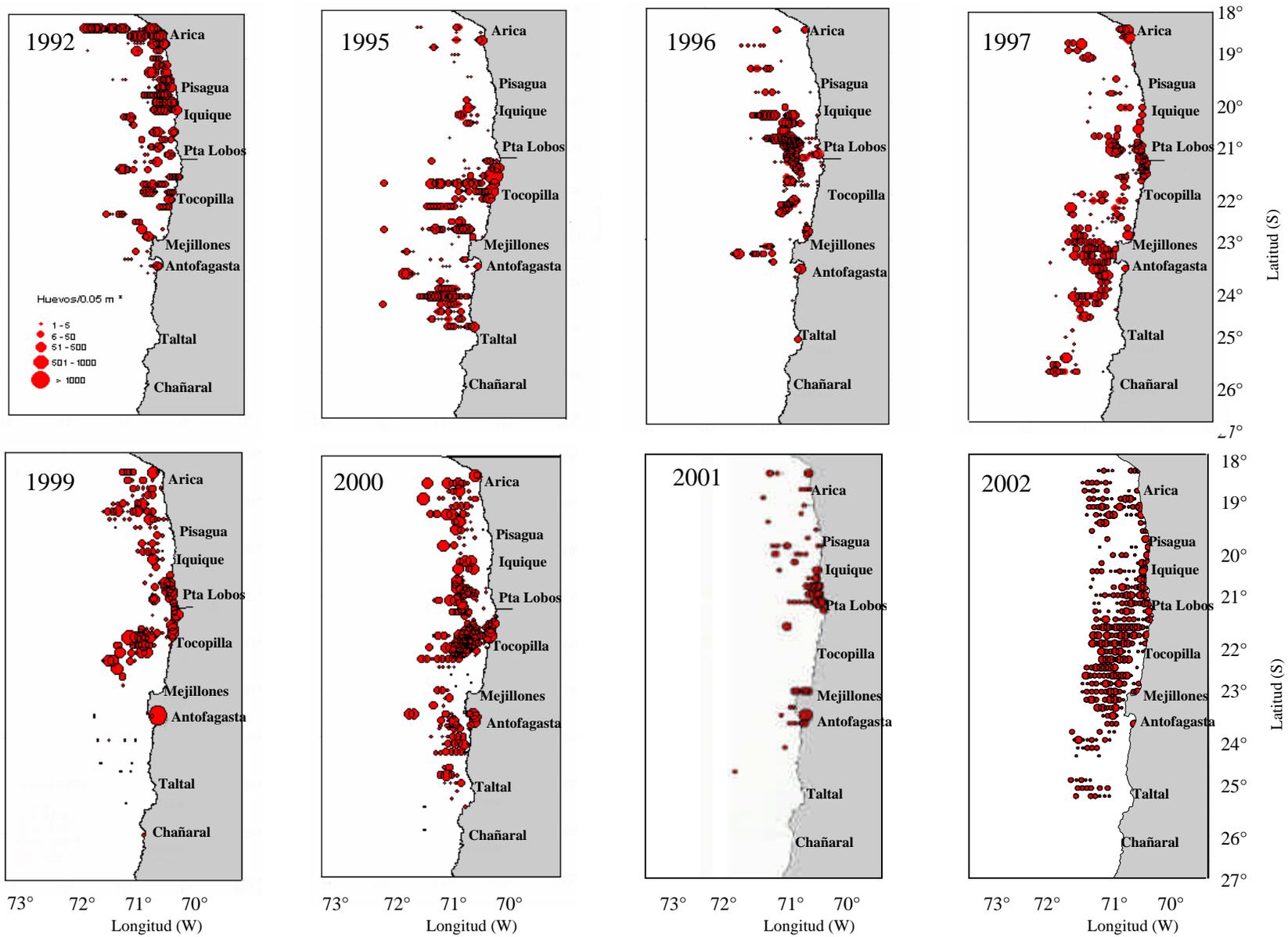


Figura 34. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta 1992-2002.

