

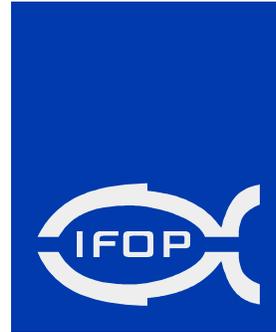


INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP N° 2001-10

Evaluación del stock desovante
de anchoveta por el método
de producción de huevos
en la I y II Regiones,
año 2001





INFORME FINAL

FIP N° 2001-10

**Evaluación del stock desovante
de anchoveta por el método
de producción de huevos
en la I y II Regiones,
año 2001**

· Octubre, 2002 ·



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.
CARLOS MONTENEGRO S.
OMAR ROJAS J.
HERNAN REYES R.
VICTOR CATASTI B.
EDUARDO DIAZ R.
PATRICIO BARRIA M.
RODOLFO SERRA B.
VICTOR BAROS P.
ADOLFO VARGAS R.
GABRIEL CLARAMUNT Q.
GUSTAVO HERRERA U.
PEDRO PIZARRO F.
JESSICA PIZARRO E.
YASNA MUÑOZ G.
RUBEN ESCRIBANO V.
MARCELO OLIVA M.

· Octubre, 2002 ·

**PERSONAL PARTICIPANTE**

Nombre	Actividades	Institución
INVESTIGADORES		
JORGE OLIVA L.	Jefe de proyecto Reproducción, Evaluación	IFOP
OMAR ROJAS J.	Ictioplancton, Evaluación	IFOP
HERNÁN REYES R.	Oceanografía	IFOP
CARLOS MONTENEGRO S.	Evaluación	IFOP
VÍCTOR BAROS P.	Ictioplancton, Oceanografía	IFOP
ADOLFO VARGAS R.	Reproducción	IFOP
EDUARDO DÍAZ R.	Reproducción	IFOP
VICTOR NAKAGAWA V.	Ictioplancton, Oceanografía	IFOP
PATRICIO BARRIA M.	Evaluación	IFOP
RODOLFO SERRA B.	Evaluación	IFOP
VICTOR CATASTI B.	Oceanografía, Ictioplancton	IFOP
CARLOS MARTINEZ F.	Reproducción	IFOP
MAURICIO BRAUN A.	Oceanografía, Ictioplancton	IFOP
GABRIEL CLARAMUNT Q.	Reproducción, Evaluación	U. Arturo Prat
GUSTAVO HERRERA U.	Reproducción	U. Arturo Prat
JESSICA PIZARRO E.	Ictioplancton, Evaluación	U. Arturo Prat
PEDRO PIZARRO F.	Reproducción, Evaluación	U. Arturo Prat
YASNA MUÑOZ G.	Reproducción	U. Arturo Prat
SAMUEL SOTO M.	Ictioplancton	U. Arturo Prat
JOSÉ TOLOZA U.	Reproducción	U. Arturo Prat
RUBEN ESCRIBANO V.	Evaluación	U. Antofagasta
MARCELO OLIVA M.	Evaluación	U. Antofagasta
TÉCNICOS DE LABORATORIO		
HERNÁN MILES U.	Ictioplancton, Oceanografía	IFOP
ALBERTO CAMPOS V.	Reproducción	IFOP
MARCIAL CARRASCO S.	Ictioplancton, Oceanografía	IFOP
GASTON ROSSON	Ictioplancton, Oceanografía	IFOP
GUILLERMO PIZARRO CH.	Ictioplancton	CORPESCA
JOSÉ SÁNCHEZ R.	Ictioplancton	U. Arturo Prat
SOLEDAD DE LA PIEDRA R.	Reproducción, Ictioplancton	U. Arturo Prat
PAOLA MORENO G.	Reproducción, Ictioplancton	U. Arturo Prat
GABRIK LARREA I.	Reproducción, Ictioplancton	U. Arturo Prat
RAÚL CORTEZ	Reproducción, Ictioplancton	U. Arturo Prat
TÉCNICOS DE MUESTREO		
JUAN BELLET U.	Reproducción	IFOP
PABLO SANHUEZA D.	Reproducción	IFOP
LUIS GARCÍA M.	Reproducción	IFOP
JUAN ALMAZABAR G.	Reproducción	IFOP
JUAN RÍOS B.	Reproducción	IFOP



RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe contiene los resultados y conclusiones correspondientes al desarrollo del proyecto FIP N° 2001-10 “Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2001”, ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero.

Metodológicamente, se procedió en primer lugar a realizar los cruceros de recolección de muestras de huevos y adultos de anchoveta, a bordo del B/C “Carlos Porter” y de 5 naves pesqueras, respectivamente. En segundo lugar, se procedió a estimar el stock desovante de anchoveta durante el período de máxima actividad reproductiva de la especie durante el año 2001 y se realizó el análisis de las condiciones oceanográficas asociadas al proceso de desove.

El Método de Producción de Huevos (MPH), se desarrolló de forma similar al efectuado en el año 2000, ésto es, considerando la operación simultánea del B/C “Carlos Porter” orientado a la recolección de huevos y de cinco embarcaciones cerqueras comerciales (PAM “Alerce”, “Pucará”, “Marbella” (Empresa Pesquera CORPESCA); “Coray I” y “Don Peter” (Empresa Pesquera La Península), orientadas a la recolección de ejemplares adultos de anchoveta.

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 2001, estuvo caracterizado por la presencia de ovocitos vitelogénicos, sin atresia ovárica. Este proceso se inició a principios de junio, alcanzó su máximo en la segunda quincena de julio, situación que se prolongó hasta fines de septiembre de 2001. Lo anterior, sobre la base de la información proveniente de procesar 19.687 y 1.854 ovarios utilizando técnicas macroscópicas y microscópicas, procedentes de ejemplares obtenidos en las capturas realizadas en el área de estudio (de Arica 18° 20' S a Punta Carrizalillo 26° 03' S).



El B/C “Carlos Porter” operó del 7 al 31 de agosto de 2001, realizando 46 transectas perpendiculares a la costa con 514 estaciones, hasta 60 mn de la costa. En dicho track se registraron 60 estaciones positivas (12%), con un total de 7.586 huevos/0,05 m² y un promedio de 126 huevos por estación positiva. Por su parte, las cinco embarcaciones cerqueras operaron del 9 al 31 de agosto de 2001, efectuando 73 lances de muestreo, de los cuales 60 fueron efectivos (con captura de anchoveta), los que se concentraron preferentemente en zonas costeras: de Arica a Bernales en las primeras 10 mn (18°20' – 18°40' S) y de Chucumata a río Loa en las primeras 10 mn (20° 30' – 21° 30' S). A bordo se midieron 11.167 anchovetas, cuya amplitud de tamaño fluctuó entre los 12 y 19,5 cm de longitud total, con una moda principal centrada en los 16 cm (26%).

Los principales resultados y conclusiones asociadas a la evaluación del stock desovante de anchoveta son las siguientes:

- 1) La distribución espacial de los huevos de anchoveta indicó que el proceso de desove ocupó un limitado rango latitudinal comprendido entre Arica (18° 30' S) y Antofagasta (23° 40' S). Entre Tocopilla (21° 50' S) y Mejillones (22° 50' S) no se encontraron huevos. En sentido longitudinal el 95% de los huevos de anchoveta se concentró entre la costa y 15 mn.

Las zonas de mayor densidad de huevos fueron las siguientes: a) entre Punta Gruesa (20° 20' S) y río Loa (21° 30' S), contribuyendo con el 55% de los huevos y b) entre Mejillones (23° 00' S) y Antofagasta (23° 40' S), registrándose el 36 % de los huevos. Ambas zonas representaron en conjunto el 91% de los huevos.

El ajuste del modelo lognormal indicó que las máximas concentraciones de huevos se registraron alrededor de la latitud 22°S, lo que refuerza la hipótesis de que el área de desove se encuentra asociada a la desembocadura del río Loa.



- 2) Se estimó una biomasa desovante de anchoveta para la I y II Regiones de 425.890 toneladas aplicando el criterio de interpolación o funcional, con una varianza de $4,4919 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,5. Alternativamente y bajo la aplicación del criterio de límite inferior o estructural, la biomasa desovante se estimó en 332.243 toneladas, con una varianza de $2,7337 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,5.
- 3) Los resultados del ajuste no lineal del modelo de decaimiento exponencial indicaron una producción de huevos (P_o) de 66,85 huevos/0,05m²/día, con un error estándar de 27,37. La tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos fue de 0,44 día⁻¹ con un error estándar de 0,30, lo que indica que el 36% de los huevos muere al día.
- 4) En el año 2001 la anchoveta de la I y II Regiones presentó un prolongado e intenso proceso reproductivo, con un reposo sexual disminuido y prácticamente sin detectar atresia ovárica, similar a lo registrado en el 2000. La frecuencia de desove calculada con las edades combinadas fue de 0,19 con una varianza de 0,00011 y un coeficiente de variación de 0,06. Esto indicó que durante el tiempo de la exploración, el 19% de las hembras maduras desovaron cada día y que cada hembra madura desovó, en promedio, cada 5,3 días.
- 5) La fecundidad parcial promedio en las 60 colecciones varió de 12.935 a 18.311 ovocitos por hembra. Se utilizó el modelo de tipo lineal para los cálculos de fecundidad media poblacional. La fecundidad relativa promedio fue de 540 ovocitos por gramo de hembra. La fecundidad parcial media poblacional estimada para todos los lances (fecundidad modal) fue de 15.911 ovocitos, con un coeficiente de variación de 0,0226.
- 6) La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados, presentó una amplitud entre 0,03 y 0,95 con un promedio de 0,47 y un coeficiente de variación de 0,054 y el peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras



maduras, obtenidas en 60 lances, fluctuó de 24,6 a 36,9 gramos. El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 32 gramos, con un coeficiente de variación de 0,011.

- 7) Las condiciones oceanográficas observadas en la zona norte de Chile durante el crucero de agosto 2001, se presentaron “normales”. En efecto, la distribución de anchoveta se localizó preferentemente en rangos de temperatura de 14 a 16°C, (alcanzando las mayores densidades de 15 a 16°C) y en el estrato de salinidad 34,7-34,9 psu. Al analizar los gradientes térmicos y su relación con la distribución de huevos se aprecia que el rango de mayor densidad se ubicó en el rango 0,9 a 1,3°C/2mn; y que, a gradientes superiores a los 1,3°C/2mn las concentraciones de huevos disminuyen notablemente. Además, no obstante que se observa una asociación entre la salinidad y la densidad de huevos, en gradientes superiores a 0,09 psu/2mn las densidades de huevos decaen drásticamente.
- 8) La comparación entre las biomásas desovantes por el MPH y el modelo ADAPT, indica que en términos numéricos existen diferencias cercanas a un orden de magnitud. Cabe señalar, que la serie del MPH se utilizó como un índice de abundancia relativa.
- 9) En relación a las ventajas de la aplicación del MPH, Hunter y Lo (1997) señalan: *“Tal vez la conclusión más importante derivada de nuestra revisión, es que después de 15 años de uso, el Método de Producción Diaria de Huevos (Lasker, 1985) se mantiene como un método sorprendentemente robusto para estimar biomásas de peces. La gran fortaleza del MPDH reviste en que es el único método de estimación de biomasa absoluta, donde todas las variables son medidas directamente en la prospección”.*



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO -----	i
ÍNDICE GENERAL -----	v
ÍNDICE DE FIGURAS -----	vii
ÍNDICE DE TABLAS -----	xi
1. INTRODUCCIÓN -----	1
2. OBJETIVO GENERAL -----	5
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS -----	5
4. DESARROLLO METODOLÓGICO -----	7
4.1 Área de estudio -----	7
4.2 Desarrollo de los cruceros -----	7
4.2.1 Monitoreo reproductivo -----	7
4.2.2 Crucero de recolección de huevos de anchoveta -----	8
4.2.3 Crucero de recolección de ejemplares adultos de anchoveta -----	9
4.3 Metodología por objetivo específico -----	11
4.3.1 Objetivo específico 3.1 -----	12
4.3.2 Objetivo específico 3.2 -----	17
4.3.3 Objetivo específico 3.3 -----	21
4.3.4 Objetivo específico 3.4 -----	25
4.3.5 Objetivo específico 3.5 -----	27
4.3.6 Objetivo específico 3.6 -----	29
4.3.7 Objetivo específico 3.7 -----	32
5. RESULTADOS -----	35
5.1 Crucero de prospección -----	35
5.2 Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio del crucero -----	36
5.3 Distribución y abundancia de huevos de anchoveta , año 2001 -----	36
5.4 Condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos -----	37
5.5 Crucero de adultos -----	41



5.6	Resultados por objetivo específico -----	43
5.6.1	Objetivo específico 3.1 -----	43
5.6.2	Objetivo específico 3.2 -----	44
5.6.3	Objetivo específico 3.3 -----	45
5.6.4	Objetivo específico 3.4 -----	46
5.6.5	Objetivo específico 3.5 -----	47
5.6.6	Objetivo específico 3.6 -----	47
5.6.7	Objetivo específico 3.7 -----	60
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS -----	63
6.1	Análisis oceanográfico -----	63
6.2	Análisis biológico-pesquero -----	64
7.	CONCLUSIONES -----	75
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS -----	79

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 2001-10 “Evaluación del stock desovante de anchoveta I y II Regiones, año 2001”.
- ANEXO III.** Base de datos del Proyecto FIP N° 2001 – 10.
- ANEXO IV.** Personal Participante por Actividad y Objetivo.
- ANEXO V.** Desarrollo estadístico para el tamaño mínimo de muestra.
- ANEXO VI.** CD con archivos Informe Final completo más Base de Datos.



INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MPH, agosto 2001.
- Figura 2. Evolución del índice gonadosomático de la anchoveta en la I y II Regiones.
- Figura 3. Evolución semanal de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO), 4 de junio al 2 de septiembre del 2001.
- Figura 4. Distribución espacial de las estaciones de ictioplancton. Crucero MPH anchoveta, agosto 2001.
- Figura 5. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH 2001.
- Figura 6. Distribución de a) temperatura superficial (°C) b) anomalía de temperatura superficial (°C). Crucero MPH, agosto 2001.
- Figura 7. Distribución de a) temperatura (°C) a nivel de 50 metros de profundidad y b) diferencia de temperatura (°C) entre superficie y el nivel de 50 m de profundidad. Crucero MPH, agosto 2001.
- Figura 8. Distribución de a) salinidad superficial (psu) y b) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH, agosto 2001.
- Figura 9. 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 2001.
- Figura 10. Distribución espacial de los lances de pesca realizados por embarcaciones cerqueras. Crucero MPH, agosto 2001.



- Figura 11. Distribución de tamaños de la anchoveta en la I y II Regiones, agosto del 2001 (A: por sexo; B: total).
- Figura 12. Número de huevos por estadio de desarrollo, anchoveta zona norte. Crucero MPH 2001.
- Figura 13. Número de huevos por edad (horas), anchoveta zona norte. Crucero MPH 2001.
- Figura 14. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de hembras hidratadas de anchoveta. Agosto 2001.
- Figura 15. Regresión entre la fecundidad parcial y la longitud total de hembras hidratadas de anchoveta. Agosto 2001.
- Figura 16. Distribución espacial de las estaciones oceanográficas realizadas en los cruceros de los proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2001.
- Figura 17. Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Período 1992 - 2001.
- Figura 18. Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial. Período 1992 - 2001.
- Figura 19. Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992 - 2001.
- Figura 20. Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992 - 2001.
- Figura 21. Histogramas de la temperatura superficial (°C), cruceros proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2001.
- Figura 22. Histogramas de la salinidad superficial (psu), cruceros proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2001.
- Figura 23. Número de celdas con huevos de anchoveta respecto de la temperatura de 10 metros de profundidad (°C).



- Figura 24. Número de celdas con huevos de anchoveta respecto a la salinidad superficial (psu).
- Figura 25. Gráficas con los efectos de las covariables del GLM con distribución binomial de la variable respuesta. Modelo con variables de posición. Cruceros Proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.
- Figura 26. Gráficas con los efectos de las covariables del GLM con distribución binomial de la variable respuesta. Modelo con variables oceanográficas. Cruceros Proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.
- Figura 27. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto del gradiente térmico a 10 m. de profundidad.
- Figura 28. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto del gradiente salino superficial.
- Figura 29. Biomasa absoluta de biomasa de stock desovante estimadas por el MPH y modelo de evaluación de stock ADAPT.
- Figura 30. Relación lineal entre las estimaciones de biomasa desovante del MPH versus ADAPT.
- Figura 31. Residuales de la relación lineal entre las estimaciones de biomasa desovante del MPH versus ADAPT.
- Figura 32. Relación lineal entre las estimaciones del logaritmo de la biomasa desovante del MPH versus ADAPT.
- Figura 33. Residuales de la relación lineal entre las estimaciones del logaritmo de la biomasa desovante del MPH versus ADAPT.
- Figura 34. Areas de desove (mn^2) estimadas para anchoveta de 1992 a 2001, según los criterios definidos: Criterio Estructural o Límite Inferior y Criterio Funcional o Interpolación. Se presenta además el área total del crucero.



- Figura 35. Numero de huevos por unidad de muestreo en función de la edad para cada uno de los años de aplicación del MPH.
- Figura 36. Distribución espacial y temporal de huevos de anchoveta. Período 1992-2001.
- Figura 37. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de la anchoveta en la I y II Regiones.
- Figura 38. Fecundidad relativa de la anchoveta, en la I y II Regiones. (series: peso corporal en gramos).
- Figura 39. Biomosas estimadas por el MPH sin eliminación de puntos atípicos en 1999 para los escenarios 1 y 2 capturas totales (año 2001 capturas parciales) del año.
- Figura 40. Biomosas estimadas por el MPH según los criterios de límite inferior e interpolación, con eliminación de puntos atípicos en 1999, en conjunto con las capturas totales (año 2001 capturas parciales).
- Figura 41. Gráficas con los efectos de las covariables del GLM con distribución log-normal de la variable respuesta. Modelo con variables de posición. Cruceros Proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.
- Figura 42. Gráficas con los efectos de las covariables del GLM con distribución log-normal de la variable respuesta. Modelo con variables oceanográfica. Cruceros Proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.



INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).
- Tabla 2. Transectas incompletas por fuerza mayor durante el crucero de huevos.
- 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, 2001.
- Tabla 6. Densidad promedio y constancia de huevos de anchoveta. Cruceros MPH Invierno 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000 y 2001.
- Tabla 7. Abundancia promedio y rangos de huevos de anchoveta en invierno 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000 y 2001.
- Tabla 8. Posición geográfica de los lances efectuados durante el crucero de anchoveta, en la I y II Regiones, agosto 2001.
- 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 (PT), 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 2001.
- Tabla 13. Resultados del ajuste del GLM para el modelamiento de la probabilidad de encuentro de huevos de anchoveta. Modelo con variables de posición. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.
- Tabla 14. Resultados del ajuste del GLM para el modelamiento de la probabilidad de encuentro de huevos de anchoveta. Modelo con variables oceanográficas. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.
- Tabla 15. Resultados del ajuste del GLM para el modelamiento de la densidad de huevos de anchoveta (huevos/0,05 m²). Modelo con variables de posición. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001,
- Tabla 16. Resultados del ajuste del GLM para el modelamiento de la densidad de huevos de anchoveta (huevos/0,05 m²). Modelo con variables oceanográficas. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.
- Tabla 17. Principales resultados del ajuste del modelo exponencial de sobrevivencia para los huevos de anchoveta, 1992 a 2001.
- Tabla 18. Resumen de resultados de la estimación de la biomasa desovante de anchoveta, bajo los criterios estructural y funcional, 1992-2001.



1. INTRODUCCIÓN

El sector pesquero constituye una de las áreas productivas más importantes de la economía del país, al generar por concepto de exportaciones de productos pesqueros 1.861 millones de dólares al año, lo que significa participar del 11% de las exportaciones del país del 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 (1997-2001) 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 han sustentado dichas capturas corresponden a peces de comportamiento pelágico: anchoveta (*Engraulis ringens*), jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus*), contribuyendo el año 2001, con un 60; 25 y 14%, respectivamente.

De lo señalado, se observa que la actividad productiva de la industria pesquera en la I y II Regiones, en los últimos años, está 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) y en el 2000 (FIP 2000-06).

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.

ANTECEDENTES

El Método de Producción de Huevos define la biomasa desovante como la relación entre la producción diaria de huevos (huevos por día para la población total) y la fecundidad específica diaria de la población adulta (huevos por día por tonelada métrica). La producción diaria de huevos se calcula con los datos de densidad y estado de desarrollo embrionario de los huevos colectados en un crucero de ictioplancton.

La fecundidad específica diaria de la población adulta se determina mediante el procesamiento de muestras de peces obtenidas durante un crucero de pesca, las cuales proporcionan información respecto de la fecundidad parcial, el peso promedio de hembras, la frecuencia del desove y la proporción de sexos.

La aplicación del Método de Producción de Huevos para la determinación de la biomasa de peces pelágicos multidesovantes, como anchoveta y sardina, requiere del uso de métodos para estimar la frecuencia del desove. En 1979, Hunter y



Goldberg (1980), acogiendo una sugerencia formulada por Yamamoto y Yoshioka (1964), en el sentido que la frecuencia del desove podría ser determinada a través de la incidencia de los folículos postovulatorios, logran mediante la inducción del desove de anchovetas mantenidas en cautiverio, caracterizar histológicamente el proceso de degeneración de los folículos postovulatorios en función del tiempo, y a partir de ello, definir criterios para establecer la edad de dichas estructuras, y utilizarlas para la estimación directa de la frecuencia del desove en poblaciones naturales de peces pelágicos multidesovantes.

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

El huevo en el mar es fertilizado y pasa por una serie continua de fases de desarrollo embrionario, cuya duración es dependiente de la temperatura del agua.

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

- a) Proporciona una estimación instantánea de la biomasa desovante,
- b) Sus fuentes de error están identificadas, siendo factible estimar fácilmente la precisión de cada una de ellas,
- c) Proporciona información biológica anexa (fecundidad, tasa de mortalidad de huevos, proporción de peces maduros, etc) de utilidad para evaluar la condición del stock del reclutamiento potencial, y



- d) Constituye una fuente de información auxiliar para calibrar las evaluaciones indirectas obtenidas mediante el Análisis Secuencial de Poblaciones (ASP).

Los resultados obtenidos con la aplicación del MPH en Chile, indicaron para la población de anchoveta en la zona norte una biomasa desovante de 1.053.000 toneladas para 1992 (Rojas y Oliva, 1993). Posteriormente, en 1995 Claramunt *et al.* (1996) estimaron una biomasa desovante de anchoveta de 1.223.515 toneladas y en 1996 el nivel bajó considerablemente alcanzando a sólo 581 mil toneladas (FIP N° 96-01), manteniéndose en 1997, registrándose 594 mil toneladas (FIP N° 97-01), coincidiendo con la evaluación acústica de la biomasa de la anchoveta, la cual alcanzó a 623 mil toneladas (FIP N° 97-01). La aplicación en 1999 entregó una biomasa de 1.118.674 toneladas (FIP N° 99-10).

En el año 2000, en un Taller que reunió a los especialistas chilenos que han aplicado el MPH, se definió una metodología estándar para el análisis de la información de los cruceros y con esta se efectuó una re-estimación de la biomasa desovante de cada año, con el fin de que las biomásas estimadas fueran comparables interanualmente. En dicho Taller se definió la estimación de la biomasa del stock desovante de la anchoveta bajo dos criterios: 1) criterio estructural o límite inferior estimó una biomasa de 588 mil toneladas; y 2) criterio funcional o de interpolación estimó una biomasa de 754 toneladas. La diferencia de estos estimados reside en la forma en que se delimita el área de desove, basándose el criterio estructural en un planteamiento que explica el proceso de desove en función estricta de la presencia o ausencia de huevos de anchoveta en el área prospectada. En cambio en el criterio funcional se efectúa una interpolación entre estaciones con presencia o ausencia de huevos basado en ciertas pautas que se relacionan con el comportamiento del recurso considerando aspectos biológicos, oceanográficos y distribución de los huevos en el mar (Anexo 1).