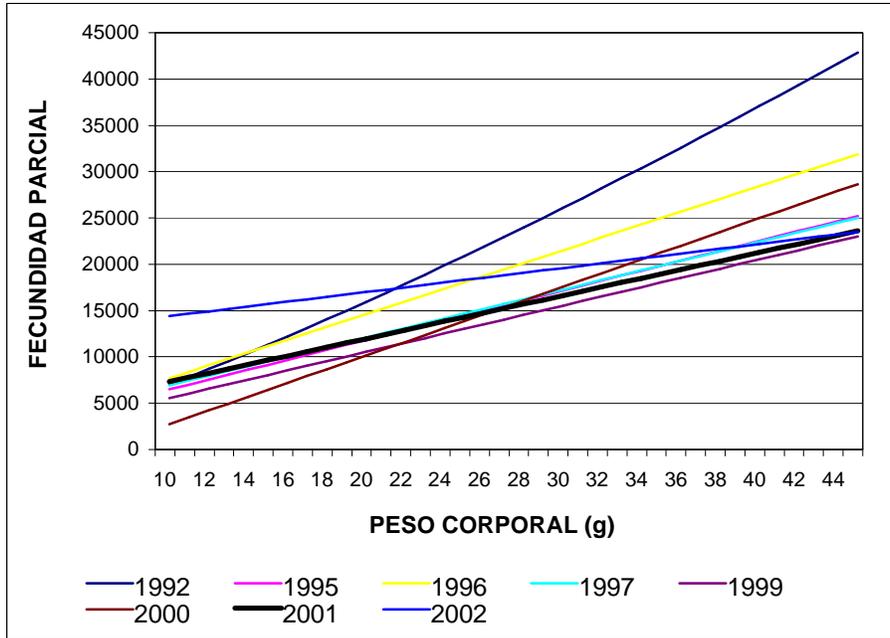


Figura 35. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de la anchoveta en la I y II Regiones.

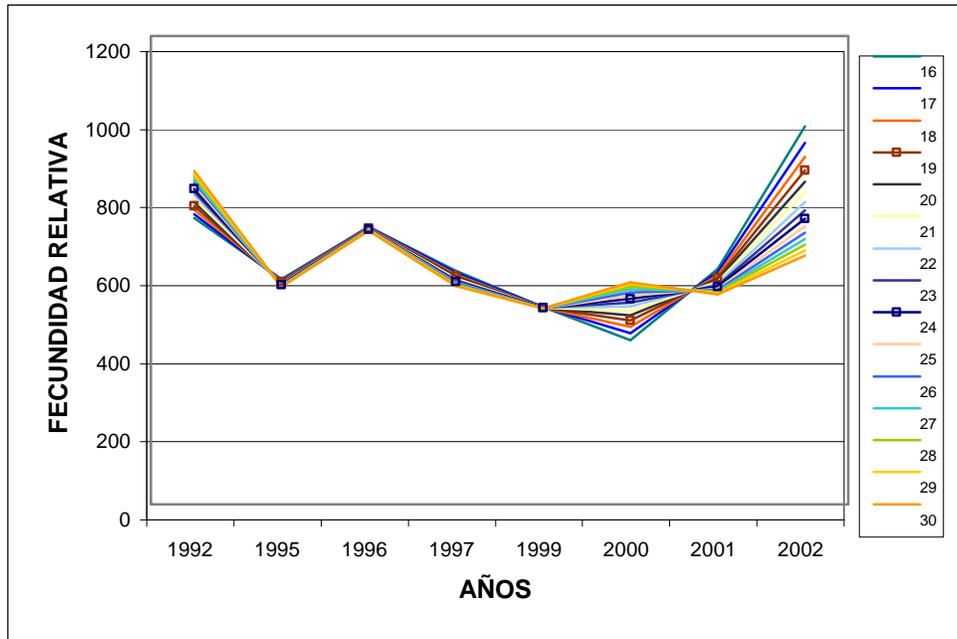


Figura 36. Fecundidad relativa de la anchoveta, en la I y II Regiones. (series: peso corporal en gramos).