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.
- 3.7** Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos en este proyecto y anteriores con los obtenidos a través de métodos indirectos de evaluación de stock.



.....
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 2001.

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.

En el anexo I se presentan los criterios para la aplicación del MPDH y en el anexo II un glosario con las variables y parámetros de la metodología.

4.1 Area 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' Latitud Sur, hasta el paralelo 26° 03' Latitud Sur 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 fundadamente 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 junio a septiembre de 2001. 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 (Tabla 1).

Durante el período de desarrollo del presente proyecto, se analizaron 19.687 y 1.854 ovarios de hembras 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 514 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 ejercicios navales y a malas condiciones del mar algunas transectas no se lograron completar (Figura 1 y Tabla 2).

En cada estación se obtuvo una muestra de zooplancton mediante un muestreador **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, 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) y 60 lances en 2000 (Oliva *et al.*, 2001). El año 2001 se propuso realizar 40 lances positivos (con anchoveta), lográndose en definitiva efectuar 60 lances.

El desarrollo estadístico aplicado para la determinación del tamaño de muestra a bordo se expone en ANEXO V. Al respecto 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 120 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.

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:

$$y_{it} = a e^{(bt+ci)} i^d \quad \text{Ec. 1}$$

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:

$$y_{it} = 16,07 e^{-(0,1145t+0,098i)} i^{1,74} \quad \text{Ec. 2}$$

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 mas cercano.

La expresión básica para la determinación de la edad de los huevos es:

$$y_{itk} = y_{it} + k - T \quad \text{Ec. 3}$$

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:

$$T = \text{residuo de } (Y_{it} + 22) / 24 \quad \text{Ec. 4}$$

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

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

Donde G es el doble de la 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 m²) 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:

$$P_t = P_0 e^{(-zt^*)} \quad \text{Ec. 5}$$

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:

$$CV[\hat{P}_0] = \frac{\sqrt{\hat{v}(P_0)}}{\hat{P}_0} \quad \text{Ec. 6}$$

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 (Tabla 1).

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 granulosas 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 cuales fueron recolectados de las muestras por lo menos 9 horas después del máximo desove (22:00 horas), con el objeto de prevenir cualquier sesgo en el muestreo de hembras durante la hora del día en que estuvieron desovando.

Los antecedentes que se relacionan con la hora de desove están basados en experiencias en laboratorio, donde se mantienen adultos en condiciones controladas y se obtienen desoves masivos. En Chile los primeros resultados indicaron que todos los desoves de la anchoveta se registraron entre las 22 y 04 horas (Gustavo Herrera *com. pers.*). Esta información está basada en las experiencias que se están desarrollando en la Universidad "Arturo Prat" de Iquique en el proyecto FDI-CORFO "Desarrollo de un sistema masivo de postlarvas de anchoveta para exportación". El Director Principal de este proyecto es el Sr. Gustavo Herrera U. investigador que a la vez participa en el FIP 2001-10. No fue posible obtener una información con mayor detalle, ya que aun los datos del proyecto FDI no han sido analizados de forma tal que pueda definir categóricamente la hora de desove y poder así utilizarla con mayor propiedad en el MPH. Por otra parte, en la próxima temporada de desove de la anchoveta (2002) la UNAP volverá a efectuar experiencias en el tema con el fin de reforzar los resultados.



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:

$$\bar{F}_i = \frac{m_{hi}}{m_i} \circ \frac{m_{1i}}{m_i} \circ \frac{m_{2i}}{m_i} \quad \text{Ec. 7}$$

donde:

$$m_i = m_{hi} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai} \quad \text{Ec. 8}$$

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:



$$m_{hi} = \frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} \quad \text{Ec. 9}$$

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

$$\bar{F}_i = \frac{\sum m_{1i} + m_{2i}}{2 \sum \left[\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai} \right]} = \frac{\sum m_{1i} + m_{2i}}{2 \sum m_{yi}} \quad \text{Ec. 10}$$

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

$$\bar{\bar{F}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{F}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad \text{Ec. 11}$$

cuya varianza es:

$$V(\bar{\bar{F}}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum \left(\frac{m_{yi}}{m} \right)^2 (F_{yi} - \bar{\bar{F}})^2 \quad \text{Ec. 12}$$

donde:

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

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

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

$$\bar{m} = \sum \frac{m_{yi}}{n} \quad \text{Ec. 13}$$

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:

$$\bar{E}_i = \bar{n}_o W_i \quad \text{Ec. 14}$$

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 Taller FIP N° 96-01) 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:

$$Y'_{ji} = a + bx \quad \text{Ec. 15}$$

$$Y'_{ji} = a * x_{ji}^b \quad \text{Ec. 16}$$

$$Y'_{ji} = a * b^{x_{ji}} \quad \text{Ec. 17}$$

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):

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{E}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad \text{Ec. 18}$$



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.

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

Ec. 19

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 a 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 200 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:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad \text{Ec. 20}$$

donde:

$$\bar{w}_i = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}}{m_i} \quad \text{Ec. 21}$$

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:

$$\hat{v}(\bar{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{w}_i - W)^2}{\left(\sum_{i=1}^n m_i / n\right)^2 n / (n-1)} \quad \text{Ec. 22}$$

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:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \hat{R}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad \text{Ec. 23}$$

donde:

$$\hat{R}_i = \frac{\sum_{l=1}^{l_i} y_{il}}{\sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}} \quad \text{Ec. 24}$$

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:

$$\hat{v}(\hat{R}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\hat{R}_i - \hat{R})^2}{\left(\sum_{i=1}^n m_i / n\right)^2 n / (n-1)} \quad \text{Ec. 25}$$

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):

$$B = K \frac{P_o * W}{R * F * E} \quad \text{Ec. 26}$$

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:

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

Ec. 27



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”

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 y 2001). 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 6.0.

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, esto se realizó a través del módulo RESAMPLE del SIG. De esta manera se crearon imágenes en rasters de 48 columnas (sentido E-O) y 168 filas (sentido N-S).

Finalmente, 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 HISTOGRAM, que permitió conocer y analizar la distribución de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas, y b) módulo RECLASS, 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 STATISTICA. 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

El modelamiento de la densidad de huevos de anchoveta se realizó mediante un modelo lineal generalizado, GLM (McCullagh y Nelder, 1989), el cual corresponde básicamente a un modelo en el cual la respuesta (densidad y presencia de huevos) corresponde a una variable aleatoria con distribución perteneciente a la familia exponencial.

De esta forma se plantea un modelo de la forma:

$$g(\mathbf{m}) = \mathbf{h}_i \quad (1) \quad \text{Ec. 28}$$

Donde

$$\mathbf{h}_i = \mathbf{b}_1 X_{i1} + \mathbf{b}_2 X_{i2} + \dots + \mathbf{b}_p X_{ip} \quad (2) \quad \text{Ec. 29}$$

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

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



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

En lugar de la utilización de un GAM, se optó por modelar los efectos “no-lineales” por medio de polinomios de grado variable, debido a su naturaleza paramétrica, lo que permite mantener el enfoque de inferencia en el análisis de los resultados de los modelos.

4.3.7 Objetivo específico 3.7

“Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos en este proyecto y anteriores con los obtenidos a través de métodos indirectos de evaluación de stock”

Para efectuar un análisis comparativo de los resultados obtenidos de este proyecto y anteriores (FIP 95-01; FIP 96-01, FIP 97-01, FIP 99-10 ; FIP 2000-06, FIP 2001-10). fue necesario reestimar la serie de biomasa desovantes bajo criterios estandarizados como se indica en capítulos anteriores.

Estas estimaciones también presentan variaciones propias del método empleado y las condiciones oceanográficas que pueden afectar la disponibilidad de la anchoveta.

Las evaluaciones indirectas de la anchoveta efectuada por el método de calibración ADAPT del Análisis Secuencial de Poblaciones (ASP), utiliza el método de Gavaris (1988). Este procedimiento entrega estimaciones de abundancia en número y biomasa del stock desovante de la anchoveta al 1º de enero de cada año. Por lo



tanto, para efectuar las comparaciones en términos de biomasa absoluta, se deben corregir obteniendo la biomasa media del stock en el período de realización de los cruceros, que corresponde al período de desove. Esta última magnitud es la que se compara con las estimaciones de stock desovante obtenida de la serie de cruceros. Las estimaciones de biomasa media del stock desovante se obtienen de la siguiente forma:

$$\bar{N}_i = \int_x^y N_o e^{-zt} dt \quad \text{Ec. 30}$$

$$\bar{B}_i = \bar{N}_i * \bar{W}_i \quad \text{Ec. 31}$$

Donde

- N_o = Abundancia en número al 1º de enero edad- específica.
- \bar{N}_i = Número medio edad específica.
- X = Fecha de inicio del crucero.
- Y = Fecha de término del crucero.
- Z = Tasa de mortalidad total edad-específica.
- \bar{W}_i = Peso promedio edad específica corregida.
- \bar{B}_i = Biomasa media del stock desovante edad-específica.

Para el stock de abundancia y biomasa media del stock desovante durante el período del crucero se obtiene:

$$\bar{N}_t = \sum_{i=0}^4 \bar{N}_i * m_i \quad \text{Ec. 32} \quad \text{y} \quad \bar{B}_t = \sum_{i=0}^4 \bar{N}_i * \bar{W}_i * m_i \quad \text{Ec. 33}$$

m_i = ojiva de madurez edad específica



Las estimaciones del MDPH se incorporaron en el modelo de evaluación en una función objetivo del ADAPT que incorpora la suma de cuadrados de los residuales de las series de CPUE observadas y estimadas de la pesquería y las suma de cuadrados residuales de biomasa MDPH observada y biomasa estimada. Además cada serie auxiliar se pondera por el valor inverso de la raíz de la varianza ($\ln CPUE$) y por el valor inverso de la raíz de la varianza ($\ln B$). La función objetivo es minimizada en forma iterativa de manera que encuentra una tasa de mortalidad por pesca para el último año que minimiza en forma conjunta la suma de cuadrados total.



5. RESULTADOS

Los resultados que a continuación se presentan dicen relación con el desarrollo de los cruceros de prospección y monitoreo reproductivo del recurso, con la estimación del stock desovante de anchoveta a través del método de producción de huevos y su comparación con métodos directos, y con la distribución espacial de huevos asociada a 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 del 7 al 31 de agosto del 2001, ambas fechas inclusive. La primera transecta se localizó en Punta Carrizalillo por el sur y la última frente al Puerto de Arica por el norte, cubriendo la totalidad del área de estudio (25.921 mn²) (**Figura 1**).

Los cruceros de prospección y muestreo de ejemplares adultos de anchoveta se realizaron a bordo de cinco embarcaciones cerqueras en el período comprendido del 9 al 31 de agosto de 2001, ambas fechas inclusive. Las naves autorizadas para tales efectos fueron las siguientes: PAM “Alerce”, “Pucará”, “Marbella” de la Empresa Pesquera CORPESCA; “Coray I” y “Don Peter” de la Empresa Pesquera La Península, según Resoluciones de Pesca de Investigación de la Subsecretaría de Pesca números 1.623 del 3/8/2001; 1.708 del 7/8/2001; 1.714 del 9/8/2001 y 1.770 del 21/8/2001 (**Figura 5**).

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



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 2001, 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 2001, indicó un período de reposo relativo de febrero a mayo, intensificándose la actividad reproductiva en julio, con un desove importante en agosto-septiembre (Figura 2).

El análisis microscópico señaló que en la primera quincena de junio se registró el inicio del período de actividad reproductiva masiva, caracterizándose ésta por la presencia de ovarios vitelogénicos. El pleno desove, corroborado por los vitelogénicos, hidratados y folículos postovulatorios, se manifestó desde la segunda quincena de julio continuando hasta fines de septiembre, observándose en ese período los máximos valores del índice de actividad de desove (Tabla 5 y Figura 3).

5.3 Distribución y abundancia de huevos de anchoveta, año 2001

El procesamiento y análisis de las 514 muestras recolectadas durante el crucero, permitió determinar la presencia de 60 registros positivos con huevos de anchoveta, en los cuales se colectaron 7.586 huevos/0,05m², lo que representó una frecuencia porcentual de 12% (Tablas 6 y 7 y Figura 4).



La distribución espacial de los huevos indicó que el desove tuvo un limitado rango latitudinal, comprendido entre Arica (18° 30' S) y Antofagasta (23° 40' S). Entre los 21°50'S (sur de Tocopilla) y 22°50'S (norte de Mejillones) no se encontraron huevos.

El 95% de los huevos de anchoveta se concentró entre la costa y 15 mn, registrándose la mayor frecuencia de estaciones positivas (> a 30 registros) en la línea de estaciones de 1, 5 y 10 mn, que sugirieron un desove netamente costero.

Los focos de abundancia se ubicaron: a) entre Pta. Gruesa (20° 20' S) y Río Loa (21° 30' S), contribuyendo con el 55% de los huevos y b) entre Mejillones (23° 00' S) y Antofagasta (23° 40' S), registrándose el 36% de los huevos. Ambas zonas representaron el 91% de los huevos (Figura 5).

En el año 2001 si bien no presentó una de las más bajas abundancias de huevos (Tabla 6), estos se encontraron en un área pequeña respecto del área total cubierta.

5.4 Condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos

Distribución de la temperatura superficial

La distribución de la temperatura superficial del mar (Figura 6a) presentó un rango que varió desde 13,7°C en la costa (transecta 3, 25°40' S), hasta los 17,0°C (transecta 40, 19°33' S) a 40 mn de la costa. La condición de temperatura se encuentra dentro de los rangos normales para la zona y época del año.

En general, los registros de temperatura más altos se presentaron entre Arica y punta Lobos con valores superiores a los 16°C. Existe un escaso gradiente térmico entre la costa y el sector oceánico (60 mn), él que no superó 2°C, siendo en promedio menor a 1°C. Esto significa que en toda la zona costera los gradientes térmicos superficiales fueron de poca intensidad, lo que es habitual para agosto y septiembre.



El sector oceánico del área de estudio, es decir más allá de 20 mn, presentó anomalías térmicas superficiales de -1 a 1°C (Figura 6b), lo que indica una condición considerada como normal. Aquellos valores de anomalía significativos (i.e. $< -1^{\circ}\text{C}$), se encontraron tanto en el sector costero como en el oceánico, y principalmente en la zona correspondiente a Tocopilla y Mejillones. Las anomalías calculadas son producto de las condiciones de turbulencia originadas por los intensos vientos predominantes en la zona, los que superaron los 15 nudos, formando una capa de mezcla profunda, la que sobrepasó los 50 m de profundidad y como efecto de este proceso se produjo la disminución de la temperatura superficial.

Esta situación de mezcla fue corroborada por la diferencia térmica entre el plano superficial y el nivel de 50 m (Figura 7b), con valores cercanos a cero en el área oceánica desde Tocopilla hasta 24° S. El máximo de anomalía registrada alcanzó los $-2,3^{\circ}\text{C}$ y se ubicó en las cercanías de la costa en la transecta 42, al norte de Pisagua, y podría estar asociadas al afloramiento costero relativamente más intenso que los encontrados más al sur. Sin embargo, para este sector esta anomalía no es significativa.

La distribución de temperatura en el nivel de 50 m (Figura 7a) presentó mayores gradientes térmicos entre el sector costero y el oceánico, en comparación a lo encontrado en superficie. Principalmente desde Tocopilla hasta los 24°S los gradientes encontrados alcanzaron de 3° a 4°C en las primeras 20 mn. Estas diferencias térmicas son el producto de la presencia de aguas de temperatura mayor a 15°C ubicadas hacia el sector oceánico y que corresponden al sector afectado por la mezcla turbulenta asociada a los vientos y que ha sido descrita anteriormente.

Al norte de Tocopilla, se ubicó un foco de baja temperatura, en el rango 13° a 14°C , que abarcó prácticamente toda el área oceánica. Hacia el sur de la latitud 24° S predominaron temperaturas bajas en la costa (i.e. $< 13^{\circ}\text{C}$) y en el sector oceánico esta variable aumentó de intensidad presentando un pequeño núcleo de agua de temperatura superior a los 15°C . Las diferencias térmicas entre superficie y el nivel



de 50 m presentó valores cercanos a cero, especialmente en el sector afectado por la mezcla turbulenta. Desde Tocopilla al sur, y asociado a una menor intensidad en el patrón de forzamiento eólico, la columna de agua se estratificó originando gradientes de 3 a 4°C entre ambos niveles.

Distribución superficial de la salinidad

La distribución de salinidad superficial (Figura 8a) presentó valores en el rango de 34,4 a 34,6 psu, en el sector costero en el área comprendida entre los 24° y 26°S. Estos valores corresponden a los menores registrados en toda la zona y son característicos de masas de Agua Subantártica (ASAA). Esta situación puede ser interpretada de dos formas: 1) indica que en este sector no existió surgencia costera debido a que las ASAA se encontraron cercanas a la costa; o 2) que los procesos de surgencia locales estuvieron asociados a aguas de este tipo. Parece que la única posibilidad es a través de procesos de surgencia.

Hacia el norte de la latitud 24°S, se presentaron las salinidades más altas registradas para la zona, con los mayores valores ubicados en la zona oceánica, frente a Pisagua (transecta 41, estación 442) con un valor de 35,0 psu, variable cuyo valor corresponde a masas de Agua Subtropical (AST).

En general, entre Antofagasta (23° 40'S) y Punta Lobos (21°S), tanto en el sector costero como oceánico, se registraron salinidades de 34,6 a 34,8 psu, valores característicos de mezcla de masas de agua tipo AST y ASAA. En esta misma área, los valores de 34,7 psu en las cercanías de la zona costera, correspondieron a masas de agua tipo Ecuatorial Subsuperficial (AEES) y son consecuencia de los procesos de surgencia costera habituales pero de baja intensidad, en esta época del año (agosto).

La distribución de anomalía de salinidad (Figura 8b) presentó valores en el rango 0 a - 0,1 psu, entre Mejillones y el extremo sur de la zona, lo que correspondió a una



situación normal. Entre Mejillones y punta Lobos se observó un predominio de anomalías negativas y levemente significativas, que están entre $-0,1$ y $-0,3$ psu. Esta situación es semejante a la observada con la distribución del campo térmico, debido a la mezcla intensa en los primeros 50 m de la columna, que se registró en ese sector y que se mantuvo hacia el norte, llegando hasta punta Lobos (21° S). En el sector oceánico ubicado entre punta Lobos y Arica, las anomalías disminuyeron a valores entre 0 y $-0,1$ psu. Sin embargo, se apreció una anomalía negativa levemente significativa, que alcanzó hasta los 19° S, en forma de un filamento delgado.

En el nivel de 50 m y en el área entre Antofagasta y 26° S, los valores de salinidad (Figura 9a) estuvieron en el rango 34,4 a 34,6 psu, indicando que todo ese sector se encontraba con la presencia de masas de agua tipo ASAA en toda la capa superficial, abarcando también el sector costero. No se registraron salinidades mayores a 34,7 psu que indicaron la presencia de masa de agua tipo AESS y que son propias de procesos intensos de surgencia.

La situación descrita es corroborada por la diferencia de los valores de salinidad entre la superficie y los 50 m, los que estuvieron en el rango 0 a 0,2 psu (Figura 9b). Entre Antofagasta y Tocopilla los valores del campo halino son similares a los encontrados en superficie, por lo tanto la diferencia es cercana a cero, producto de la mezcla vertical turbulenta en el área. Al norte de Tocopilla la capa de los primeros 50 m presentó diferencias en el rango 0,1 a 0,2 psu en el sector costero. Sin embargo, hacia el sector oceánico desde punta Lobos hasta Arica las diferencias aumentaron hasta 0,3 psu, producto de la mayor salinidad encontrada en la superficie (i.e. 35,0 psu) y que es propia de masas de agua de tipo Subtropical (AST), lo que se contrasta con salinidades de 34,7 psu pertenecientes a masas de agua tipo ASAA modificada por AST ubicada en el nivel de 50 m.

En general La condición de la salinidad se encuentra dentro de los rangos normales para la zona y período del año.



5.5 Crucero de adultos

a) Número de lances en muestreo de adultos

De acuerdo al diseño, se efectuaron 73 lances en total, de los cuales 60 fueron efectivos (Tabla 8 y Figura 10). 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) y en Perú 40 lances (Ayon, P. y B. Buitron, 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 analizarán 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 colectaron 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

Se observó baja presencia de anchoveta entre Arica y Tocopilla y ausencia de ésta de Mejillones a Taltal.

Las agregaciones de anchoveta se detectaron, principalmente, en los siguientes sectores: de Arica a Bernalles ($18^{\circ} 20' - 18^{\circ} 40' S$) en las 10 primeras mn; de Chucumata a Río Loa ($20^{\circ} 30' - 21^{\circ} 30' S$) en las primeras 10 mn (Figura 10).

En términos generales la anchoveta se distribuyó en áreas muy costeras dentro de las primeras 5 millas. Esta situación asociada a la restricción de capturar en el Area de Reserva Artesanal significó no acceder a las agregaciones reproductivas ubicadas en esa área.

d) Capturas en los lances de pesca

Las capturas obtenidas en los distintos lances de pesca durante la pesca de investigación fue muy baja, registrándose un total de 1.613 toneladas, de las cuales el 98% correspondió al recurso anchoveta.

Durante el crucero se observó jurel y en menor proporción caballa entre los 21° y $22^{\circ} S$ entre las 20 y 60 mn. Cabe mencionar, que las embarcaciones destinadas a la captura de anchoveta prospectaron hasta 60 mn.

e) Distribución de tamaños de ejemplares de anchoveta

Durante el crucero se midieron 11.617 anchovetas, cuya amplitud de tamaño fluctuó entre los 12,0 y 19,5 cm de longitud total, con una moda centrada en los 16,0 cm (26%) (Figura 11).



Del total de anchovetas medidas 6.949 correspondieron a machos con longitudes que oscilaron entre los 13,0 y 18,5 cm de longitud total, con una moda en los 15,5 cm, mientras que las hembras presentaron una moda en los 16,5 cm y un rango de tamaño entre los 12,0 y 19,5 cm de longitud total.

5.6 Resultados por objetivo específico

5.6.1 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

En la figura 12 se presenta el número de huevos por estadio de desarrollo, donde se observa una mayor representación en los estadio IV y V, observándose una disminución paulatina a partir del estadio VII. 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 (Figura 13).

Los resultados del ajuste no lineal del modelo de decaimiento exponencial indican un P_0 de 66,85 huevos/0,05m²/día con un error estándar de 27,37. A partir de dicho ajuste se obtuvo una tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos fue de 0,44 día⁻¹, con un error estándar de 0,30, lo que indica que el 36% de los huevos muere al día.



5.6.2 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 9 y 31 de agosto del año 2001. De cada lance se recolectaron 30 especímenes.

- **Proporción de estadios de madurez microscópico**

El análisis histológico de los ovarios recolectados entre el 9 y el 31 de agosto de 2001 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 (Figura 2 y 3).

- **Fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta**

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

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

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

El porcentaje de hembras de día 1 de edad varió de 0 a 50% y el de día 2 fluctuó de 0 a 67%. 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 18,9%, con una varianza de 0,0002 y un coeficiente de variación de 0,07498. Esto indicó que durante el tiempo de la exploración el 18,9% de las hembras maduras desovaron cada día o que cada hembra madura desovó, en promedio, cada 5,3 días.

5.6.3 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 en ovarios clasificados histológicamente como hidratados, sin presencia de folículos postovulatorios.

El ajuste de la fecundidad parcial en función del peso corporal para las 133 hembras hidratadas 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. 14 y 15). 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 la de los en el rango medio, los que son bien explicados por el modelo lineal simple.

La fecundidad parcial promedio correspondiente a los 60 lances efectivos varió de 12.935 a 18.311 ovocitos por hembra. La fecundidad relativa varió de 282 a 1024 ovocitos por gramo de hembra, con un promedio de 540 ovocitos. La fecundidad media poblacional fue de 15.911 ovocitos, con una varianza de 129.890 y un coeficiente de variación de 0,0226.



5.6.4 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 0,03 y 0,95 (Tabla 10), con un promedio de 0,47, cuya varianza fue de 0,00063 y el coeficiente de variación fue de 0,054.