A N E X O S

A N E X O I

**Crterios para la aplicacin del MPH
en la estimacin de la biomasa
desovante de anchoveta en la
zona norte de Chile**



ANEXO I

Criterios para la aplicación del MPH en la estimación de la biomasa desovante de anchoveta en la zona norte de Chile

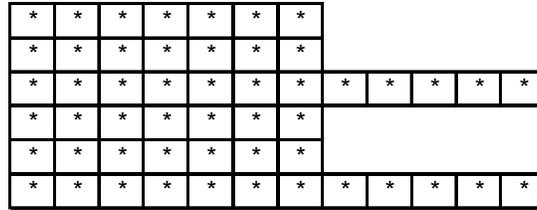
1. Diseño de muestreo de plancton y cobertura espacial

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.

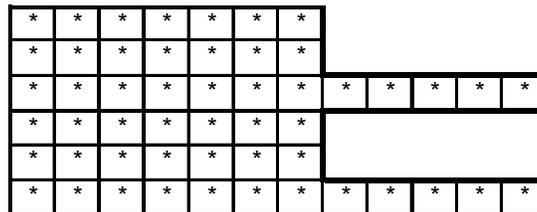
La distancia entre estaciones que se recomienda debe ser de 3 a 5 mn. El número de estaciones de muestreo dependerá básicamente del nivel de precisión deseado, de la varianza de la variable de interés y del error que se está dispuesto a asumir. Para tal decisión, se puede utilizar como variable indicadora 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 (aproximadamente), 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 disposición de las estaciones de muestreo en seis transectas, se diagrama a través de la siguiente figura:



El cálculo del área de crucero debiera corresponder a la sumatoria de las áreas representadas por cada estación de muestreo, sin realizar interpolaciones entre las transectas más largas, de forma tal, que el área delimitada se pueda diagramar de la siguiente manera:



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

El principio fundamental para la delimitación del área de estudio esta basado en el diseño de muestreo propuesto, el cual considera estaciones equidistantes dentro de una transecta, las cuales son representativas del área adyacente. Es decir, estaciones cada 5 mn, representan un área de 25 mn² cuando la distancia entre transectas es de 5 mn, mientras que cuando la separación entre éstas es de 10 mn, la estación representa un área de 50 mn².

3. Delimitación del área de desove

En los distintos estudios se han utilizado diversos criterios para la delimitación del área de desove, los que en general han expandido el área 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 biomásas entre un año y otro tengan ciertas restricciones.

Existen diversos criterios que se podrían utilizar para la delimitación del área de desove del recurso en estudio:



- a) Considerar el área que cumple con las condiciones oceanográficas requeridas para el desarrollo del proceso de desove, como la temperatura y la oferta trófica del área, entre otras.
- b) Plantear que el proceso de muestreo de ictioplancton debe delimitar el área de desove, en función de la presencia o ausencia de huevos de la especie objetivo del estudio.

Basándose en la alternativa b), se propone que los cálculos del área de desove se ciñan a los siguientes principios, los cuales dan lugar al criterio que se le llamará estructural o de límite inferior.

CRITERIO ESTRUCTURAL O DE LIMITE INFERIOR

- Al interior de una transecta, los límites estarán 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 considerará un máximo de tres estaciones negativas. De este modo, si se tienen dos transectas como las mostradas a continuación, donde aquellas con signo (+) representan una estación positiva:

+					+	+					
+	+	+				+	+	+			

el área de desove queda delimitada de la siguiente forma:

+					+	+					
+	+	+				+	+	+			

Este criterio se basa en los resultados obtenidos del análisis geoestadístico de la densidad de huevos encontrada durante el año 2000, el cual, según los modelos ajustados al variograma experimental, entrega una región de influencia (rango) de 23,4 mn (Taller interno, Proyecto FIP 2000-06). Esto quiere decir que en promedio, las observaciones más distanciadas de este valor no presentan correlación. Así, se puede establecer que si entre dos estaciones positivas existe un máximo de tres estaciones negativas, éstas se encontrarían en la región de influencia de las estaciones adyacentes.