La proporción sexual presentó valores similares a 1992, 1996 y 1999 y por debajo a 1997 y 2000.

- **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 24,6 a 36,9 gramos (Tabla 10). El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 32 gramos, con una varianza de 0,14 y un coeficiente de variación de 0,011.



5.6.5 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 del año 2001), a través del criterio de interpolación o funcional fue estimada en 425.890 toneladas, con una varianza de $4,4919 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,5.

Por el criterio de límite inferior o estructural la biomasa se estimó en 332.243 toneladas, con una varianza de $2,7337 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,5 (Tabla 11).

5.6.6 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"

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 7 proyectos 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 desde 1992 hasta 2001. Las variables latitud y longitud de la estación se encuentran presentes para



las 4.286 estaciones realizadas en los 7 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, entre 1992 y 1996 se observa una extensión progresiva, partiendo en 1992 con 330 mn hasta llegar a las 450 mn en 1996, año a partir del cual se mantiene la extensión latitudinal, hasta el año 2001. 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).

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 y Figura 16).

Las distribuciones espaciales de las variables se presentan en las figuras 17, 18, 19 y 20. 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 (Figura 17). 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 (Figura 19) 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 (Figura 20).

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 esta 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 (Figura 19) 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 (Figura 19). 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 a que no se apreciaron núcleos de alta densidad de huevos a excepción de la zona cercana a Tocopilla (Figura 17), 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 aguas surgentes que registraron temperaturas entre 13 y 14°C (Figuras 18 y 19). Respecto a la salinidad, ésta presentó valores similares a 1999, especialmente desde Iquique al sur.

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 (Figura 21).

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 22, se presenta el histograma de las salinidad, donde se puede apreciar presencia de masas de aguas de distintas salinidades en el área de estudio, las que se aprecian mejor delimitadas en los años 2000 y 2001.



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 23.

En 1992, si bien los huevos tuvieron una gran expansión geográfica, su distribución también presentó, en general, bajas densidades (Figura 19). 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 (Figura 23).

En tanto que 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 (Figura 23), 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 (Figura 23).

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

En la figura 24 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 (Figura 20). 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 (Figura 24).

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 (Figura 20); 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 (Figura 24).

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 (Figuras 20 y 24).

En el 2001, las condiciones en las costas chilenas 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.



Modelamiento estadístico

Modelo logístico para la variable presencia/ausencia de huevos

Dado que las variables oceanográficas presentan alto grado de asociación lineal con la latitud, no se incorporaron juntas estas variables en los modelos, procediendo a ajustarse modelos separados para las variables oceanográficas y las variables de posición geográfica de la estación.

Modelo con variables de posición geográfica

Para conocer como afectan las covariables a la probabilidad de encontrar huevos, se realizó un análisis secuencial, partiendo de un GLM simple, con los predictores latitud y longitud. Luego se ajustaron secuencialmente modelos con más parámetros, con polinomios de grado entre 1 y 4 para poder explorar posibles efectos “no-lineales” de las variables de posición sobre la probabilidad de encuentro de huevos.

Los principales resultados del ajuste del modelo se presentan en la tabla 13, donde se puede observar que los predictores año y latitud son los que reducen la deviance mayormente, en tanto que la longitud explica muy poca variabilidad. El modelo ajustado permitió conocer la tendencia en la probabilidad de encontrar huevos entre el año 1992 y el 2001, observándose en los primeros años las mayores probabilidades (1992 y 1995), para posteriormente, entre 1996 y 1999, presentar una disminución respecto de los 2 primeros y luego en el año 2000 presentar el máximo de la serie éxito (Figura 25). Finalmente el año 2001 presentó la más baja probabilidad de ocurrencia de huevos de todos los años. Además, la posición latitudinal presentó máximas probabilidades de éxito en las estaciones entre los 21° y 23° L.S., en tanto que a partir de la latitud 24 se observó una clara tendencia a la disminución, encontrándose muy pocas estaciones positivas al sur de éste paralelo. Respecto de la longitud, a medida que las estaciones se alejaron de la costa, sus probabilidades de fracaso fueron mayores, lo que demostró que el desove del



recurso tendió a ser más costero que oceánico, mostrando entre los 70° 30' y los 71° W las más altas probabilidades de éxito (Figura 25).

Modelo con variables oceanográficas

Del mismo modo que con las variables de posición, se ajustó un modelo logístico con las variables oceanográficas, modelando los predictores temperatura superficial y salinidad superficial, en conjunto con el factor año.

Al igual que el modelo anterior, el año es el que disminuyó mayormente la deviance del modelo, seguido por la temperatura, mientras la salinidad explicó un bajo porcentaje de la variabilidad en las proporciones de estaciones positivas (Tabla 14). La tendencia en las chances de éxito inter-anales presentó el mismo comportamiento que el descrito en el modelo anterior, con máximos en los primeros años y el año 2001 con la más baja de la serie.

Respecto de la temperatura, esta presentó máximas probabilidades de ocurrencia de huevos en un amplio rango, con altos niveles de incertidumbre por sobre los 18°C, reflejados por las bandas de confianza del predictor (Figura 26). Además, se pudo observar que a temperaturas menores a los 14° C, las probabilidades de éxito fueron muy bajas, en comparación con aguas más cálidas. Por su parte, la salinidad presentó máximas probabilidades por sobre 34,8 psu, decayendo toda chance por sobre 35,2 psu.

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 27, cabe señalar que la densidad promedio fue estimada por segmentos de gradiente térmico cada 0,20°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 $1,7^{\circ}\text{C}/2\text{mn}$ (Figura 27).

En el año 1996, las densidades promedios 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 $1,0-1,5^{\circ}\text{C}/2\text{mn}$ (Figura 27).

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 (Figura 27).



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 28, 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 R² 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.

Modelo lognormal para la variable densidad de huevos

Modelo con variables de posición geográfica

Del modelo propuesto para las variables latitud y longitud, sólo resultó significativo el aporte de los predictores año y latitud, siendo mayor el aporte del primero. El modelo propuesto disminuye muy poco la deviance, lo que demuestra problemas de identificación de éste (Tabla 15). No obstante lo anterior, los resultados permitieron conocer la tendencia de las densidades, mostrando los años 1992 y 2000 las mayores, mientras el período 1995 a 1999 presentaron menores estimados y un nivel relativamente similar entre ellos. El año 2001 presentó un nivel similar al descrito para el período 1995 a 1999. Respecto de la latitud, se presentaron máximas densidades en torno a los 22°S, lo que refuerza la hipótesis de que el área de desove se encuentra asociada a la desembocadura del río Loa.

Modelo con variables oceanográficas

Al igual que el modelo anterior, la señal anual de densidad presentó un máximo en el año 1992, para luego mostrar fluctuaciones de mediana magnitud y finalmente registrar la menor densidad en el año 2001. Sin embargo, los niveles de precisión de los coeficientes del modelo ajustado fueron bajos, por lo que las bandas de confianza, en particular para el último año, fueron muy anchas. De este modo, nuevamente existen problemas de identificación del modelo, es decir, se requiere conocer otras variables que puedan explicar las variaciones en las densidades. Respecto de las variables temperatura y salinidad, sólo la primera fue retenida en el modelo, dado que la última resultó ser no significativa ($p < 0.01$). Así, respecto de las temperaturas, se puede señalar la existencia de un rango de altas densidades de huevos, asociado a temperaturas entre



15 y 16°C. En la tabla 16 se presentan los principales resultados del ajuste del modelo, donde se puede apreciar que el factor año reduce mayormente la deviance del modelo, en relación al predictor temperatura.

5.6.7 Objetivo específico 3.7

“Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos en este proyecto y anteriores con los obtenidos a través de métodos indirectos de evaluación de stock”

La evaluación de stock de anchoveta se hizo usando un modelo tipo ADAPT, que consideró la estimación de la biomasa desovante por el MDPH como información auxiliar. Esta información permitió calibrar el modelo ADAPT para estimar las abundancias y mortalidades por pesca de la anchoveta de la zona norte de Chile y sur del Perú (Serra *et al.*; 2001). La serie de biomasa desovante estimada por el MDPH corresponde a los valores re-estimados para el período 1992, 1995-1997 y 1999-2001. La serie considerada fue la obtenida con el procedimiento de interpolación del área de desove y para el año 1999 la estimada con el escenario 3.

En la evaluación de stock de la anchoveta la biomasa desovante con el MDPH fue considerado un índice relativo.

Las estimaciones en valores absolutos se muestran en la figura 29. En general el modelo de evaluación muestra una tendencia descendente de la biomasa desovante de la anchoveta, por otra parte las magnitudes son diferentes dado que la serie de MPH se utiliza como un índice relativo.

El análisis comparativo en términos numéricos indica una amplia dispersión de los valores en relación a una relación lineal que pasa por el origen (Figura 30). La regresión no es significativa lo cual implica que los valores no siguen una proporcionalidad anual;



el bajo número de observaciones no permite conclusiones definitivas. La proporcionalidad esperada es $m = 9,8$ lo cual implica que las estimaciones de biomasa desovante del MPH son un orden de magnitud menores a las estimaciones del modelo.

El análisis de residuales indica que los valores se distribuyen alrededor de los valores esperados pero existen desviaciones importantes en el año 1996, en que el MPH detecta una baja biomasa (Figura 31 y 33).

El análisis comparativo en términos logarítmicos indica una amplia dispersión de los valores en relación a una relación lineal que pasa por el origen (Figura 32). La regresión no es significativa lo cual implica que los valores no siguen una proporcionalidad anual. La proporcionalidad esperada es $m=1,18$ lo cual implica que las estimaciones del logaritmo biomasa desovante del MPH deben multiplicarse con este valor para obtener las estimaciones en logaritmo del modelo.



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



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 Análisis oceanográfico

El crucero de monitoreo bio-oceanográfico efectuado durante mayo del año 2001 (FIP N° 2001-01) encontró una condición oceanográfica de características frías en el sector Mejillones-Antofagasta, lo que fue originado por un incremento de la Corriente de Humboldt, situación que también fue detectada en las aguas del Perú.

De mantenerse la condición de circulación intensa hacia el norte encontrada en mayo, en agosto el sistema habría estado bajo un régimen frío. Sin embargo, la información obtenida en este Crucero indicó que el mayor flujo hacia el norte en mayo no se mantuvo, por lo tanto las condiciones superficiales estacionales actuales pueden ser consideradas como normales.

El análisis preliminar de los datos obtenidos en el área de estudio (I y II Regiones hasta 60 mn) indica normalidad térmica y halina a nivel superficial. Se destaca, sin embargo, que las anomalías negativas significativas de temperatura y salinidad encontradas en el sector oceánico, entre Mejillones y Tocopilla son producto de una fuerte mezcla local, inducida por los vientos intensos registrados en el sector.

Desde Antofagasta y hasta el límite sur del área de estudio, se presentó una capa de Agua Subantártica (ASAA) en los primeros 50 m de profundidad y que alcanzó hasta la costa, lo que puede indicar que no hay procesos de surgencias en desarrollo en ese sector. Hacia el norte de Antofagasta y en el sector costero, los valores de salinidad indican procesos de surgencia con presencia de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). En el extremo noroeste de la zona, es decir desde punta Lobos hasta Arica, se apreció la intrusión de masas de agua tipo Subtropical (AST), con altos valores de temperatura y salinidad.



6.2 Análisis biológico-pesquero

a) Extensión temporal y geográfica del proceso de desove de anchoveta 2001

En agosto de 2001, las estaciones con huevos de anchoveta (positivas) fueron significativamente menores en comparación con lo reportado en años anteriores, lo que indica que el desove tuvo una baja extensión, limitándose a zonas costeras puntuales. Por otra parte, el análisis del promedio de huevos por estación positiva indicó que el desove fue de mayor intensidad que lo reportado en años anteriores. Lo que significa que si bien hubo un desove importante, este estuvo restringido a un área de desove pequeña. Lo que queda demostrado por el hecho de que el área cubierta por el crucero es la segunda en importancia en las aplicaciones del método en Chile (superada solamente por el año 1999 con 27.374 mn²), pero es la menor área de desove estimada según ambos criterios (Figura 34).

El análisis de los ovarios de la anchoveta capturada en la I y II Regiones, señaló que en junio se inicio la actividad reproductiva masiva, evidenciándose el pleno desove desde la segunda quincena de julio continuando en agosto – septiembre, comportamiento que corresponde al proceso normal para este recurso en la zona norte de Chile (Figura 2 y 3).

La anchoveta en agosto se distribuyó en áreas muy costeras, dentro de las primeras 10 millas náuticas, coincidiendo con la distribución costera de los huevos. En cambio en el año 2000 las capturas se obtuvieron en zonas alejadas de la costa y los huevos tuvieron una amplia cobertura. La distribución costera visualizada en el presente año, asociada a la restricción de capturar anchoveta adulta en el Área de Reserva Artesanal, significó no acceder a las agregaciones reproductivas ubicadas en esa área, por lo tanto, no se dispusieron de antecedentes de ejemplares adultos en el área. Por otra parte, las capturas fueron bajas y se efectuaron principalmente en la I Región, situación similar se observó en el año 2000. Si bien, se inspecciona



visualmente la presencia de huevos (sin asignación de estadio) 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 ictioplanctónicas exitosas cercanas a esta hora, podrían presentar coincidencia espacial entre huevos y adultos. Sin embargo, 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.

La cobertura latitudinal y longitudinal de la grilla de muestreo fue apropiada para delimitar el área de desove. Debido a que se realizaron transectas regulares hasta las 60 mn y desde el límite norte hasta los 26° S. Al comparar las áreas de cruceros con años anteriores (Figura 34) se observa que está dentro de las más altas coberturas realizadas.

Las 514 estaciones efectuadas con igual ponderación de área, evitaron tener que ajustar la curva de sobrevivencia (cálculo de P_0) mediante regresión no lineal ponderada.

El crucero de prospección de huevos compatibilizó los siguientes aspectos:

- 1) Área cubierta
- 2) Duración
- 3) Densidad de muestreo.



- 1) El área a cubrir es uno de los aspectos más importantes al momento de definir el crucero, ya que ésta debe ser tal que asegure que sea mayor al área esperada de desove.
- 2) La duración del crucero debe ser la menor posible, dado que el método asume que los parámetros a estimar son constantes en el lapso de tiempo que dura el crucero de prospección. Se encuentran bien documentados los cambios temporales que existen en los parámetros reproductivos (fecundidad, fracción desovante, peso promedio de hembra madura, etc.).
- 3) La densidad de estaciones debe tender a asegurar un tamaño de muestra tal que asegure un buen estimado de la densidad media de huevos y en último término de un estimado insesgado de producción diaria de huevos (P_0).

Al compatibilizar estos criterios se puede indicar que la grilla efectuada aseguró bien el área de desove, la duración del crucero fue aceptable y la densidad de estaciones fue la adecuada, ya que si bien un incremento en el número de estaciones podría tener un impacto en aumentar la precisión, la exactitud no experimentaría un incremento significativo. Dado que un mayor tamaño de muestra sólo disminuiría la incertidumbre asociada al parámetro de interés (P_0)

b) Estimación de la producción de huevos (P_0)

Para el año 2001, se estimó un P_0 de 66,85 huevos/0,05 m²/día (e.e.=27,37), valor superior a todos los estimados en los MPH realizados para el recurso, en Chile (Tabla 17). Además, el coeficiente de variación fue de 40,9 % de forma tal que el nivel de incertidumbre asociado al parámetro es elevado en comparación con los años anteriores. Sin embargo, 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 el más bajo de 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 . Por otro lado, la dispersión de puntos en el año 2001 muestra la influencia de la alta agregación de los huevos encontrada en el período del crucero, esto es un mayor número de puntos con elevado número de huevos en edades tempranas (< 1 día) comparado a años anteriores, lo que provoca una mayor dispersión de puntos cercano al origen y por tanto una mayor incertidumbre asociada al parámetro de interés que es un intercepto a edad cero (Tablas 6, 7 y Figuras 34, 35, 36).

En este sentido, es importante notar que no existe una relación entre el número de estaciones del crucero y el de observaciones disponibles para la estimación del P_0 . Un potencial incremento en el número de estaciones, no implicaría necesariamente un aumento en el número de estaciones positivas ni en la cantidad de datos para el ajuste del modelo exponencial. En otras palabras, la grilla sistemática aplicada en el MPH es útil y está diseñada para cubrir completa y adecuadamente el área de desove y poder estimar ésta a partir de las estaciones positivas. Sin embargo, para la estimación de P_0 no es necesario realizar una grilla sistemática, dado que sólo se necesita obtener el número de huevos a distintas edades, por lo que eventualmente con una grilla al azar sería suficiente.

Otro aspecto que se debe valorar al momento de seleccionar una grilla de muestreo, y que fueron abordados por los investigadores en el Taller efectuado en el año 2000, es que ésta debe ser capaz de recoger las posibles variaciones espaciales en la distribución de los huevos. En las aplicaciones del MPH se ha podido constatar la alta variabilidad espacial en la distribución de huevos, así en 1992 y 1997 se observa un desove costero, pero en 1996 y 2000 este es más oceánico. Además, de este desplazamiento costa-océano se observan cambios latitudinales. Por tanto la grilla elegida y aplicada en el año 2001, que debe en lo posible mantenerse



inalterada interanualmente para que los resultados sean comparables, recoge la experiencia acumulada a través de las aplicaciones del MPH.

c) Número de estaciones positivas

En el crucero del año 2001, se obtuvieron 60 estaciones positivas (con presencia de huevos), correspondiente a un 12% del total de estaciones. Este es el menor 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 fue la más alta. Hasta el momento no hay una explicación clara de este hecho. Sin embargo, podría estar relacionado con las características oceanográficas de la región durante el crucero, pero el estudio de las relaciones causales entre desove y ambiente es un campo incipiente aún. Otra posible explicación podría estar dada por la baja abundancia de la anchoveta, que provoca una menor área de distribución por reducción en el tamaño de cardúmenes (Blaxter y Hunter, 1982), hipótesis que también tendría que ser corroborada.

d) Parámetros de anchoveta adulta

El análisis de los parámetros de adultos indicó que a un igual peso promedio de hembra madura, la fecundidad registrada en el 2001 fue levemente menor a la reportada en el 2000 (Figuras 37 y 38). La frecuencia de desove se mantuvo similar a lo registrado en el 2000, años en que se han mantenido los mayores valores respecto a las anteriores aplicaciones del MPH. En el 2001 se observó el mayor peso de hembra madura (32 g). Los valores reportados se presentaron dentro de los valores esperados visualizándose una buena condición fisiológica de la anchoveta, lo que concuerda con las condiciones oceanográficas las cuales se mantuvieron dentro de los rangos establecidos para un año normal. 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 biomásas de años anteriores se aprecia una disminución en un 44% respecto del año 2000 (Tabla 18). Las tendencias históricas de biomasa desovante con las capturas totales del año (excepto el 2001 en que se cuenta con capturas hasta agosto), se observa que siguen la misma tendencia (Figuras 39 y 40), 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 biomásas 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 bastante 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 en un futuro cercano.

El MPH define a la biomasa desovante como la fracción de peces capaces de desovar durante el período del crucero (Parker, 1980). Los peces que no son capaces de desovar son presumidos como aquellos que no han llegado a su primera madurez sexual. Peces en condición de postdesove se asume que han sido capaces de desovar durante el crucero de forma tal que son incluidos como parte de la biomasa desovante. Si se quisiera realizar la conversión de biomasa desovante a biomasa total, sería necesario estudiar otros antecedentes del stock como la talla de primera madurez sexual (proporción de maduros a la talla y edad), ya que puede sufrir variaciones interanuales, sujeta a variaciones ambientales. A modo de ejemplo, en California la conversión de biomasa desovante de anchoveta del norte a total fue incierta por dos razones: 1) la proporción de peces de un año de edad que alcanzan la madurez sexual varía debido a cambios con la temperatura y otros factores; 2) el crucero de adultos del MPH se concentra sobre los desovantes y por tanto submuestra los peces juveniles e inmaduros, de forma que la razón de capturas del MPH no puede ser usada para hacer la conversión (Hunter y Lo, 1997). El ASP está afecto a la misma limitación cuando estima biomasa desovante indirecta, ya que actualmente en Chile se asume la ojiva de madurez constante entre años. Una intercalibración entre ambos métodos, la cual no se realiza actualmente, requerirá un estudio rutinario de los aspectos necesarios para convertir biomasa desovante a total, así como del proceso de calibración del ASP con los resultados del MPH. Estas consideraciones hacen que actualmente las biomazas de ambos métodos sean incomparables.

Las actuales tendencias en la investigación de recursos naturales, hacen necesario la obtención de estimaciones de las densidades y biomazas de los recursos por



varios métodos. Esto, debido a que los modelos desarrollados presentan distintos supuestos, metodologías, limitaciones y niveles de incertidumbre. Más aún, la obtención de varias estimaciones independientes de biomasa permiten tener más de un aproximación a la realidad, lo que enriquece el conocimiento de la dinámica de los recursos.

En relación a las ventajas de la aplicación del MPH, Hunter y Lo (1997) señalan: “Tal vez la conclusión más importante derivada de nuestra revisión, es que después de 15 años de uso, el Método de Producción Diaria de Huevos (Lasker, 1985) se mantiene como un método sorprendentemente robusto para estimar biomasa de peces. La gran fortaleza del MPDH es que es el único método de estimación de biomasa absoluta, donde todas las variables son medidas directamente en la prospección”.

f) Distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas

La zona norte de Chile 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. Además, el afloramiento de aguas frías, ricas en nutrientes y la alta tasa de insolación, permiten desarrollar una productividad primaria capaz de sostener altos niveles de biomasa de recursos pesqueros (García, 1993).

En relación con las características ambientales del medio donde se desarrollan los recursos pelágicos, 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). En efecto, durante los eventos “El Niño” la anchoveta presenta una repartición espacial atípica y más costera (Yáñez *et al.*, 1995). Debido a lo anterior es importante explorar las relaciones existentes entre la distribución de los recursos y la repartición espacial de las variables oceanográficas.



Así, se aprecia que los huevos de la especie se concentran mayoritariamente en aguas de temperaturas que oscilan entre los 15 y 16°C, a excepción de 1997 año en que en la zona de estudio se presentó el fenómeno “El Niño”; y en el caso de la salinidad, se observa que los huevos prefieren claramente el estrato 34,6-34,8 psu.

Al examinar visualmente la distribución de los huevos de la especie se aprecia que éstos tienden a ubicarse en los bordes de gradientes térmicos y salinos (Figuras 17, 18, 19 y 20). No obstante, al analizar las relaciones entre la densidad de huevos y el gradiente térmico se aprecia que si bien existe una relación, ésta es sólo regular y no explica más allá del 42% de la varianza; por otro lado gradientes salinos superiores a 0,09 psu/2mn estarían inhibiendo la presencia de huevos de anchoveta. Cabe destacar lo ocurrido en el año 1997, año en que descendió a densidad promedio de huevos por pixel y que se relacionaría directamente con el evento “El Niño”, lo que estaría en concordancia con lo reportado por Yáñez y García (1993) quienes indicaron que dicho fenómeno tiene efectos negativos en las pesquerías pelágicas de la zona norte.

En términos geográficos, se puede apreciar que los mayores focos de huevos de la especie se encontraron asociados a tres áreas principales: la primera estuvo localizada frente al puerto de Arica y registró una gran extensión longitudinal; el segundo sector se extendió desde los 20° 30'S hasta Tocopilla y fue un foco costero que presentó una gran densidad de huevos y el tercero se emplazó entre Mejillones y Antofagasta y se caracterizó por una elevada concentración de huevos y por su cobertura netamente costera. Cabe destacar, que los focos más importantes quedaron atrapados por diferenciales de temperatura y salinidad, es así como en el caso de la zona ubicada entre Mejillones y Antofagasta, ésta quedó permanentemente restringida a las primeras millas dentro del borde interno de los diferenciales que ahí se formaron.

En los años 1992 y 2000 las densidades de huevos fueron mayores, mientras que en el período 1995-1999 presentaron menores estimados, con un nivel similar entre



años. En el 2001 se observó un nivel parecido al descrito en el período 1995-1999 (Figuras 41 y 42). En relación a la latitud, las mayores densidades se presentaron en torno a los 22°S, lo que refuerza la hipótesis de que el área de desove se encuentra asociada a la desembocadura del río Loa. Respecto a la temperatura se puede señalar la existencia de altas densidades de huevos asociadas a los 15 y 16°C.