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



No se realizarán interpolaciones entre transectas cuando exista un área 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 duración del estadio de huevo de la anchoveta (de no más de 72 horas) es una fracción importante.

CRITERIO FUNCIONAL O DE INTERPOLACION

- Unir los puntos positivos oceánicos y costeros entre transectas.
- Interpolarse entre las estaciones positivas terminales (costa y océano) de las transectas de 60 mn consecutivas. En la sub-área (Loa – Mejillones) donde todas las transectas alcanzan hasta 30 mn de la costa debe interpolarse una distancia máxima de 30 mn entre las transectas.

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

- Las estaciones positivas aisladas deberán examinarse por análisis visual y densidad mínima (categoría 6-50 huevos) si constituyen observaciones atípicas. Estos puntos no serán considerados para la delimitación del polígono del área a integrar.
- Dos transectas consecutivas sin estaciones positivas no serán incluidas en el cálculo del área de desove.

Una implementación de este criterio en Matlab permite obtener polígonos con las áreas estimadas, como el presentado en la Figura 1.

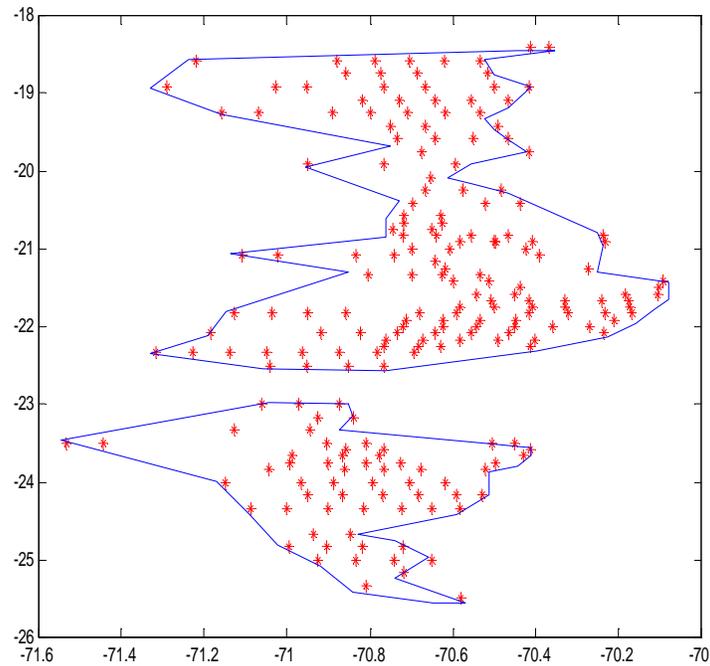


Figura 1. Polígono delimitando el área de desove de anchoveta en la zona norte de Chile, 2000.

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 crucero y el área de desove delimitada según los criterios antes señalados.

5. Estimación de P0 y Z

a) Modelo estadístico y método de estimación

Se utilizará el clásico modelo de curva exponencial de la forma:

$$P_{ijk} = P_i e^{(-Z_i t_{ijk})} + e_{ik}$$



donde:

- P_{ijk} = Número de huevos de la edad k , en la estación j del estrato i
- P_i = Producción diaria de huevos por unidad de área en el estrato i
- Z_i = Tasa de mortalidad diaria de huevos en el estrato i
- t_{ijk} = Edad en fracción de días
- ϵ_{ijk} = Error aleatorio aditivo

El método de estimación corresponde a mínimos cuadrados ponderados, donde el factor ponderador corresponde a la razón entre el área de la estación y el total del área del estrato, de la forma:

$$w_{ji} = \frac{a_{ij}n_{ij}}{\sum_{j=1}^m a_{ij}n_{ij}}$$

donde:

- w_{ij} = factor ponderador de la estación j en el estrato i
- a_{ij} = área de la estación j en el estrato i
- n_{ij} = nº de categorías de edad de los huevos en la estación j en el estrato i

La varianza asintótica de los parámetros del modelo propuesto se estimarán a través de los métodos clásicos, como los propuestos por Gulland (1987).

No obstante la metodología general propuesta, se debe considerar la necesidad de analizar con detención las estaciones con elevado número de huevos, dado su gran impacto en los parámetros estimados del modelo.

b) Asignación de edades a los huevos

La asignación de edades se realizará según la metodología propuesta por Lo (1985), expresándose las edades en fracción de días, no en intervalos discretos de edad.

Este criterio se basa en la necesidad de utilizar la información a su nivel más real de observación, manteniendo el número de observaciones originales, lo que en definitiva tiende a aumentar los grados de libertad de los ajustes mínimo cuadráticos.



c) Eliminación de estadios sub-representados

Existe una recomendación generalizada de cortar los estadios cercanos al desove debido a una subestimación por reclutamiento incompleto. Hay investigadores que eliminan las edades menores a 8 horas (Armstrong *et al.*, 1988) y otros que eliminan el primer estadio (Sánchez *et al.*, 1996). De acuerdo al análisis efectuado de la distribución de edades y estadios, se aprecia que eliminar las edades menores a 8 horas involucra completamente al estadio I y parcialmente a los estadios II y III, debido al efecto de temperatura sobre el modelo de estimación de edades. Dado que lo que se pretende estimar es un intercepto al origen, se debe tener la precaución de no eliminar observaciones que no estén subestimadas, ya que podría provocar elevación artificial del intercepto a edad cero (P_0). Sin embargo, la distribución de frecuencia de estadios de huevos muestra que existe subestimación en los estadios I, pero no en los II y III. Por lo que se recomienda efectuar esta corrección por reclutamiento incompleto en base a estadios (eliminar los estadios I) y no en base a edades.

d) Observaciones a incluir en el ajuste

Dada la existencia de algunas estaciones negativas al interior del área de desove, existe la alternativa de incluirlas en el ajuste del modelo exponencial. Como criterio a utilizar, solo se incluirán en el ajuste las estaciones positivas, es decir, aquellas con presencia de huevos de la especie en estudio.

e) Regionalización del área de estudio

La decisión de realizar una separación por regiones en sentido latitudinal del área de desove, dependerá de:

- De la detección de variaciones regionales en los parámetros de adultos
- De la posible reducción del coeficiente de variación del estimado de P_0 .

f) Estimación de la producción diaria de huevos para región o área de estudio

Se utilizará el estimador de post-estratificación propuesto por Picquelle y Stauffer (1985) para el tratamiento del estrato positivo (área de desove) y el estrato negativo (correspondiente al área sin presencia de huevos).

A N E X O II

**Variables y parámetros utilizados por
objetivo específico ,
Proyecto FIP N° 2002-10
“Evaluación del stock desovante de
anchoveta en la I y II Regiones,
año 2002”**



ANEXO II

Variables y parámetros utilizados por objetivo específico. Proyecto FIP N° 2002-10 “Evaluación del stock desovante de anchoveta I y II Regiones, año 2002”

1. Objetivo específico 1: Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos

Notación	Glosario
y_{it}	: Edad promedio de los huevos del estadio i , a la temperatura t
a, b, c, d	: Parámetros del modelo que estima la edad de los huevos a una temperatura y estado de desarrollo dado
y_{itk}	: Edad de los huevos del estado i , a una temperatura t y hora de estación k
i	: Fase de desarrollo
t	: Temperatura en °C
k	: Hora de la estación
T	: Hora esperada para observar huevos de estadio i
G	: 2 veces la desviación estándar de la edad dentro de cada estadio
P_t	: Número de huevos por 0,05 m ² en la edad t^*
P_0	: Producción diaria de huevos por unidad de área (0,05 m ²)
z	: Tasa instantánea de mortalidad de huevos
t^*	: Edad en días de los huevos
$\hat{v}(P_0)$: Varianza estimada de la producción diaria de huevos
CV	: Coeficiente de variación

2. Objetivo específico 2: Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada

Notación	Glosario
F_i	: Estimación de la fracción desovante en el lance i
m_{hi}	: Número de hembras hidratadas en el lance i
m_{ai}	: Número de hembras que no han desovado entre las 9 y 56 horas