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



7. CONCLUSIONES

Extensión temporal y geográfica del proceso de desove de anchoveta 2001

1. El proceso de desove de anchoveta 2001 se caracterizó por presentar una baja extensión geográfica, limitándose a zonas costeras puntuales, pero con una mayor intensidad que lo reportado en años anteriores.
2. El análisis microscópico de los ovarios de la anchoveta capturada en la I y II Regiones, señaló que en junio se inicio la actividad reproductiva masiva, evidenciándose el pleno desove desde la segunda quincena de julio continuando en agosto-septiembre, comportamiento que corresponde al proceso normal para este recurso en la zona norte de Chile.
3. El 95% de los huevos de anchoveta se concentró entre la costa y 15 mn, registrándose la mayor frecuencia de estaciones positivas (> a 30 registros) en la línea de estaciones de 1, 5 y 10 mn, que sugirieron un desove netamente costero. Por su parte, la distribución espacial de los huevos indicó que el desove tuvo un limitado rango latitudinal, comprendido entre Arica (18° 30'S) y Antofagasta (23° 40' S). Entre los 21°50'S (sur de Tocopilla) y 22°50'S (norte de Mejillones) no se encontraron huevos. Los focos de abundancia se ubicaron: a) entre Pta. Gruesa (20° 20' S) y Río Loa (21° 30' S), contribuyendo con el 55% de los huevos y b) entre Mejillones (23° 00' S) y Antofagasta (23° 40' S), registrándose el 36% de los huevos. Ambas zonas representaron el 91% de los huevos.
4. La anchoveta en agosto se distribuyó en áreas muy costeras, dentro de las primeras 10 millas náuticas, coincidiendo con la distribución costera de los



huevos. En cambio en el año 2000 las capturas se obtuvieron en zonas alejadas de la costa y los huevos tuvieron una amplia cobertura.

5. Las agregaciones de anchoveta se detectaron, principalmente, en los siguientes sectores: de Arica a Bernaldes ($18^{\circ} 20' - 18^{\circ} 40' S$) en las 10 primeras mn; de Chucumata a Río Loa ($20^{\circ} 30' - 21^{\circ} 30' S$) en las primeras 10 mn.
6. La cobertura latitudinal y longitudinal de la grilla de muestreo (transectas regulares hasta las 60 mn y desde el límite norte hasta los $26^{\circ}S$) fue apropiada para delimitar el área de desove.

Estimación de la biomasa desovante de anchoveta

7. La biomasa del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, durante el período de máxima actividad reproductiva (agosto del año 2001) estimada por el criterio de interpolación o funcional fue de 425.890 toneladas con una varianza de $4,4919 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,5. Por el criterio de límite inferior o estructural la biomasa se estimó en 332.243 toneladas con una varianza de $2,7337 * 10^{10}$ y un coeficiente de variación de 0,5.
8. Al comparar las biomásas de años anteriores se apreció una disminución en un 44% respecto del año 2000. Las tendencias históricas de biomasa desovante con las capturas totales del año siguen la misma tendencia, indicando la robustez de los resultados del MPH.
9. El análisis de los parámetros de adultos indicó que a un igual peso promedio de hembra madura, la fecundidad registrada en el 2001 fue levemente menor a la reportada en el 2000. La frecuencia de desove se mantuvo similar a lo registrado en el 2000. Los valores reportados se presentaron dentro de los valores esperados visualizándose una buena condición fisiológica de la



anchoveta, lo que concuerda con las condiciones oceanográficas las cuales se mantuvieron dentro de los rangos establecidos para un año normal.

10. La comparación entre las biomásas desovante por el MPH y el modelo ADAPT, indica que en términos numéricos existen diferencias en magnitud cercanas a un orden de magnitud. Cabe señalar que la serie del MPH se utiliza como un índice relativo. Las diferencias en magnitud de la biomasa desovante por el MPH y ADAPT; indican que es necesario una mayor inversión en investigación.

Condiciones oceanográficas

11. Las condiciones oceanográficas durante el crucero, en agosto de 2001, presentaron características estacionales que pueden ser consideradas como “normales”.
12. El análisis de la distribución de anchoveta respecto a la temperatura indicó que los huevos de la especie se presentaron principalmente en temperaturas de 14 a 16 °C, alcanzando las mayores densidades de 15 a 16°C.
13. Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se localizaron mayoritariamente en el estrato 34,7-34,9 psu.
14. Al analizar los gradientes térmicos y su relación con la distribución de huevos se apreció que el rango óptimo de mayor densidad se ubicó en el rango 0,9 a 1,3°C/2mn, además es posible concluir que a gradientes superiores a los 1,3°C/2mn, las concentraciones de huevos disminuyen notablemente.
15. La asociación de la salinidad con la densidad de huevos es más marcada, no obstante que en gradientes superiores a 0,09 psu/2mn las densidades de huevos decaen drásticamente.



16. El ajuste del modelo lognormal indicó que las máximas concentraciones de huevos se presentaron en los alrededores de la latitud 22°S, lo que refuerza la hipótesis de que el área de desove se encuentra asociada a la desembocadura del río Loa.



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.

BAC N° 132. 2001. Boletín de alerta climático. CPPS, septiembre 2001. Comisión Permanente del Pacífico Sur.

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.

CASTILLO, J., M. BRAUN Y J. BLANCO. 1993. Cuantificación estacional de la biomasa de los recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica, zona norte. Informe Final. IFOP. Chile. 58 p. + anexos.



- 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 p.
- 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 p.
- GARCIA, A. N. PEREZ, N.C.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.
- GAVARIS. 1988.** An adaptative framework for estimation of populations size. Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. (CAFSAC). Research Doc 88/29.



- GULLAND, A. R. 1987.** Nonlinear statistical models. Jhon Wiley and Sons, INC.
- HEWITT, R. BINDMAN AND NANCY L. 1984.** Procedures for Calculating the Egg Production Estimate of Spawning Biomass. Administrative report LJ-84-19. National Marine Fisheries Service. Southwest Fisheries Center. La Joya. Ca. U.S.A. 46 p.
- HUNTER, J.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 NANCY LO. 1997.** The daily egg production method of biomass estimation: some problems and potential improvements. SFSC, La Jolla USA. Ozeanografika. 2: 41 - 69.
- KRZANOWSKI, W. 1998.** An introduction to statistical modelling. Arnold, London.
- 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.
- MACEWICZ, B. AND R. HUNTER. 1994.** Fecundity of sablefish, *Anoploma fimbria*, from Oregon coastal waters. CalCOFI Rep. Vol. 35: 160-174.
- MARTINEZ, 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.
- MARTINEZ, 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.
- MARTINEZ, 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.



- 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.
- MCCULLAGH, P. AND J. A. NELDER. 1989.** Generalized linear models (2^a Edition), Chapman & Hall, London.
- 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. MARTINEZ. 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. DIAZ, V. CATASTI, H. REYES, P. BARRIA, 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.



- PARKER, K. 1980.** A direct method for estimating northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning biomass. Fish. Bull., U.S. 78: 541-544.
- 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.
- POWER, J. AND L. 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., LYNE, R. GAY, A. EASTON AND 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.
- SANCHEZ, 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., P.E. SMITH Y J. ALHEIT. 1982. Determinación del esfuerzo de muestreo requerido para el estimado de producción de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente al Perú. Bol. Inst. Mar Perú, Callao. 7(1): 16 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.

SERRA, R., P. BARRIA Y J. CASTILLO. 2001. Investigación evaluación de stock recurso anchoveta 2001. Stock zona norte de Chile y sur del Perú. Informe Final. IFOP/SUBPESCA. 41 p.

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.



- 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.
- YAMAMOTO, K. AND H. YOSHIOKA. 1964.** Rhythm of development in the oocyte of the medaka, *Oryzias latipes*. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ. 15: 5-19.
- YAÑEZ, E. AND M. GARCIA. 1993.** Fluctuaciones de pesquerías pelágicas y del medio ambiente en el Pacífico suroriental. Estudios y documentos, Esc. Cs. Del Mar, UCV. 17/93. 32 p.
- YAÑEZ E., A. GONZALEZ Y M. BARBIERI. 1995.** Estructura térmica superficial del mar asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. Invest. Mar. Valparaíso. 23: 131-147.

FIGURAS

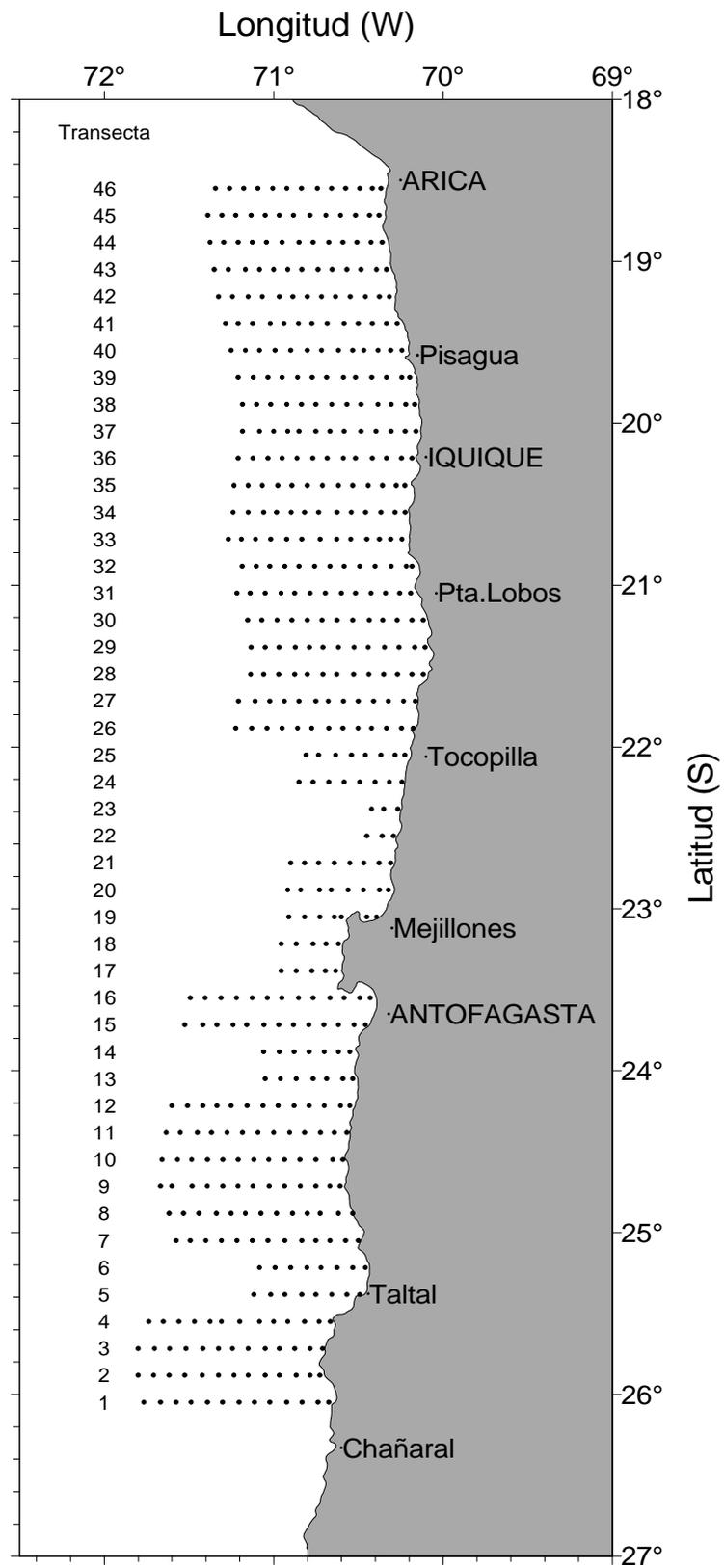


Figura 1. Ubicación de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MPH Agosto 2001.

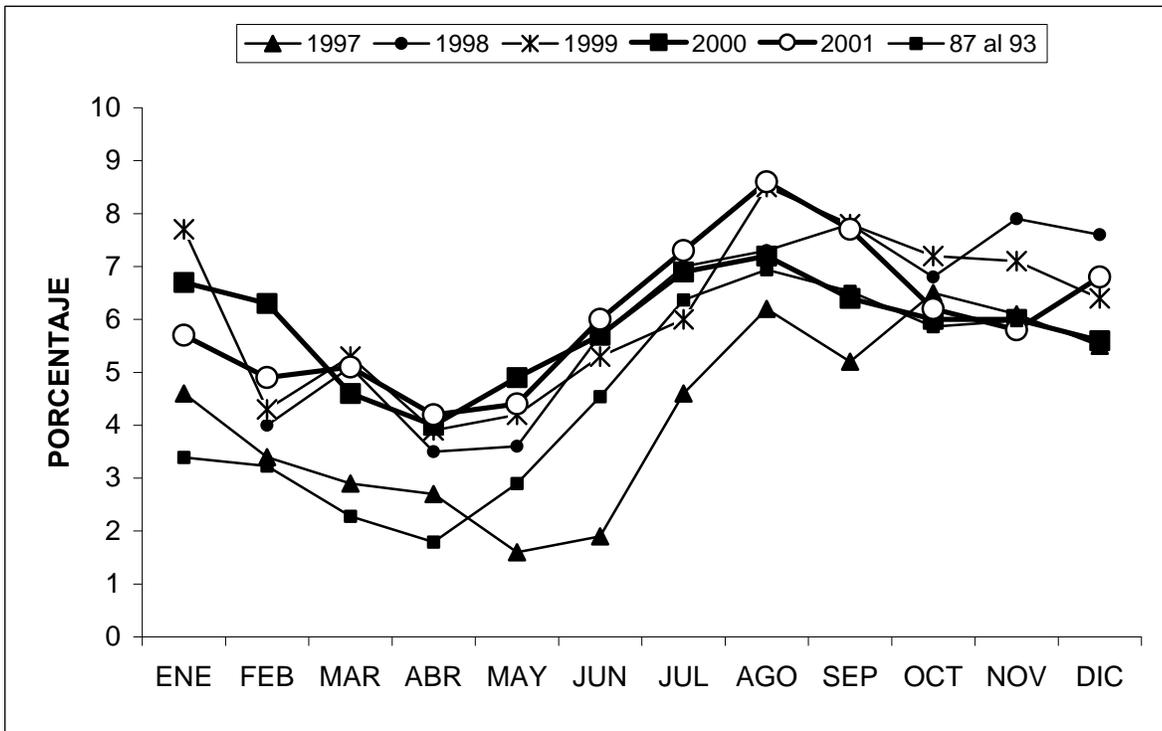


Figura 2. Evolución del índice gonadosomático de la anchoveta en la I y II Regiones.

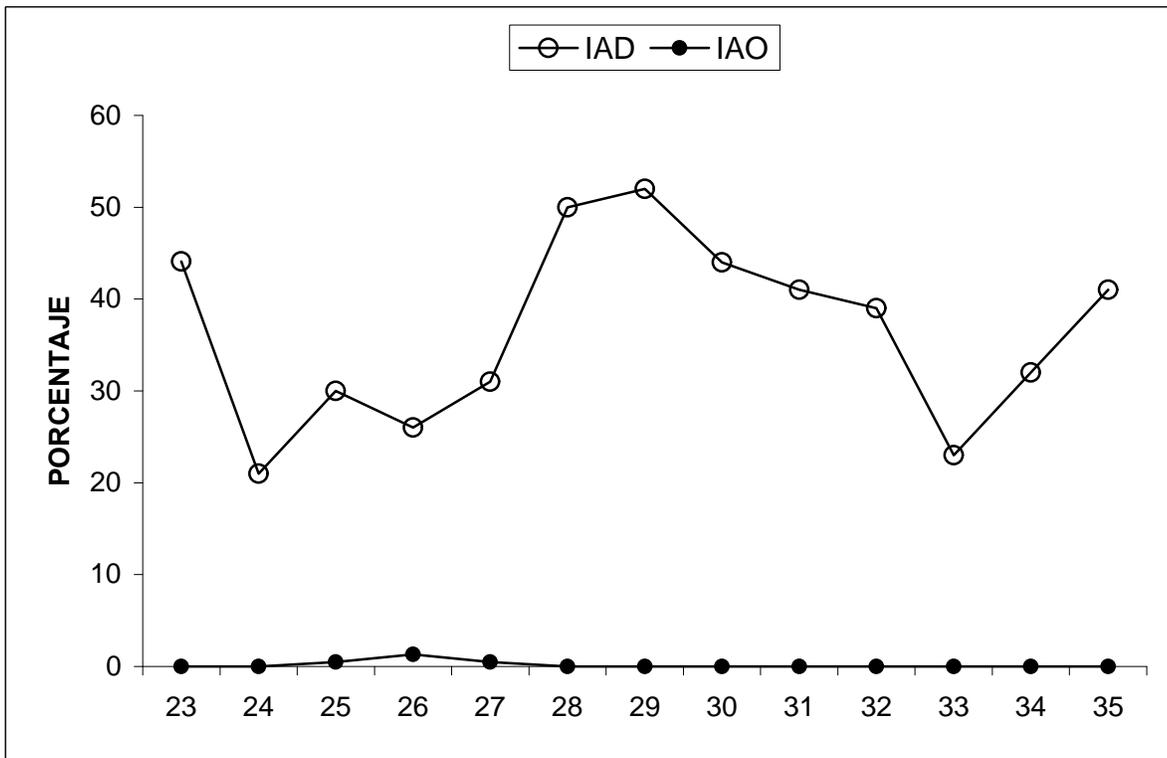


Figura 3. Evolución semanal de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO), (4 de junio al 2 de septiembre de 2001).

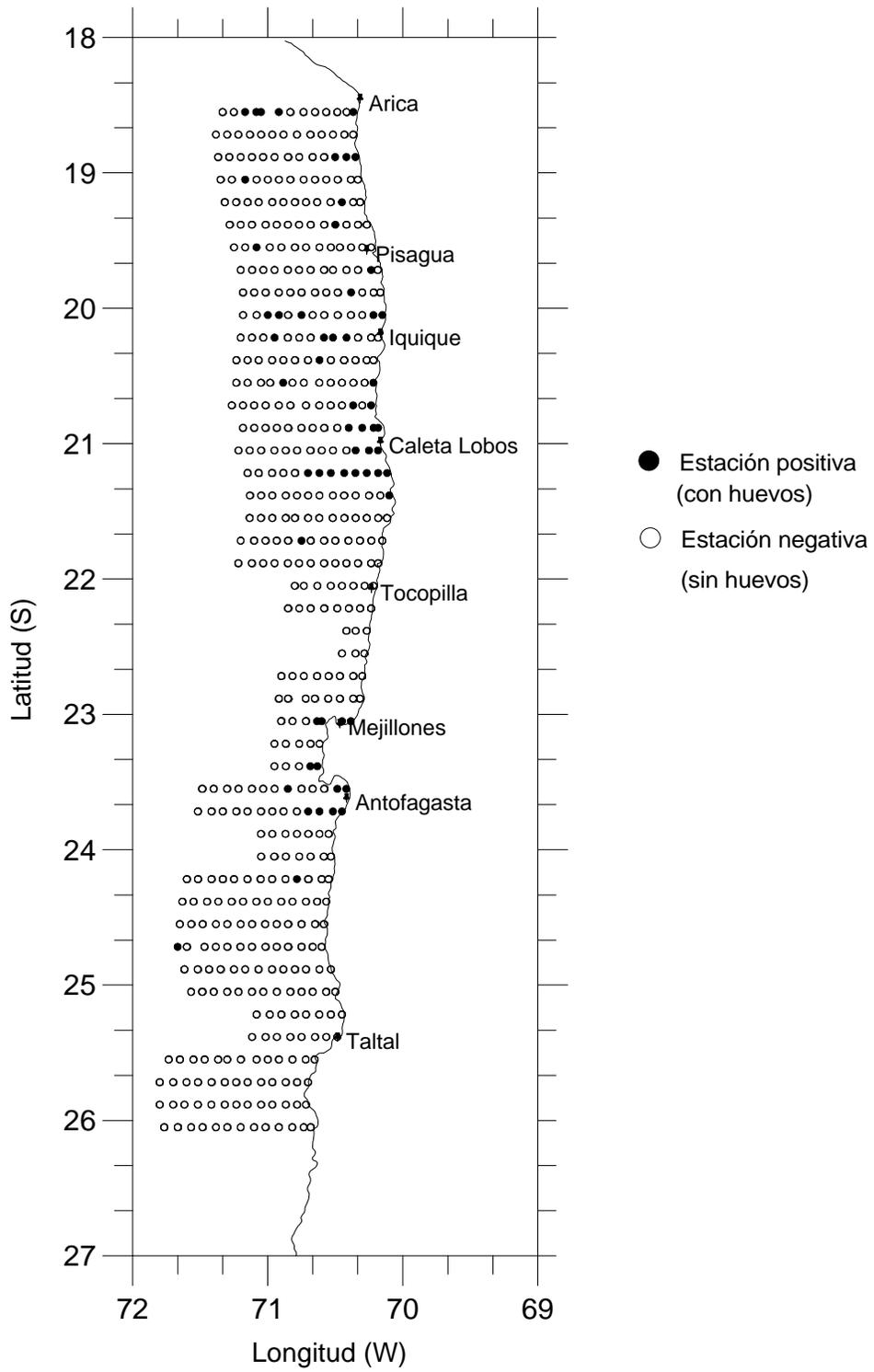


Figura 4. Distribución espacial de las estaciones de ictioplancton. Crucero MPH anchoveta, agosto 2001.

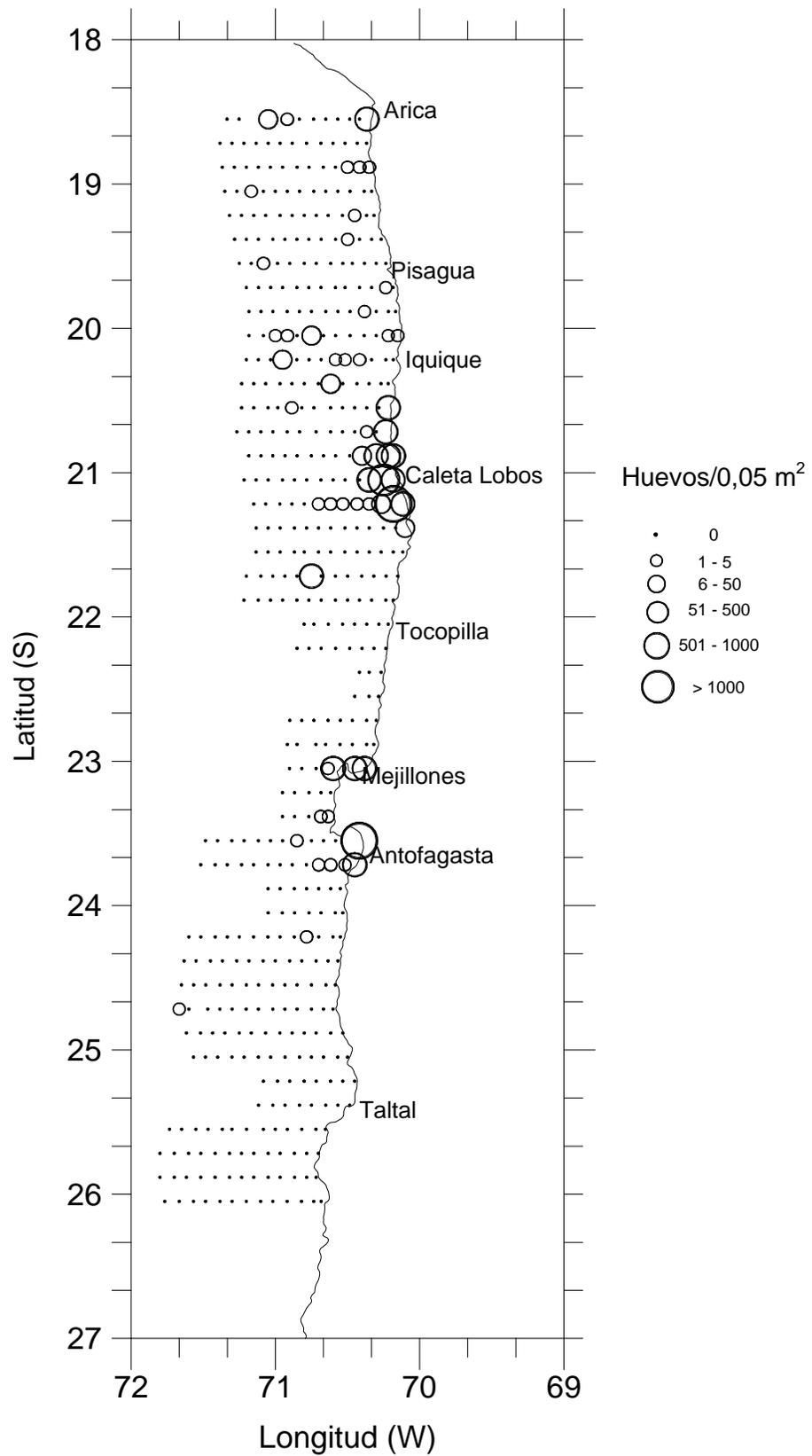


Figura 5. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH 2001.