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_i	:	Número de hembras maduras en el lance i.
\bar{F}_i	:	Fracción promedio de hembras desovantes por día en el lance i
\bar{F}	:	Fracción promedio de hembras desovantes
m_{yi}	:	Número corregido de hembras maduras en el iésimo lance.
\bar{m}	:	Número corregido de hembras maduras en el iésimo lance.
n	:	Tamaño de muestra

3. Objetivo específico 3: 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

Notación Glosario

\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
Y'_{ji}	:	Fecundidad parcial estimada de la hembra j en el lance i
a, b	:	Parámetros del modelo (intercepto y pendiente)
X_{ji}	:	Peso corporal (peso total menos peso ovario) de la hembra j en el lance i
\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.
S^2_h	:	Varianza de la regresión (cuadrado medio 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 a regresión.
$\text{Var}(\beta)$:	Varianza de la pendiente de la regresión.
n	:	Número de lances.



4. Objetivo específico 4: Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas

Notación	Glosario
----------	----------

Peso medio de las hembras

y_{ij}	:	Peso de la hembra j-ésima en el lance i
\bar{w}_i	:	Peso medio de las hembras en el lance i
W	:	Peso medio estimado de las hembras
n	:	Número de lances muestreados
m_i	:	Número de hembras examinadas en el lance i

Proporción sexual en peso

\hat{R}	:	Proporción de hembras en peso
\hat{R}_i	:	Proporción de hembras en el lance i
y_{il}	:	Peso de la hembra l en el lance i
x_{ij}	:	Peso del ejemplar j en el lance i
n	:	Número de lances muestreados
m_i	:	Número de ejemplares examinados en el lance i
l_i	:	Número de hembras examinadas en el lance i

5. Objetivo específico 5: Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos

Notación	Glosario
----------	----------

B	:	Biomasa desovante en toneladas métricas.
P_o	:	Producción diaria de huevos en el área investigada (huevos producidos por 0,05 m ² por día).
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.
$Cov(x,y)$:	Covarianza entre x e y

A N E X O I I I

**Personal participante por actividad,
objetivo y función**

**ANEXO III****1. PLAN DETALLADO DE ASIGNACIONES DE PERSONAL PROFESIONAL Y TECNICO****1A. PERSONAL INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO (IFOP)****Monitoreo reproductivo**

PERSONAL	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANÁLISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva			48		48
Eduardo Díaz		60			60
Alberto Campos		60			60
Luis García	60				60
Juan Bellet	60				60
Pablo Sanhueza	60				60
Juan Almazabal	60				60
Juan Ríos	60				60
TOTAL	300	120	48		468

Objetivo específico 3.1

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Víctor Baros	80	20	20	10	130
Hernán Reyes	120		20	20	160
Mauricio Braun	40				40
Patricio Gálvez	120				120
Jorge Oliva			50	50	100
Marcial Carrasco	120	200			320
Ricardo Moreno	120	200			320
Carlos Montenegro			30	30	60
Víctor Catasti	40	50	30	20	140
Vivian Valenzuela	40	30			70
Guillermo Galindo	40				40
TOTAL	720	500	150	130	1500

Objetivo específico 3.2

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva	20		30	30	80
Eduardo Díaz	60	60	40	20	180
Víctor Baros		20	10		30
Adolfo Vargas	60	90	20	10	180
Marcial Carrasco		160			160
Román Robles		160			160
TOTAL	140	490	100	60	790



Objetivo específico 3.3

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva	20	10	20	10	60
Eduardo Díaz		100			100
Victor Baros		60	40	20	120
Adolfo Vargas	20	280			310
Marcial Carrasco		150		10	160
Román Robles	50	180	20		250
TOTAL	40	720	80	40	1000

Objetivo específico 3.4

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva	10		10	10	30
Victor Baros		60	40	20	120
Eduardo Díaz		40	20		60
Adolfo Vargas	20	80	40	10	150
TOTAL	30	180	110	40	360