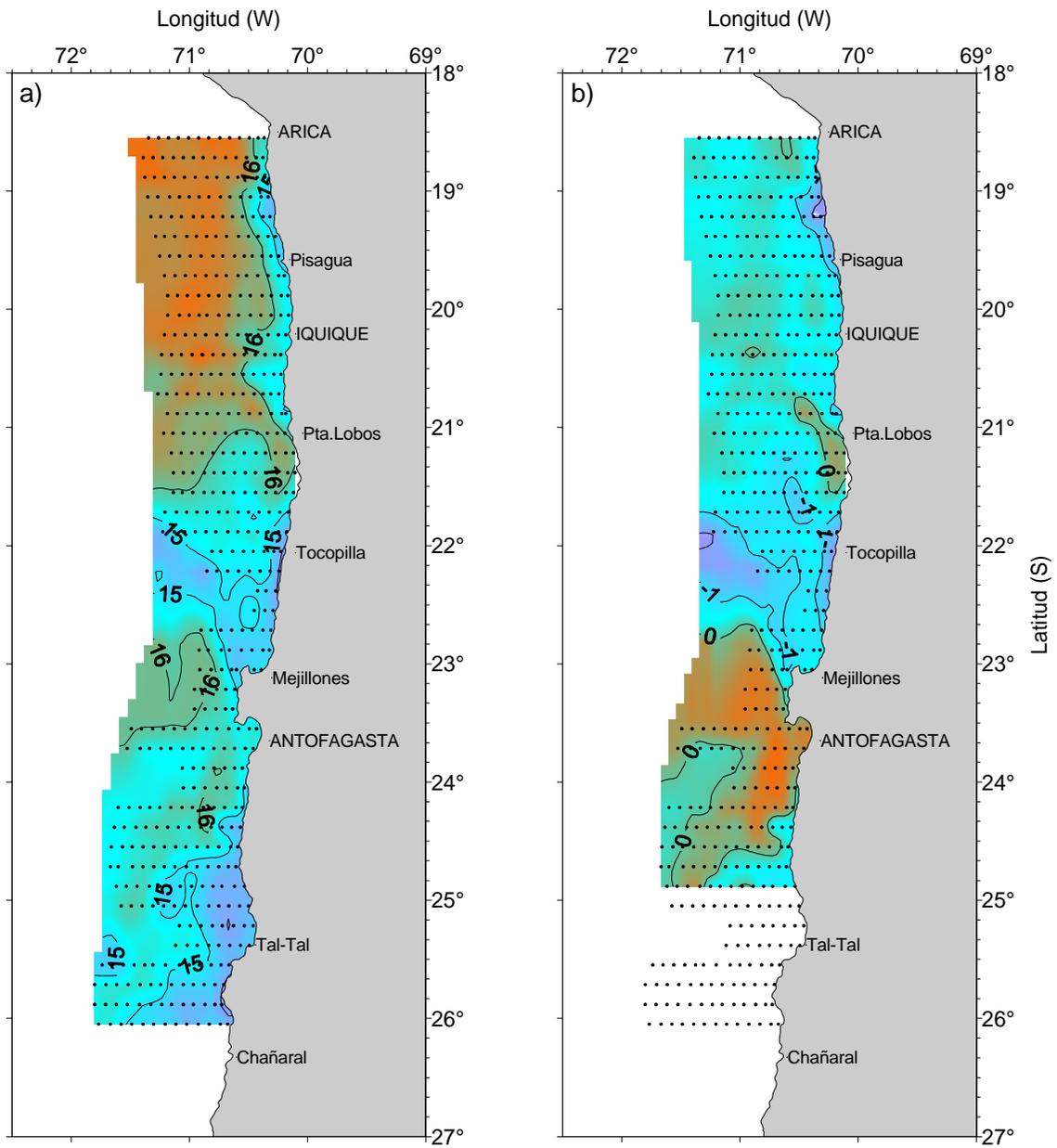


Figura 6. Distribución de a) temperatura superficial (°C) b) anomalía de temperatura superficial(°C). Crucero MPH Agosto 2001.

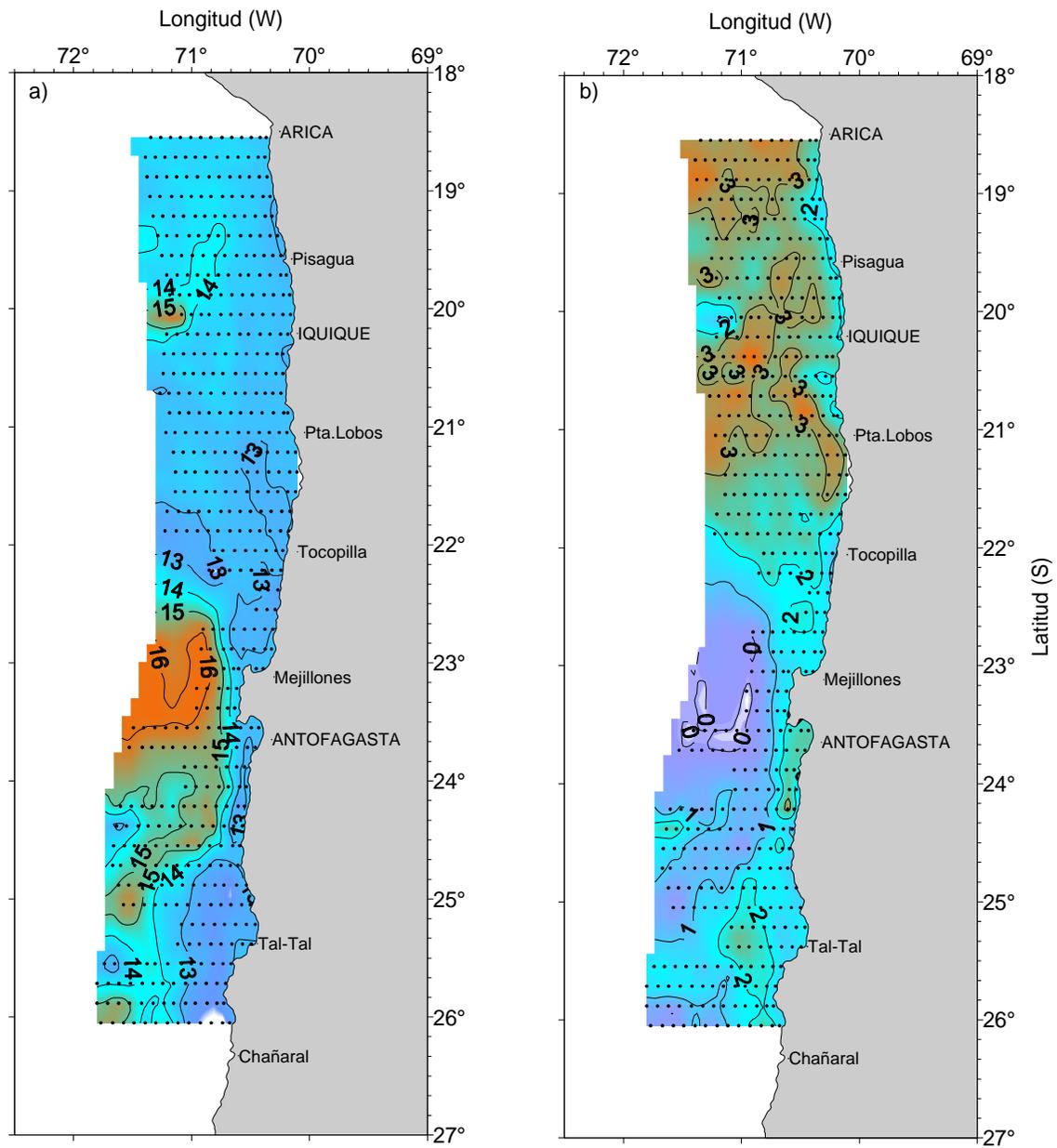


Figura 7. Distribución de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) a nivel de 50 m de profundidad y b) diferencia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y el nivel de 50 m de profundidad. Crucero MPH Agosto 2001.

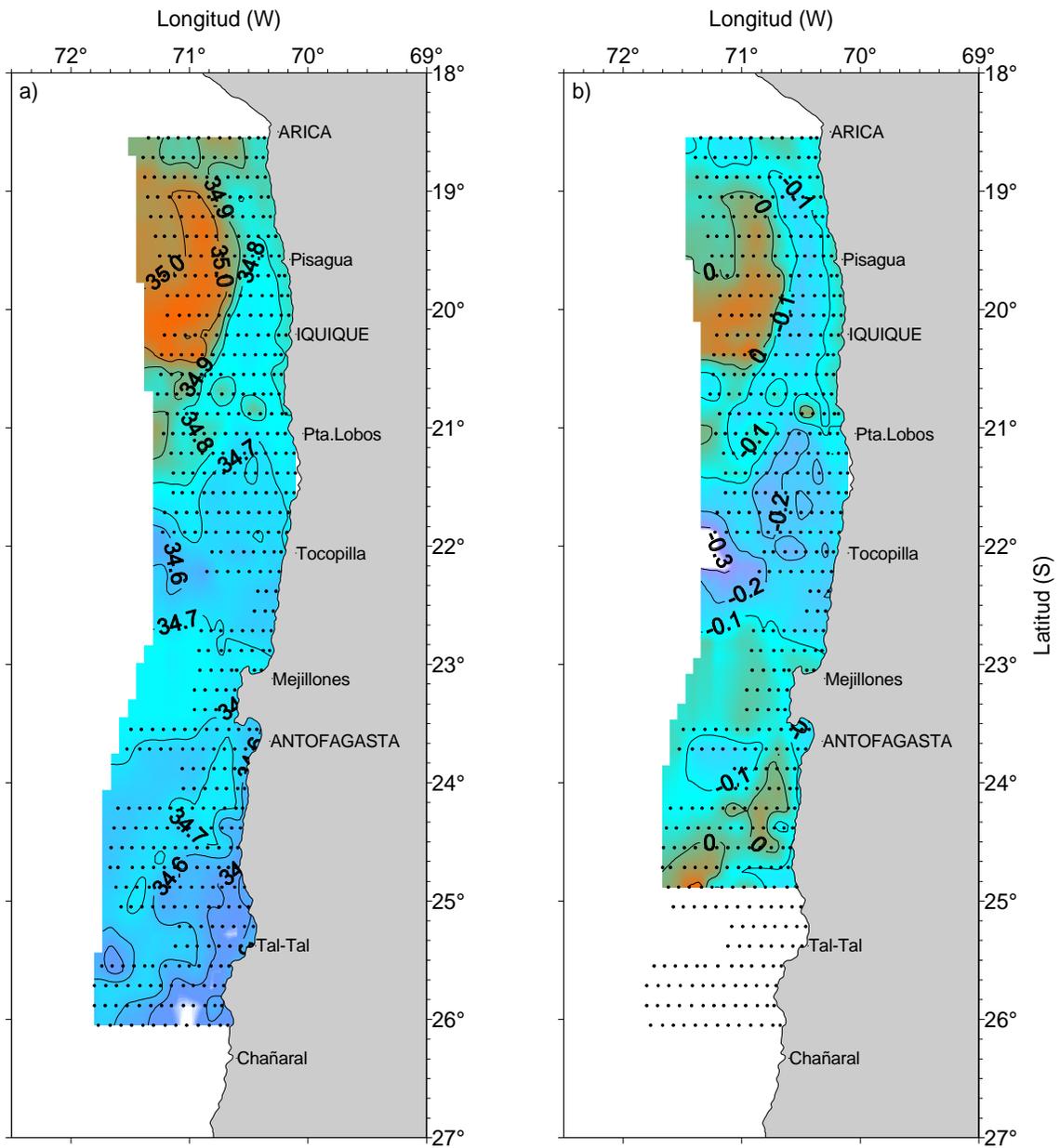


Figura 8. Distribución de a) salinidad superficial (psu) y b) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH Agosto 2001.

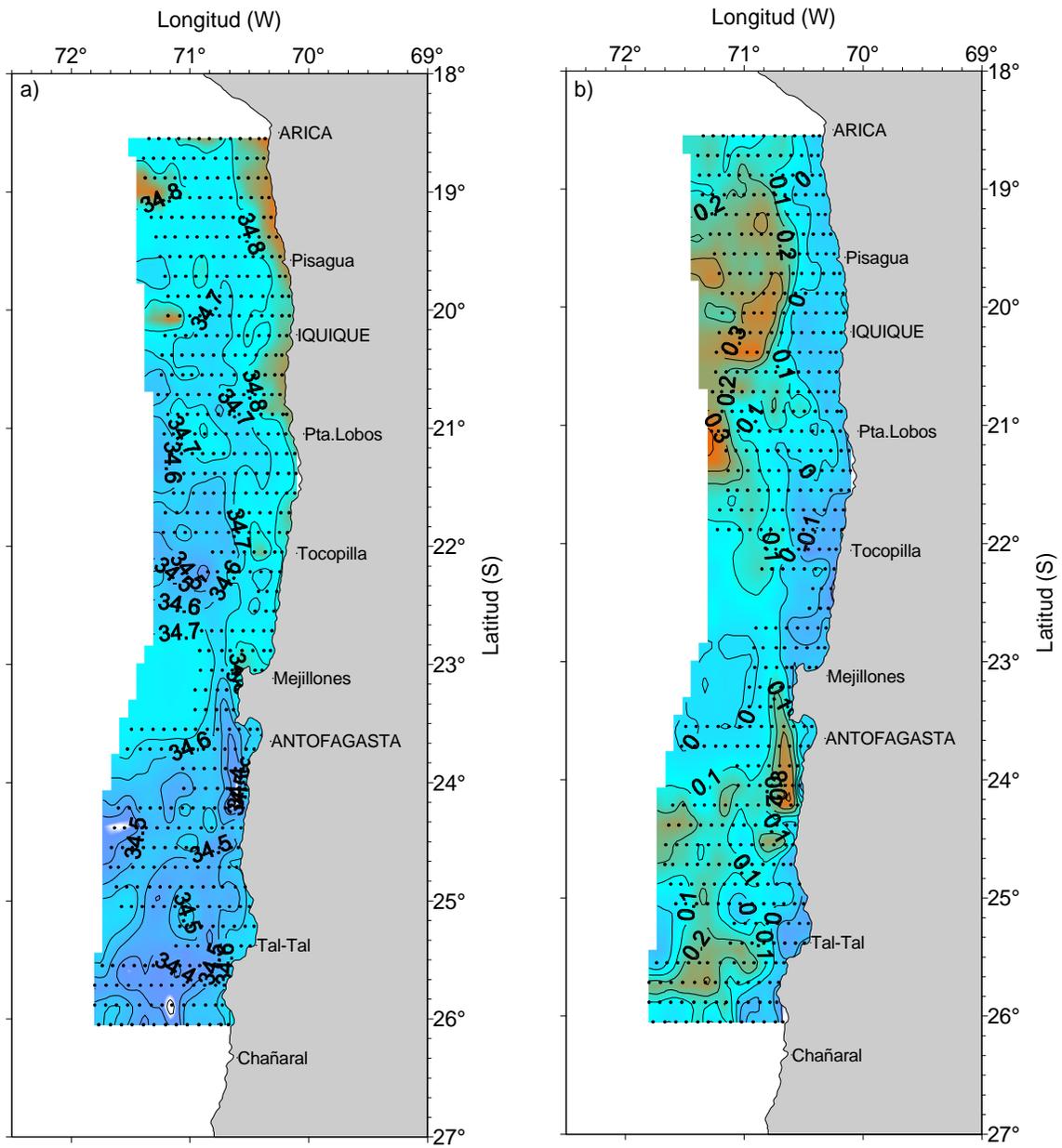


Figura 9. Distribución de a) salinidad (psu) a nivel de 50 m de profundidad y b) diferencia de salinidad (psu) entre superficie y el nivel de 50 m de profundidad. Crucero MPH Agosto 2001.

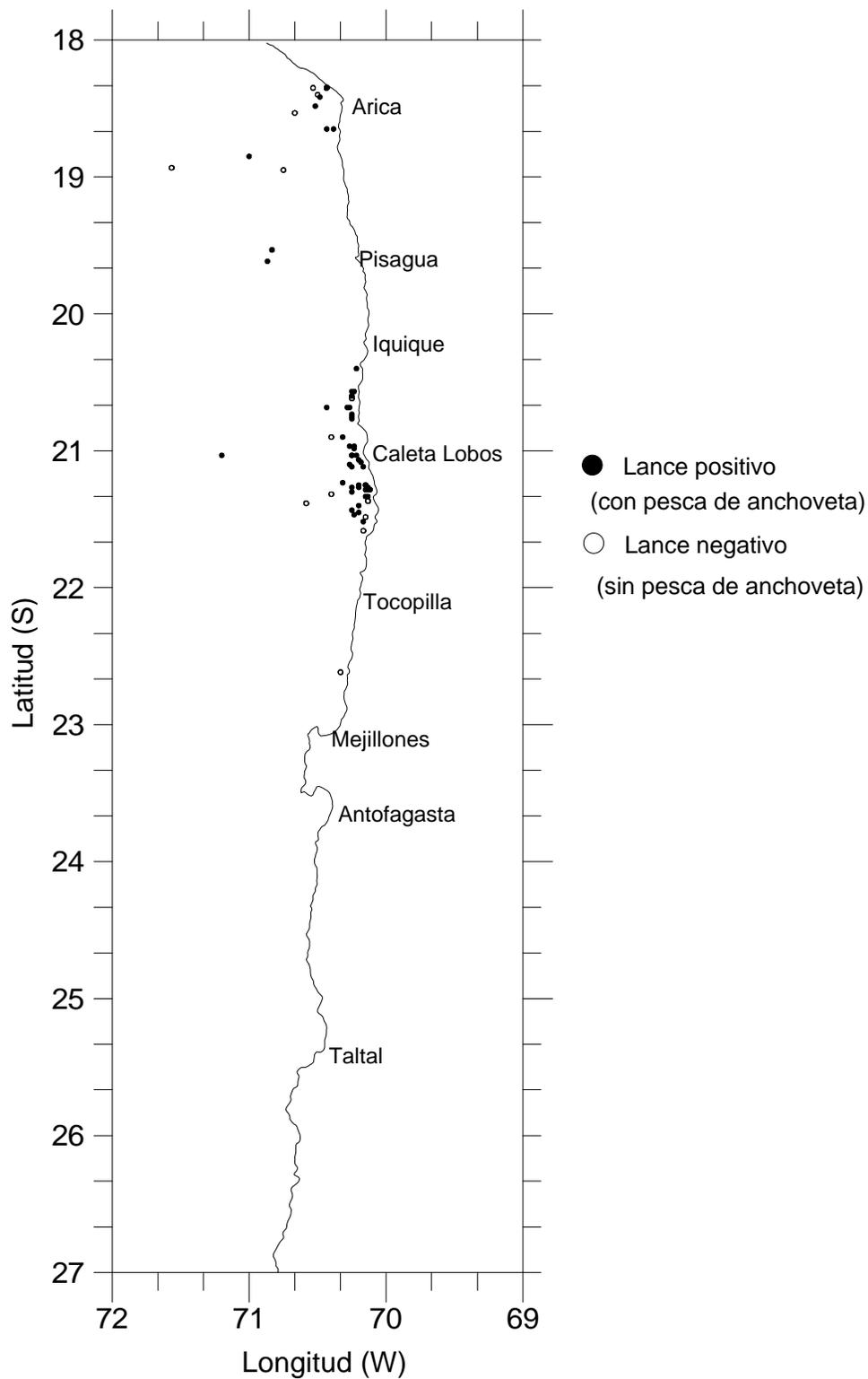


Figura 10. Distribución espacial de los lances de pesca realizados por embarcaciones cerqueras. Crucero MPH, agosto 2001.

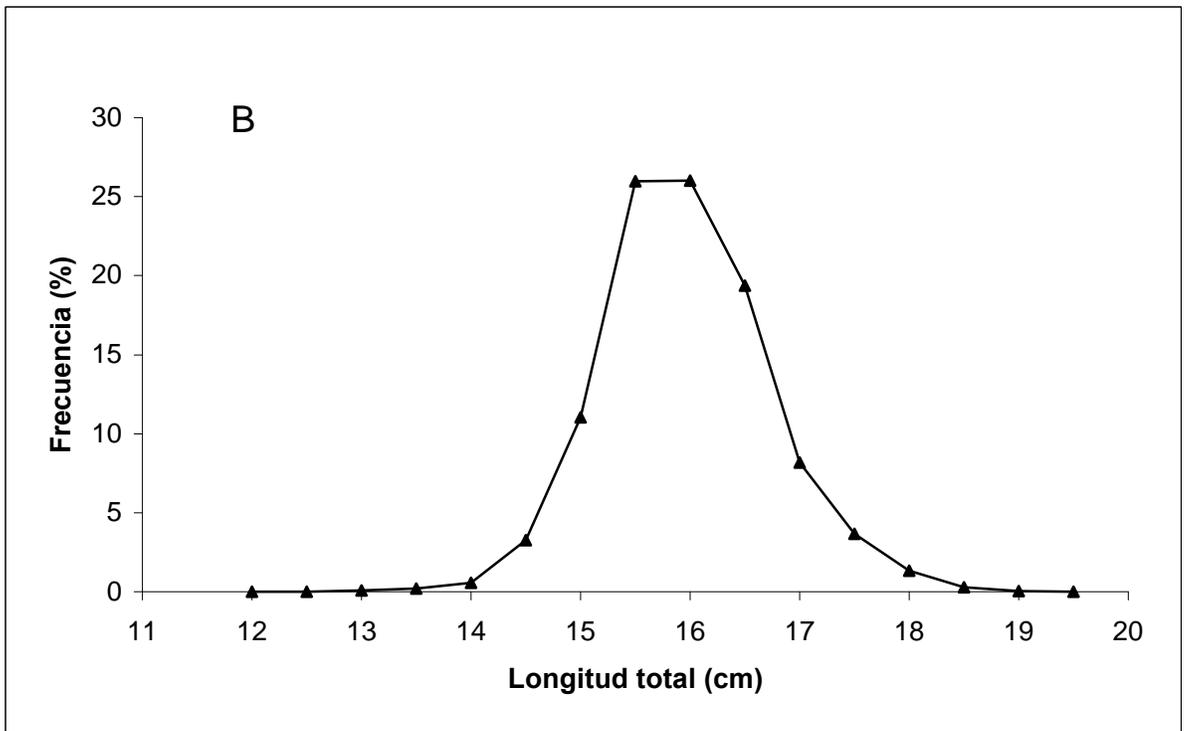
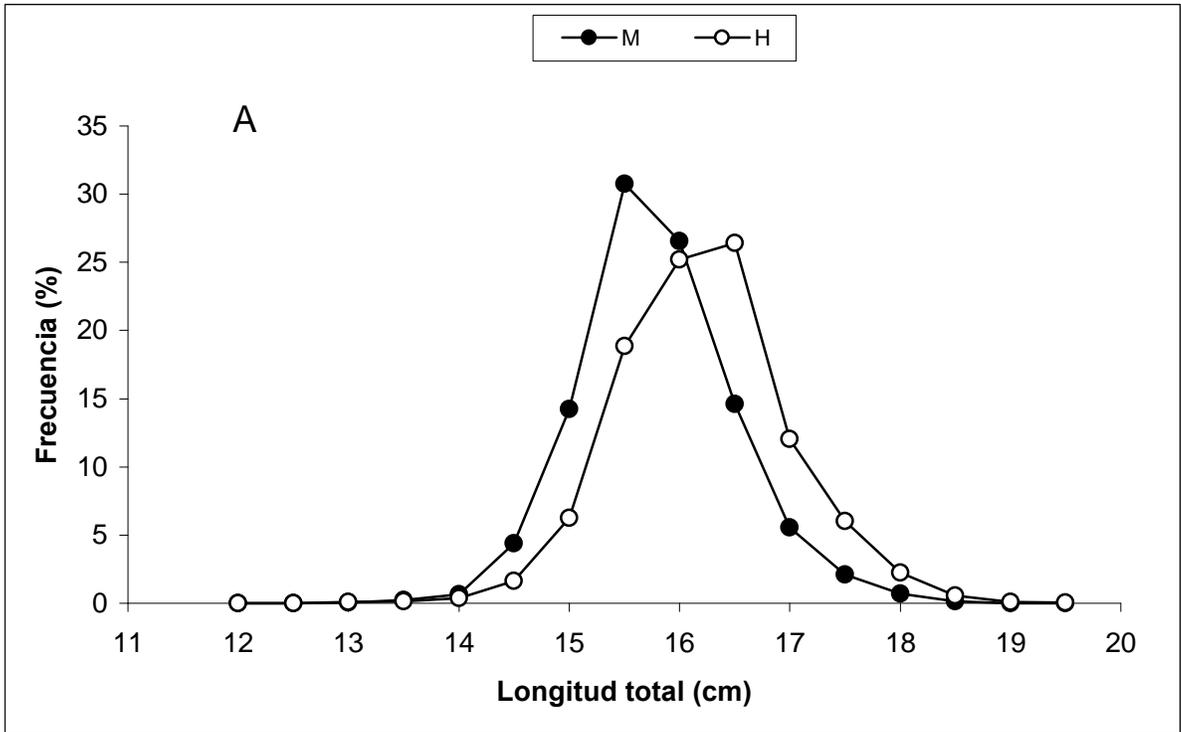


Figura 11. Distribución de tamaños de la anchoveta en la I y II Regiones, agosto d 2001 (A: por sexo; B: total).

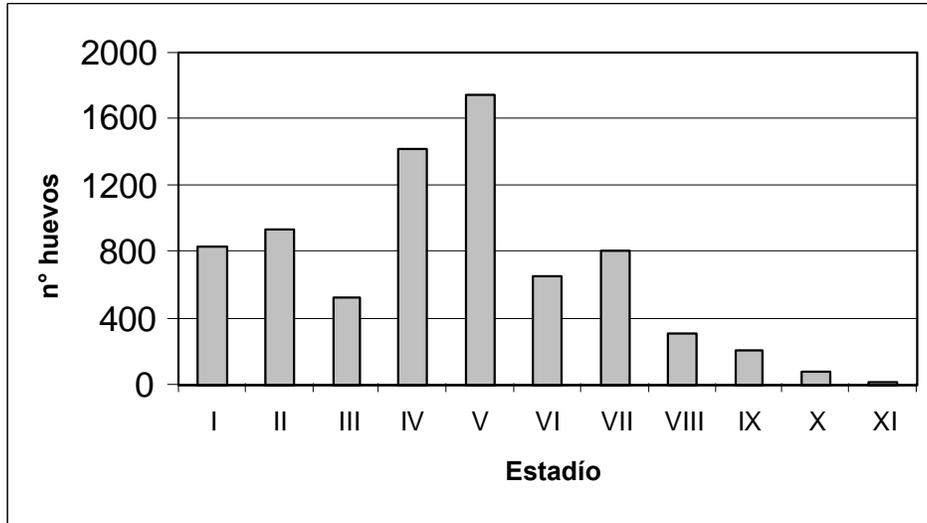


Figura 12. Número de huevos por estadio de desarrollo, anchoveta zona norte. Crucero MPH 2001.

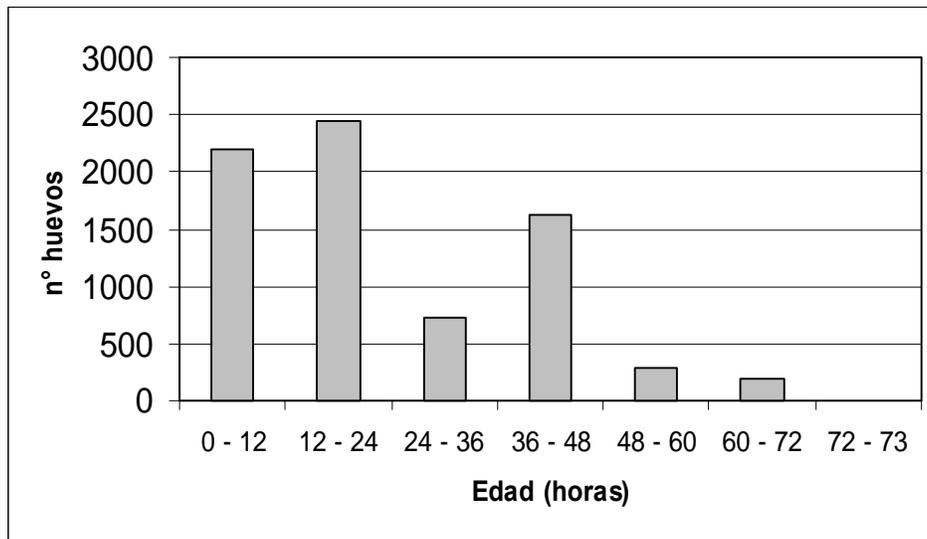


Figura 13. Número de huevos por edad (horas), anchoveta zona norte. Crucero MPH 2001.

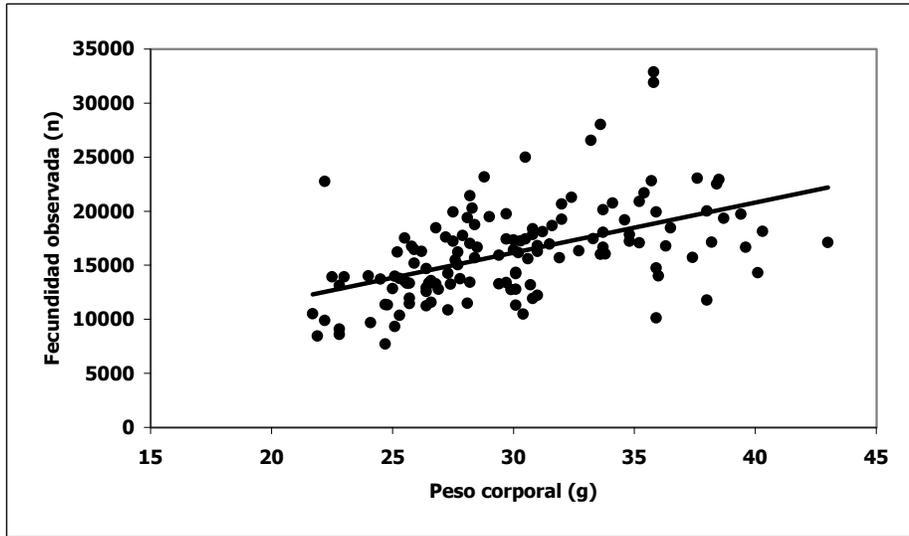


Figura 14. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de he hidratadas de anchoveta. Agosto 2001

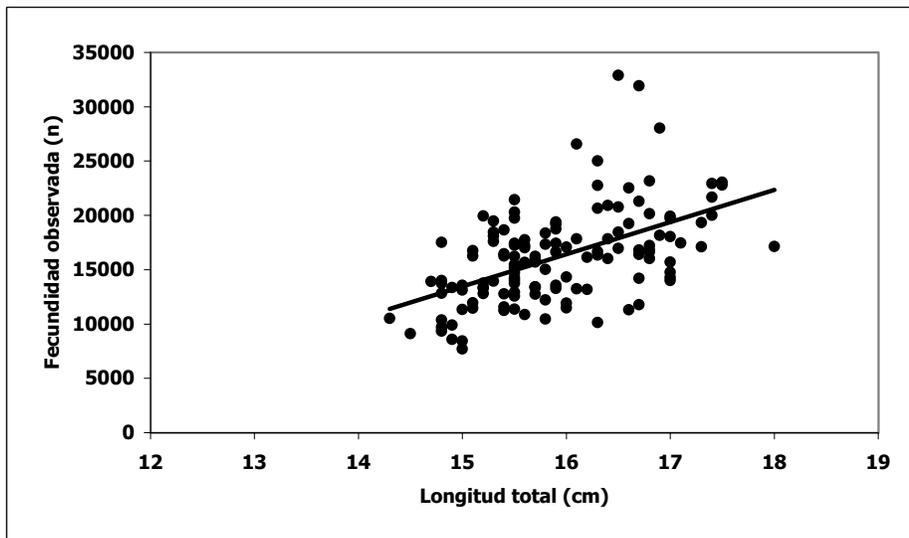


Figura 15. Regresión entre la fecundidad parcial y la longitud total de her hidratadas de anchoveta. Agosto 2001

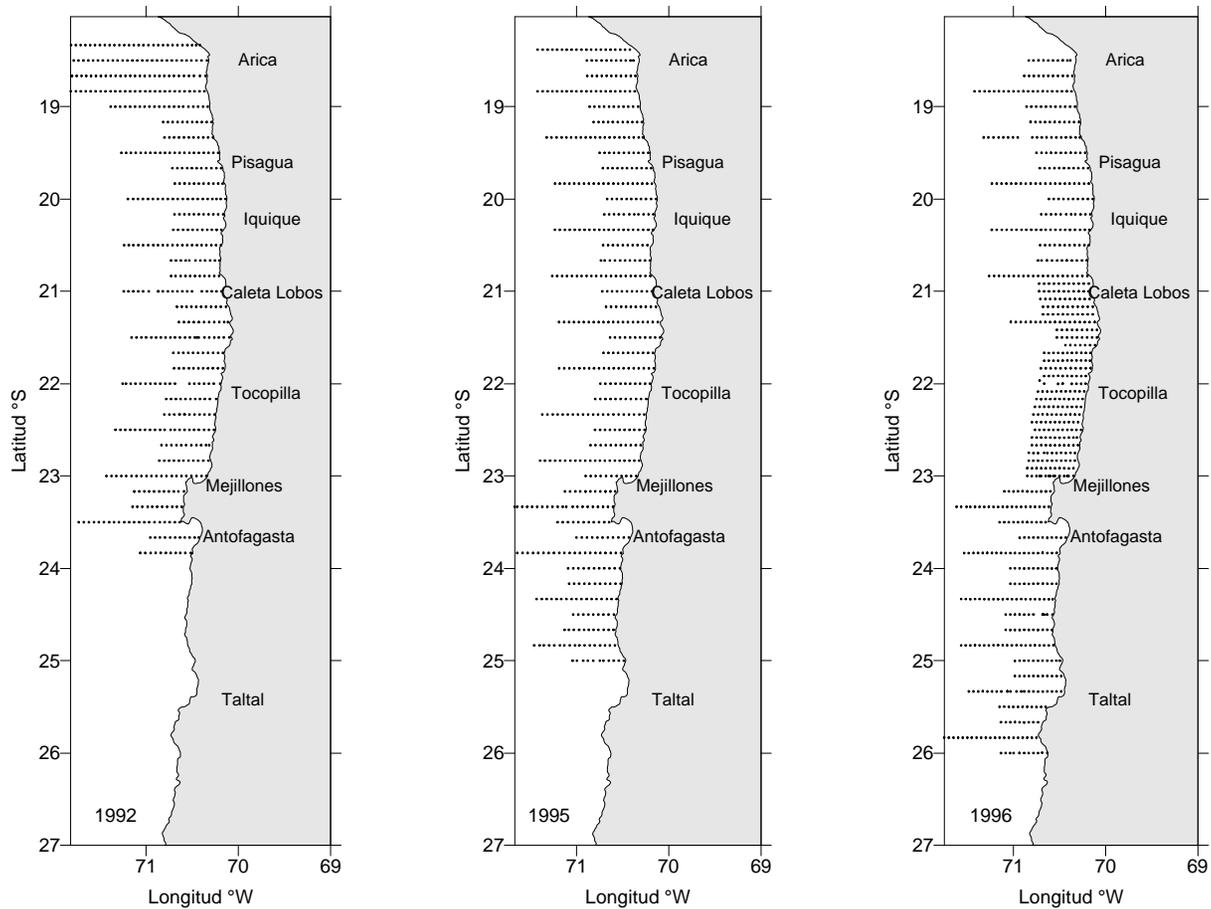
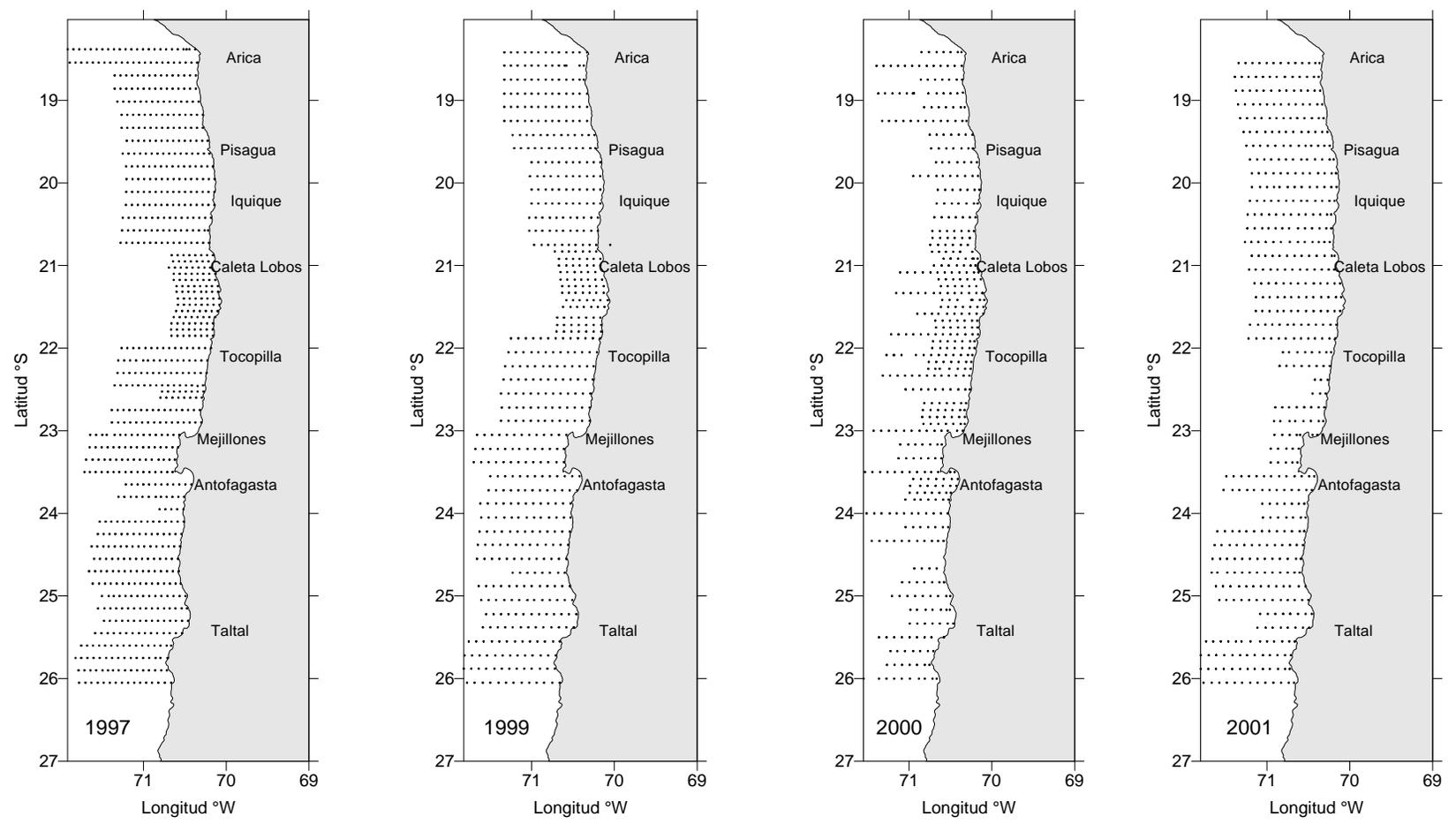


Figura 16. Distribución espacial de las estaciones oceanográficas realizadas en los cruceros de los proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2001

Continuación Figura 16



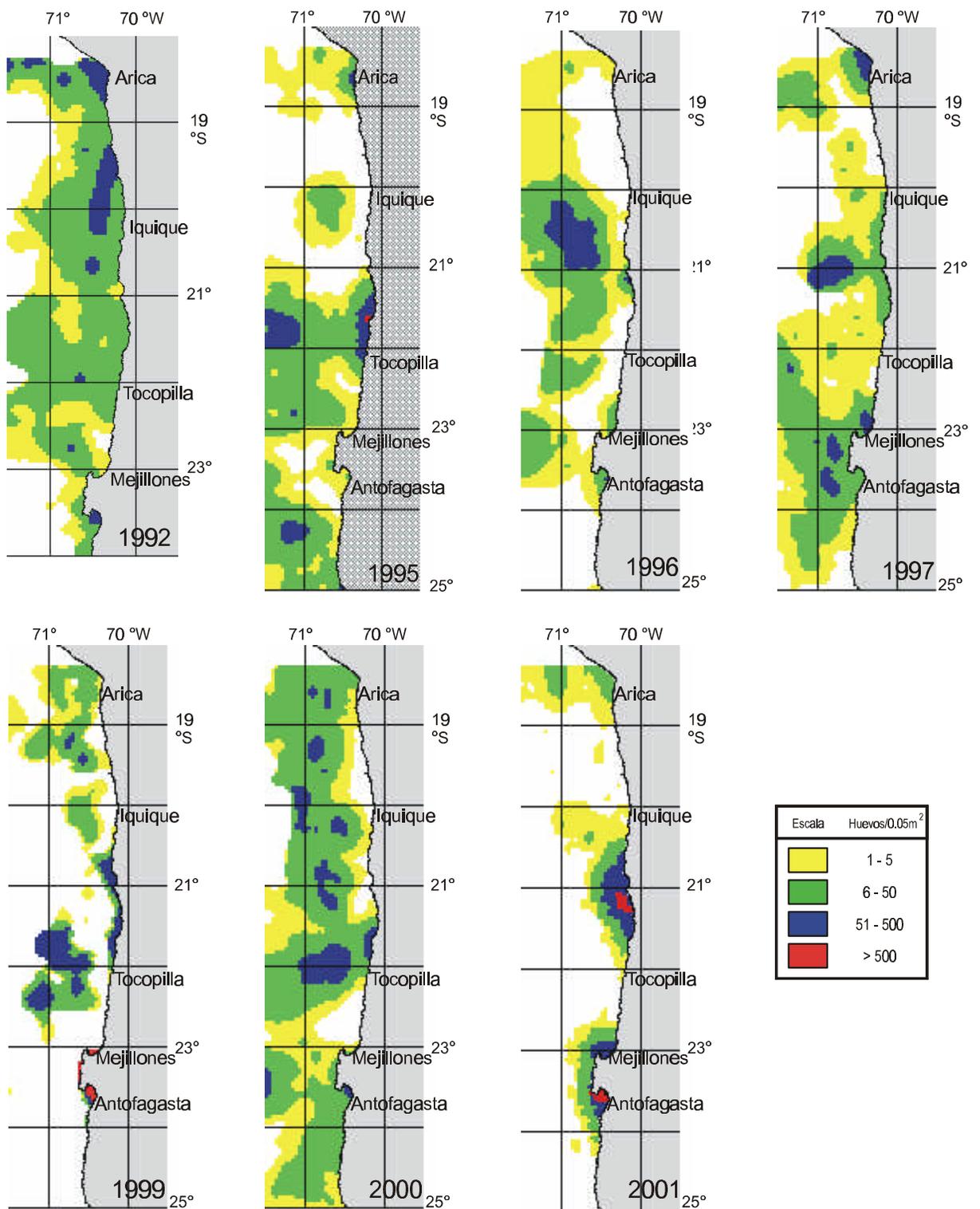


Figura 17. Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Período 1992 - 2001.

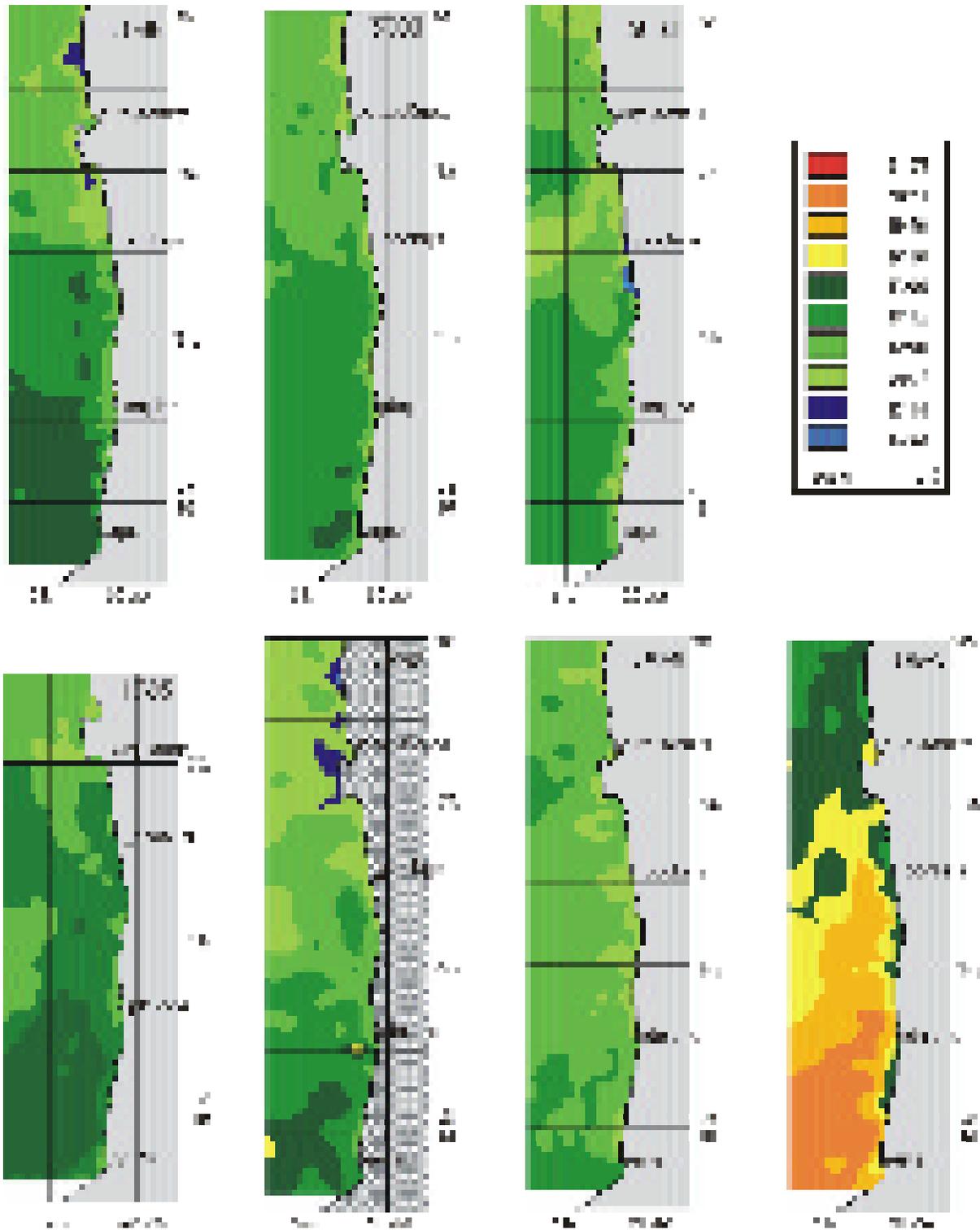


Figura 18. Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial. Período 1992 - 2001.