Objetivo específico 3.5

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva		10	50	40	100
Victor Baros		20			20
Carlos Montenegro			20	20	40
Rodolfo serra		20	40	20	80
Patricio Barria		20	40	20	80
Carlos Martínez		10	50	10	70
TOTAL		80	200	110	390

Objetivo específico 3.6

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva			10	40	50
Hernán Reyes			10	30	40
Carlos Montenegro			20	30	50
		50	50	20	120
TOTAL		50	90	120	260



1B. PERSONAL UNIVERSIDAD “ARTURO PRAT” (UNAP)

Objetivo específico 3.1

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jessica Pizarro		200	70	30	300
Gabriel Claramunt			40	40	80
Marcelo Oliva			70	10	80
Yasna Muñoz		80	10	10	100
Samuel Soto		300	20	10	330
Paola Moreno		290			290
TOTAL		870	210	100	1180

Objetivo específico 3.2

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Gabriel Claramunt			20		20
Gustavo Herrera			160	50	210
Pedro Pizarro			50	50	100
José Sánchez		320			320
Soledad de la Piedra		320			320
Marcela Collao		120			120
TOTAL		760	230	100	1090

Objetivo específico 3.3

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Gabriel Claramunt			40	50	90
Gustavo Herrera			20	10	30
Yasna Muñoz		80	20	10	110
Marcela Collao		80			80
TOTAL		160	80	70	310

Objetivo específico 3.4

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Pedro Pizarro			40	50	90
Gabriel Claramunt			40	10	50
Marcela Collao		50			50
TOTAL		50	80	60	190



Objetivo específico 3.5

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Gabriel Claramunt			100	50	150
Gustavo Herrera			40	50	90
Marcelo Oliva			100	50	150
Pedro Pizarro			40	50	90
Jessica Pizarro			20	20	40
Yasna Muñoz			10	10	20
Samuel Soto			10	10	20
TOTAL			320	240	560



2. FUNCION DESARROLLADA POR EL EQUIPO PROFESIONAL Y TÉCNICO

2A. PERSONAL INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO (IFOP)

Nombre	Función
Jorge Oliva	Jefe Proy. – Reprod.-Ictiop-Evaluación
Patricio Barría	Evaluación
Rodolfo Serra	Evaluación
Carlos Martínez	Reproducción
Hernán Reyes	Oceanografía Física-Ictioplancton
Víctor Catasti	Ictioplancton-Oceanografía
Víctor Baros	Ictioplancton-Reproducción
Eduardo Díaz	Reproducción
Carlos Montenegro	Análisis Estadístico-Pesquero
Mauricio Braun	Ictioplancton
Vivian Valenzuela	Ictioplancton
Guillermo Galindo	Ictioplancton
Román Robles	Reproducción
Marcial Carrasco	Ictioplancton-Reproducción
Patricio Gálvez	Ictioplancton
Adolfo Vargas	Reproducción
Alberto Campos	Coordinador muestreo biológico
Luis García	Reproducción-Muestreo
Pablo Sanhueza	Reproducción-Muestreo
Juan Bellet	Reproducción-Muestreo
Ricardo Moreno	Ictioplancton
Paolo Pasten	Reproducción-Muestreo
Juan Almazabal	Reproducción-Muestreo
Juan Ríos	Reproducción-Muestreo



2B. PERSONAL UNIVERSIDAD ARTURO PRAT (UNAP)

Nombre	Función
Gabriel Claramunt	Coordinador General UNAP. Reprod. –Ictioplancton- Evaluación
Gustavo Herrera	Reproducción
Jessica Pizarro	Ictioplancton
Pedro Pizarro	Reproducción
Marcelo Oliva	Ictioplancton–Evaluación
Yasna Muñoz	Reproducción-ictioplancton
Samuel Soto	Ictioplancton
Soledad de la Piedra	Reproducción
Paola Moreno	Ictioplancton
Marcela Collao	Reproducción
José Sánchez	Reproducción



**Sección Documentación,
Difusión y Biblioteca**

**IFOP
Valparaíso**