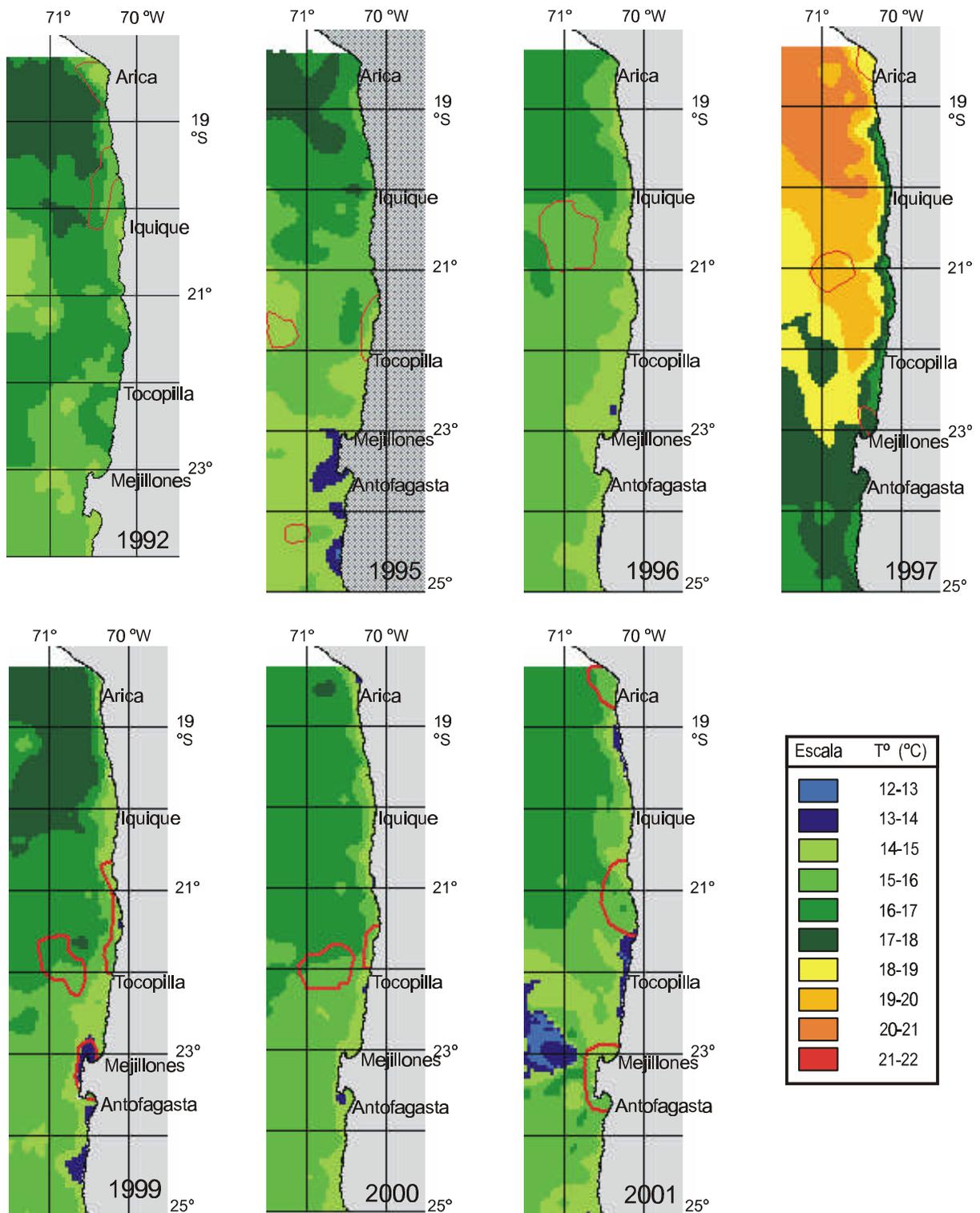


Figura 19. Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992 - 2001.

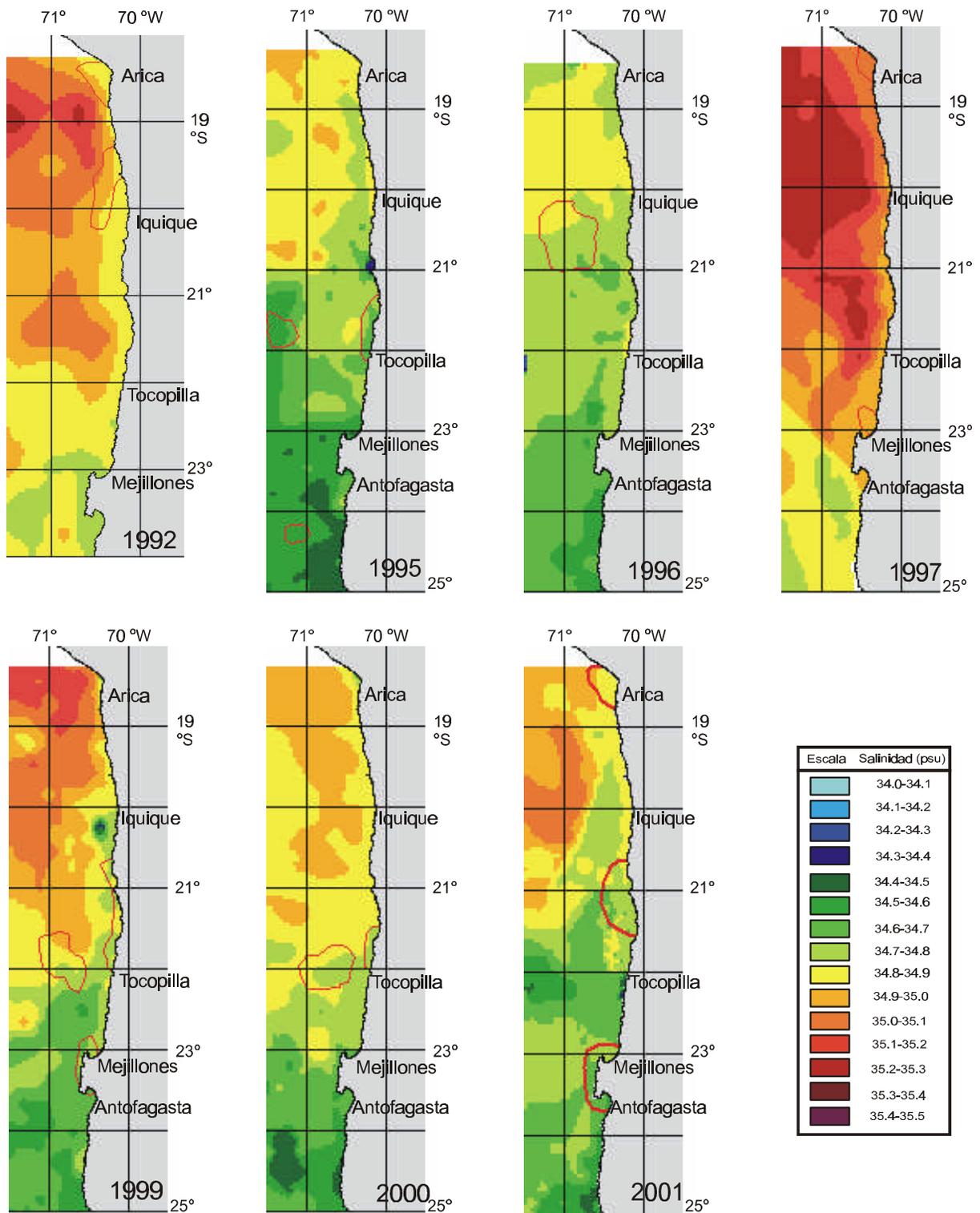


Figura 20. Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992 - 2001.

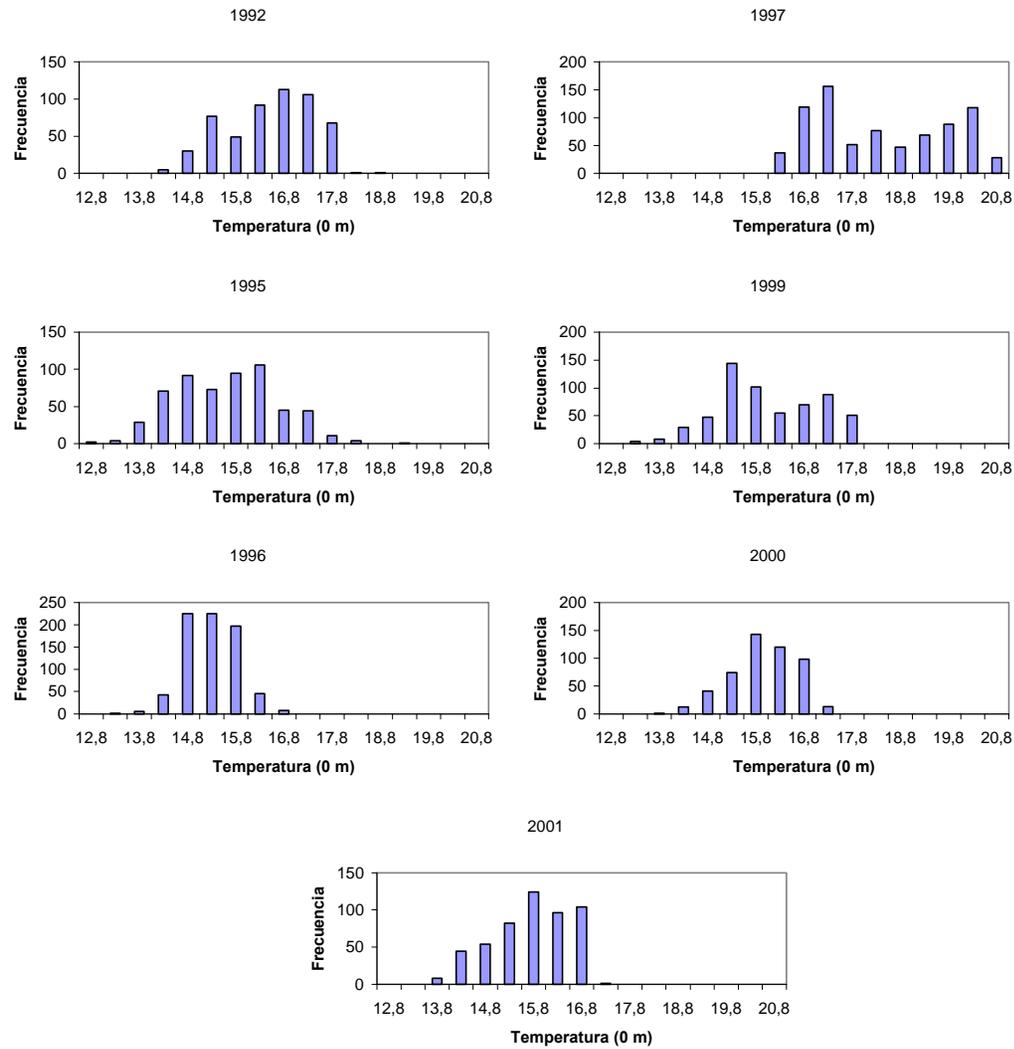


Figura 21. Histogramas de las temperatura superficial (°C), cruceros proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2001.

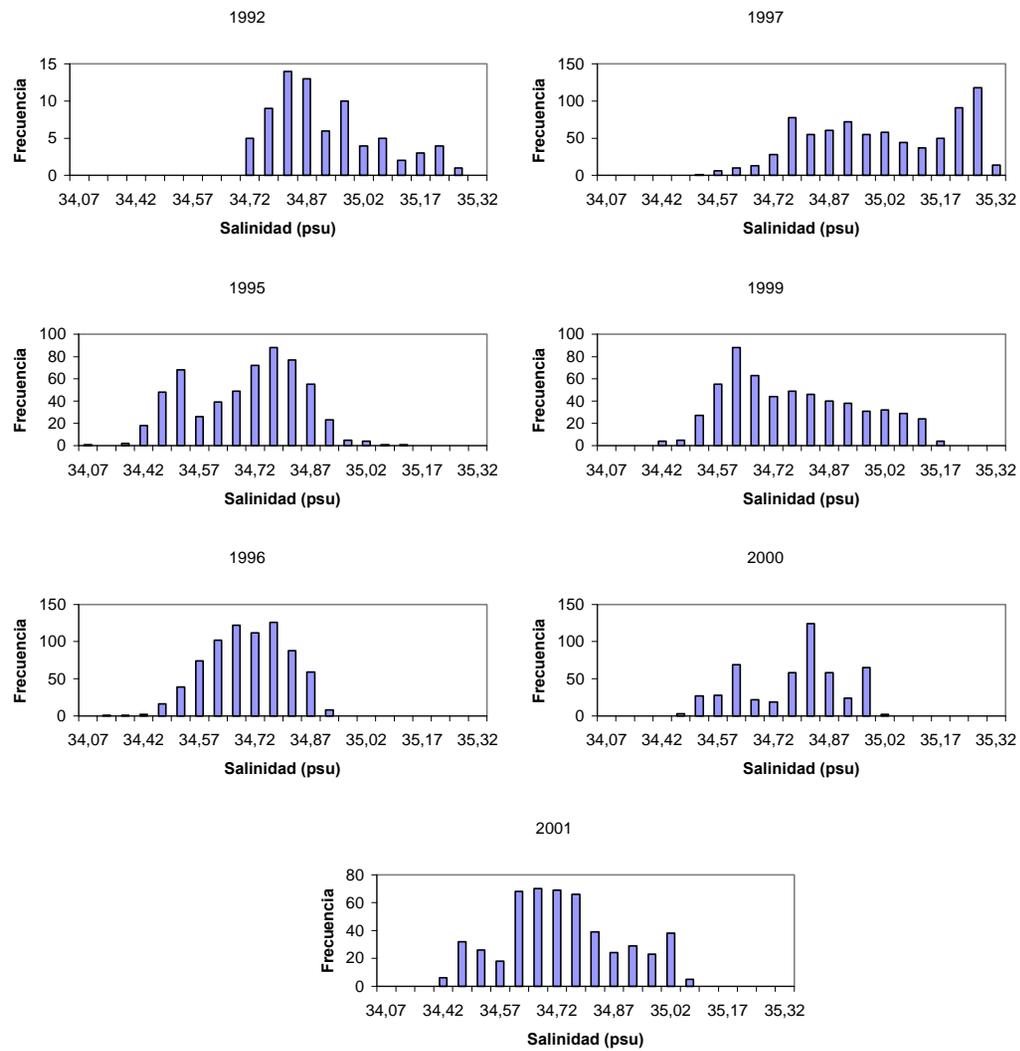


Figura 22. Histogramas de la salinidad superficial (psu), cruceros proyectos MPH de anchoveta, 1992 a 2001.

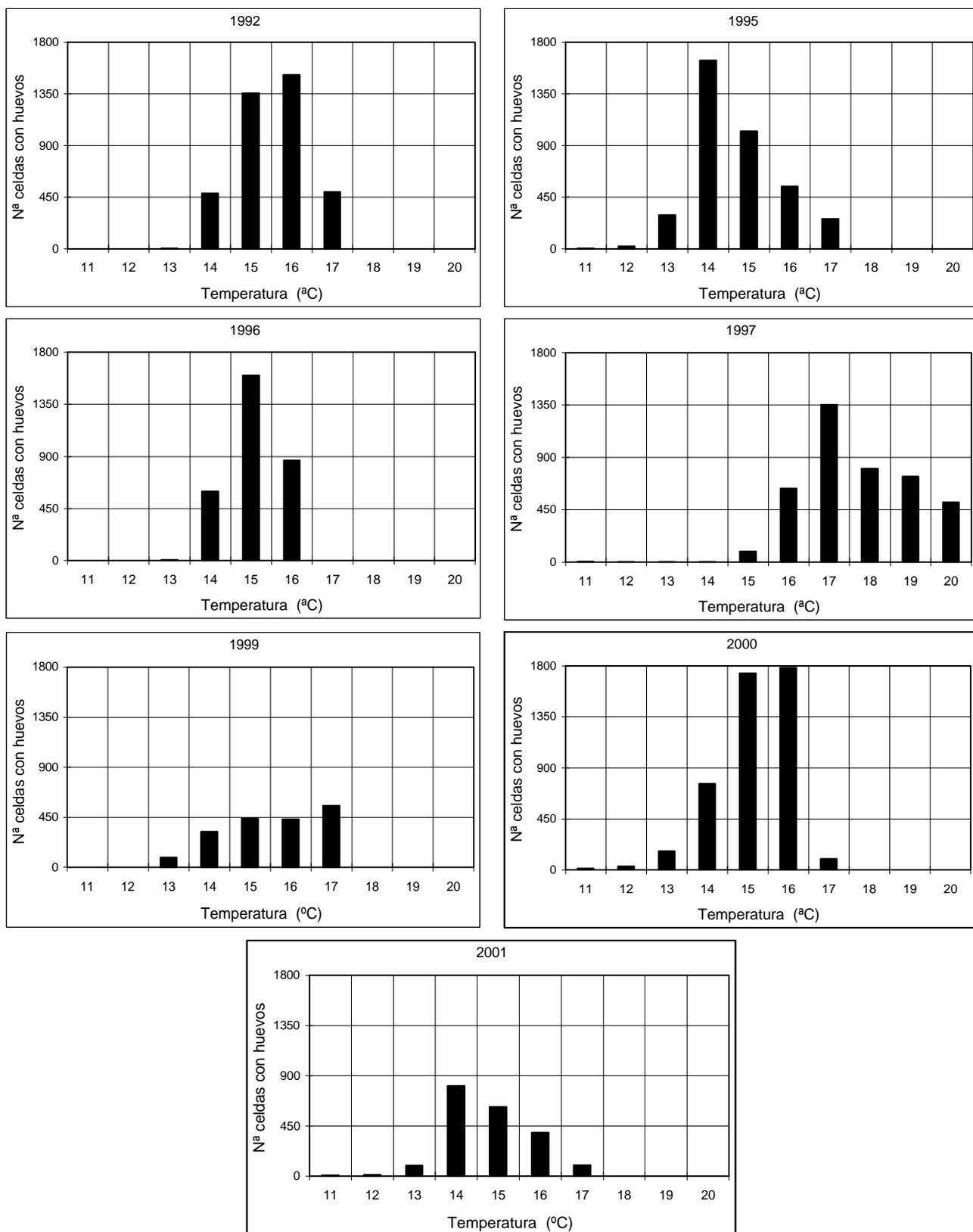


Figura 23. Número de celdas con huevos de anchoveta respecto de la temperatura de 10 metros de profundidad (°C).

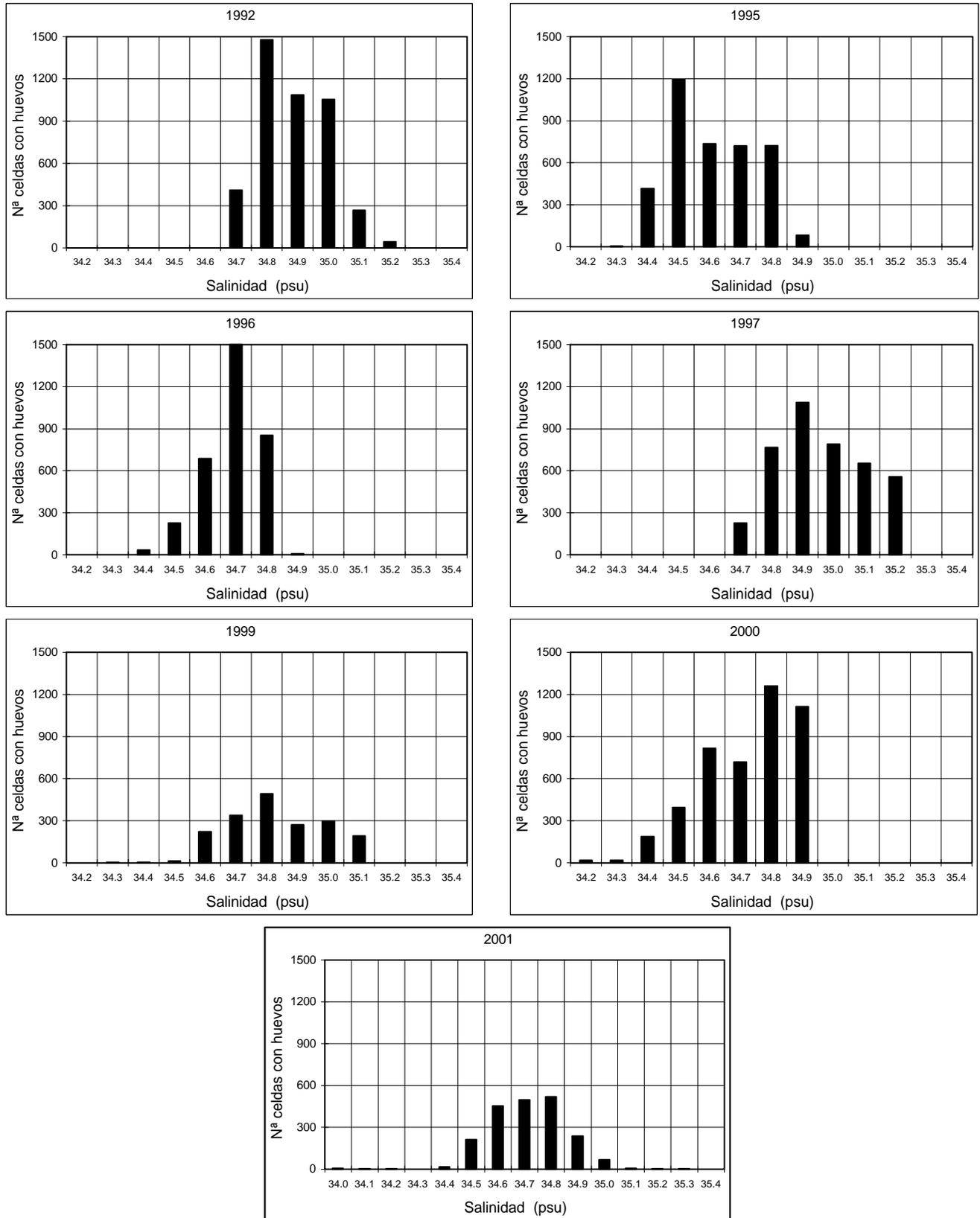


Figura 24. Número de celdas con huevos de anchoveta respecto a la salinidad superficial (psu).

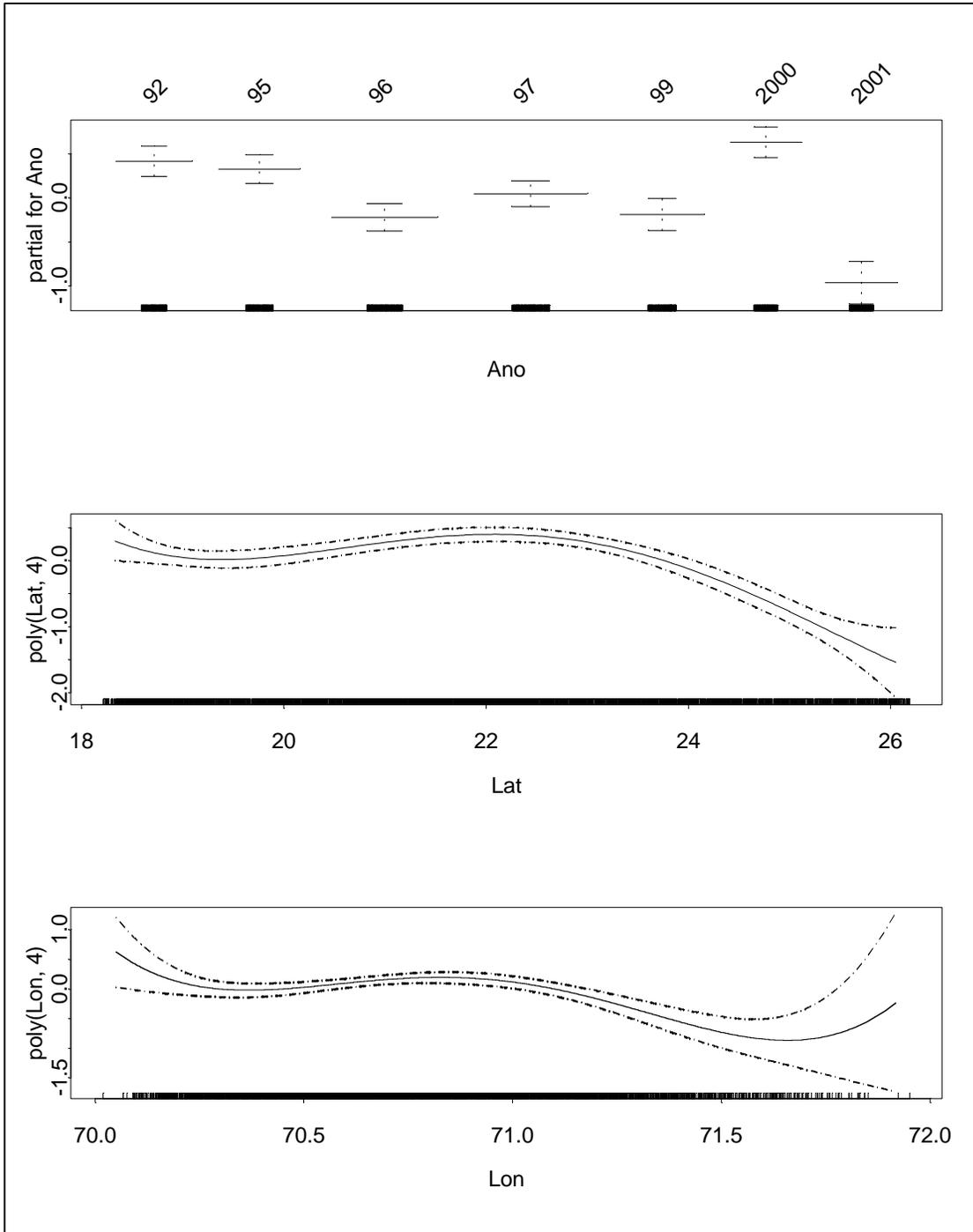


Figura 25. Gráficas con los efectos de las covariables del GLM con distribución binomial de la variable respuesta. Modelo con variables de posición. Cruceros Proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.

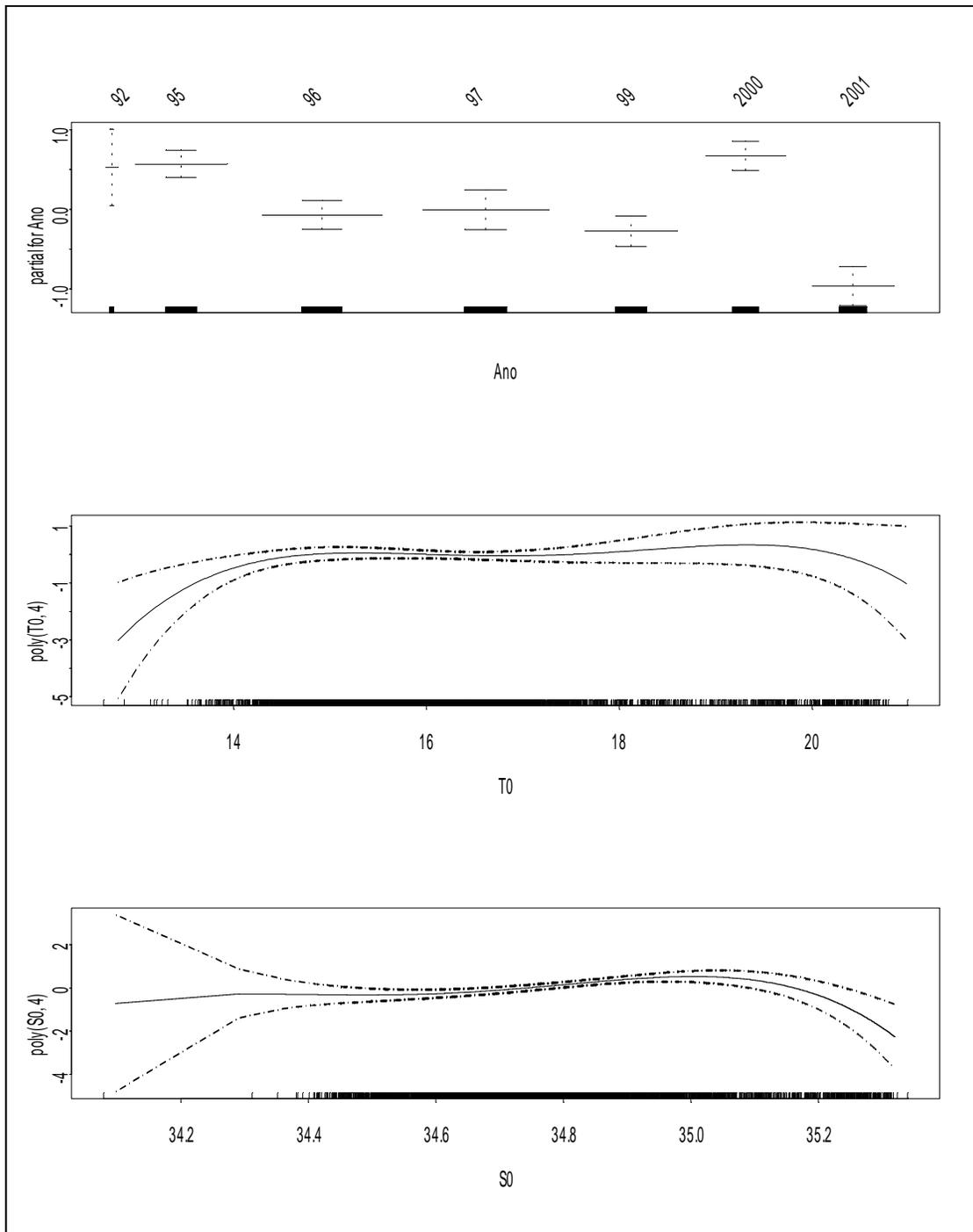


Figura 26. Gráficas con los efectos de las covariables del GLM con distribución binomial de la variable respuesta. Modelo con variables oceanográficas. Cruceros Proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.

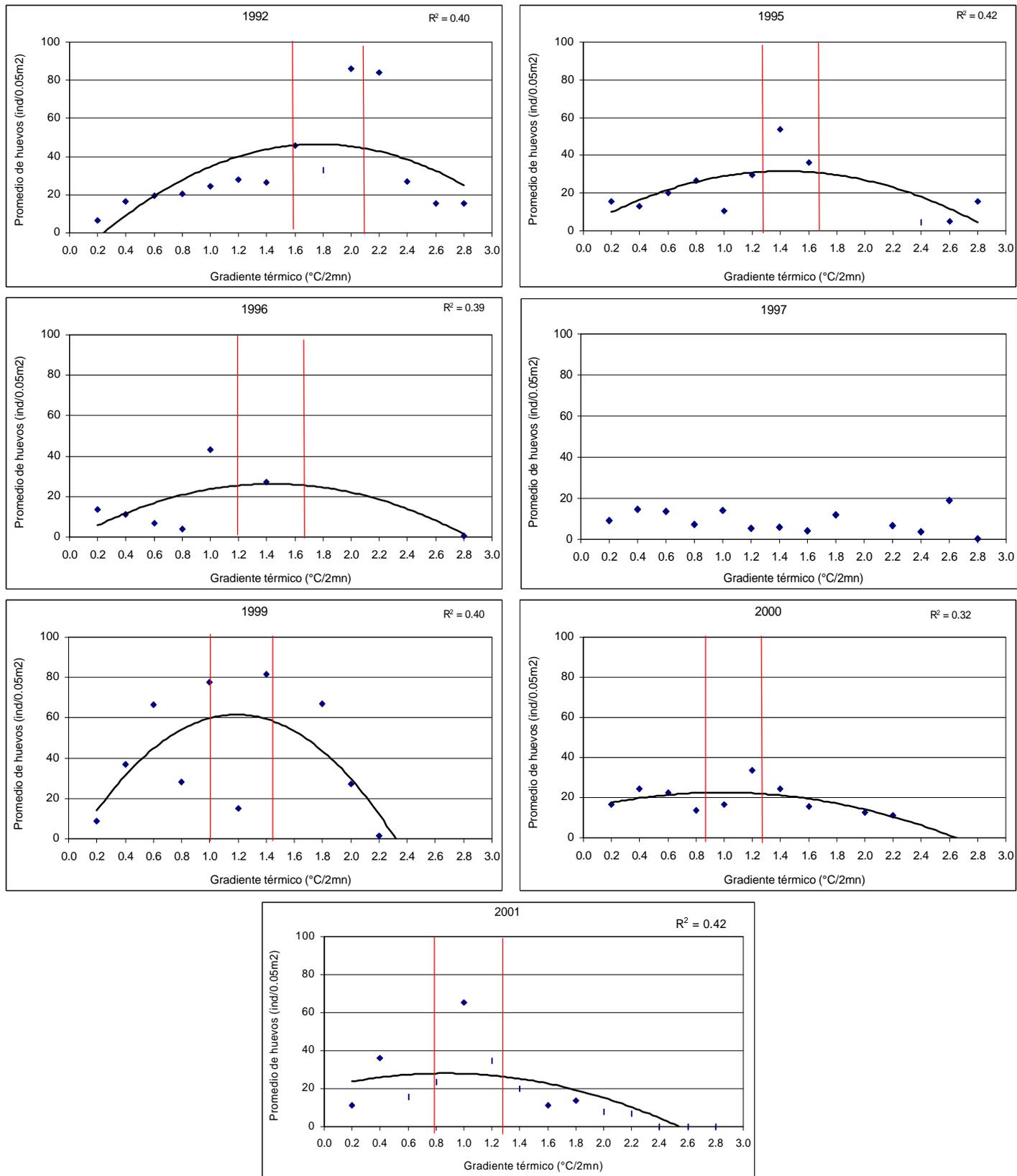


Figura 27. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto del gradiente térmico a 10 m. de profundidad.

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

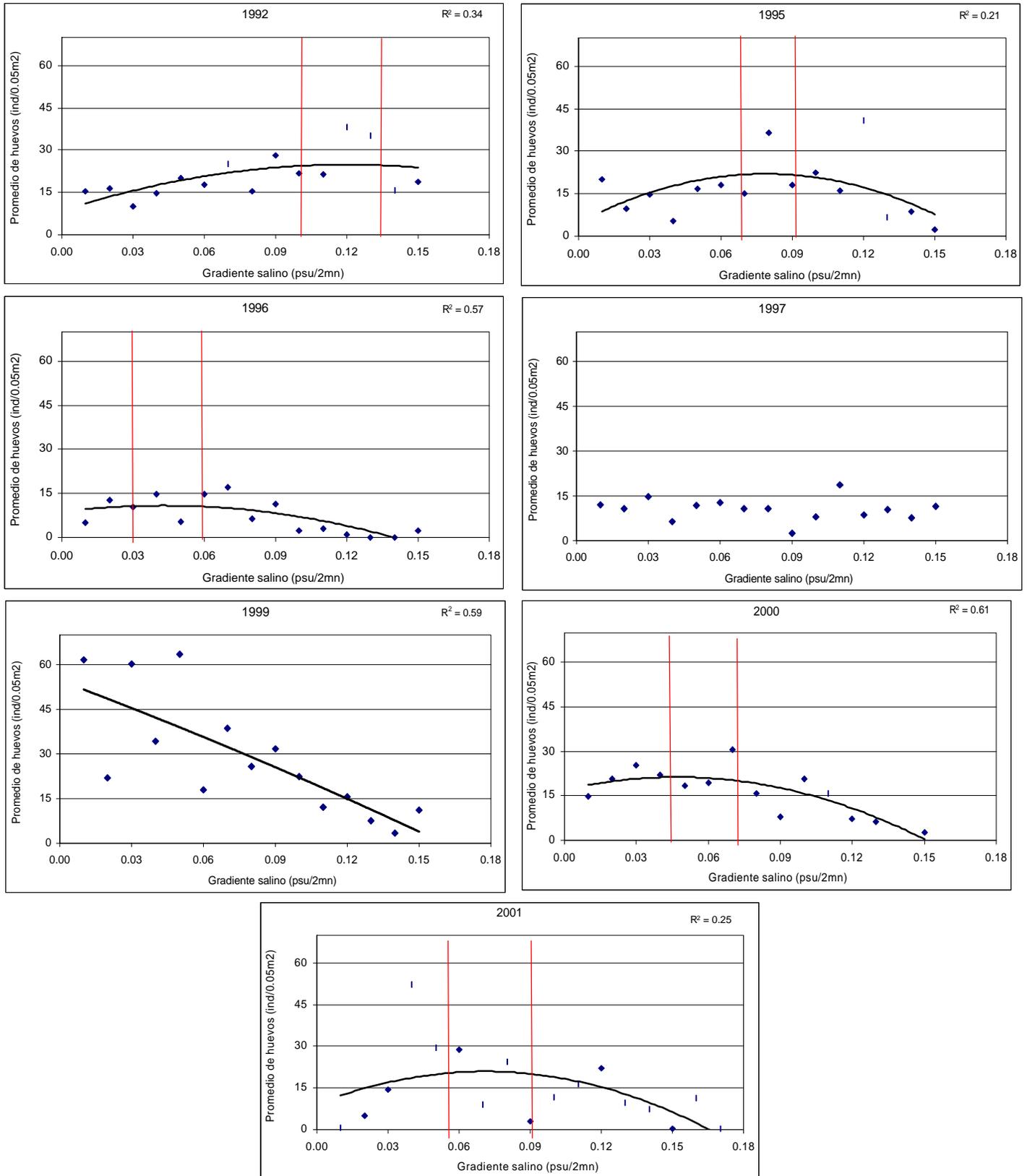


Figura 28. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto del gradiente salino superficial.

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

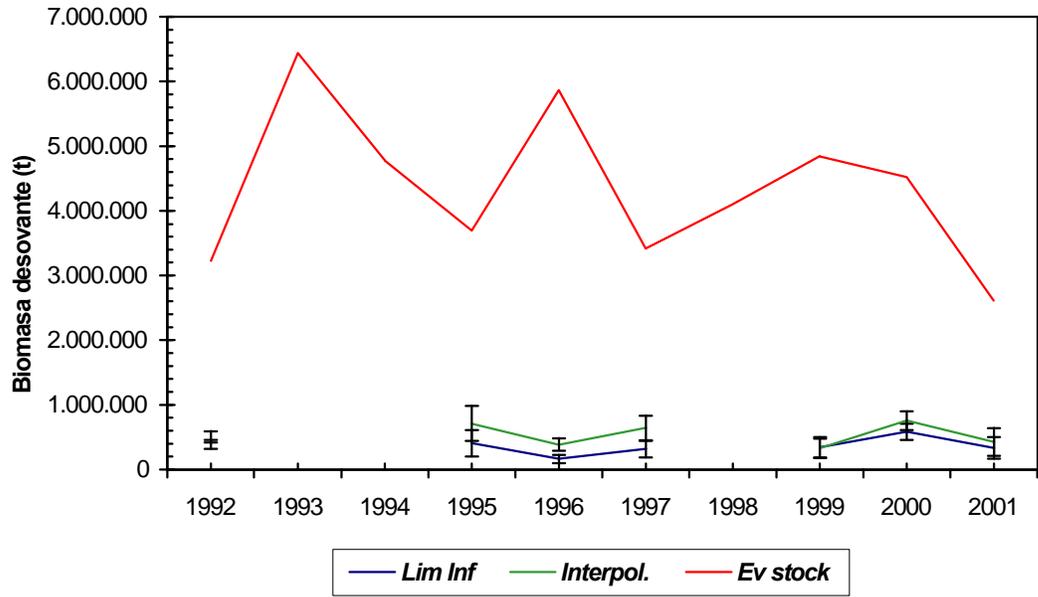


Figura 29. Biomasa absoluta de biomasa de stock desovante estimadas por el MPH y modelo de evaluación de stock ADAPT.

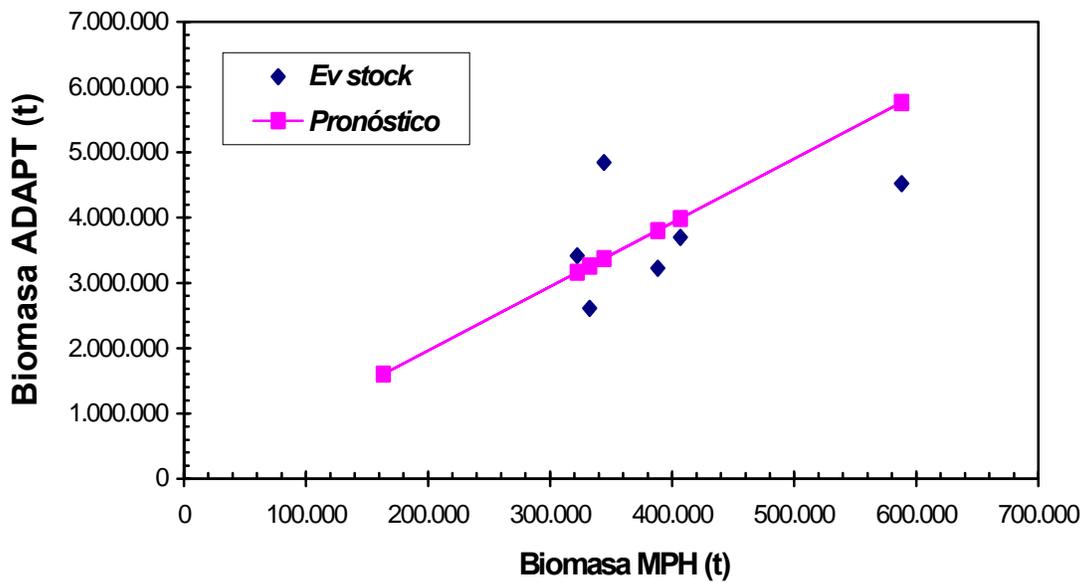


Figura 30. Relación lineal entre las estimaciones de biomasa desovante del MPH versus ADAPT.

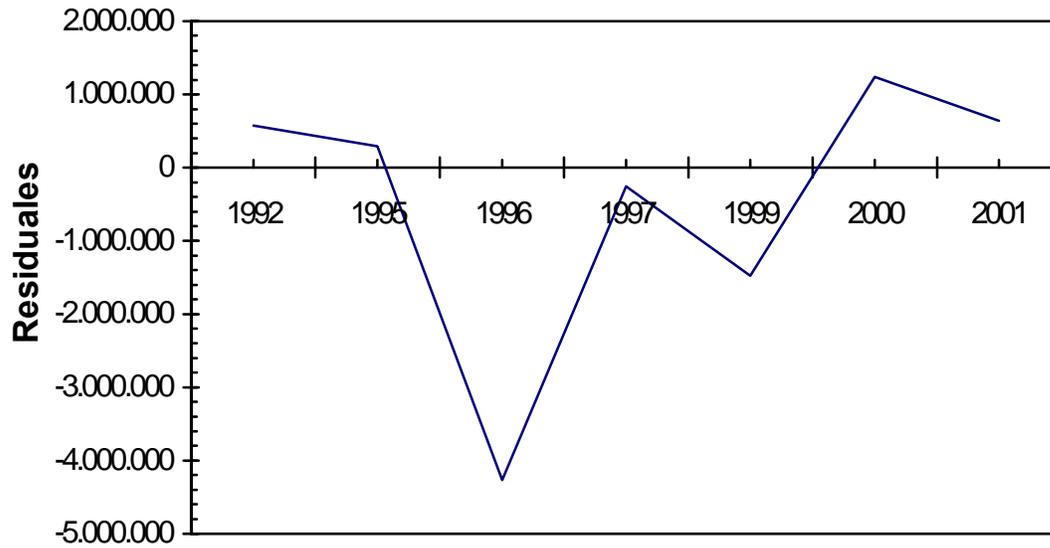


Figura 31. Residuales de la relación lineal entre las estimaciones de biomasa desovante del MPH versus ADAPT.

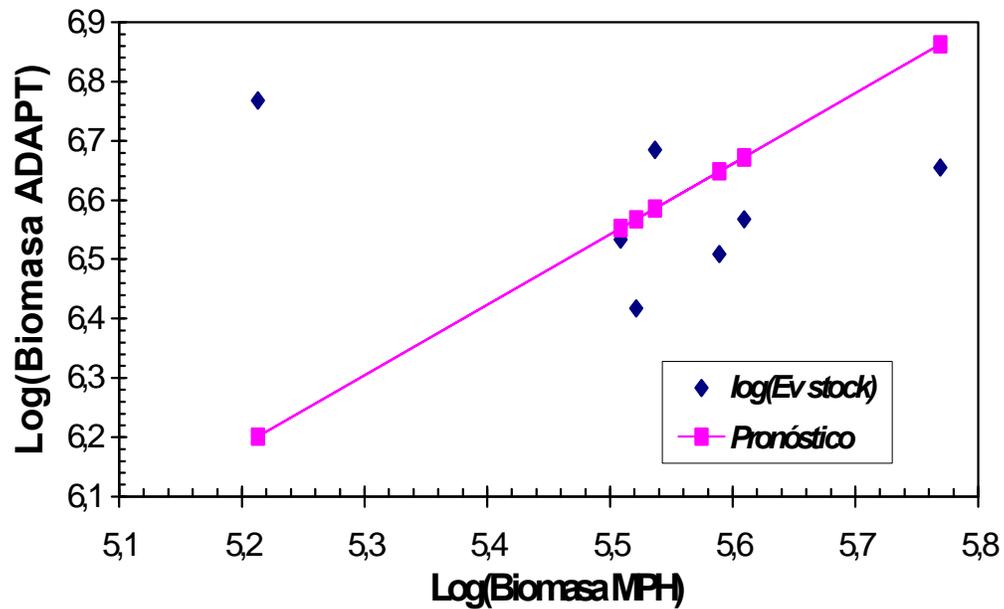


Figura 32. Relación lineal entre las estimaciones del logaritmo de la biomasa desovante del MPH versus ADAPT.

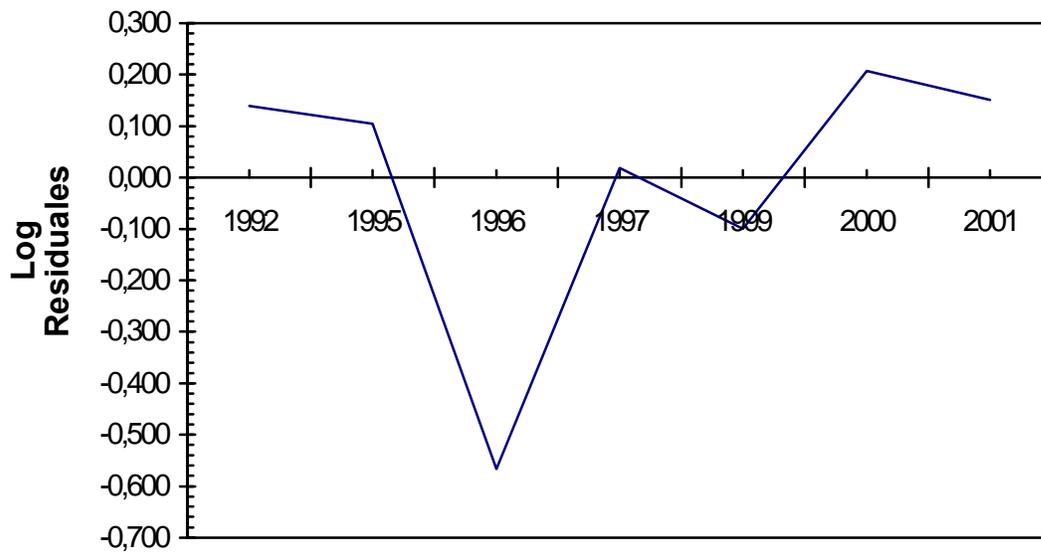


Figura 33. Residuales de la relación lineal entre las estimaciones del logaritmo de la biomasa desovante del MPH versus ADAPT.

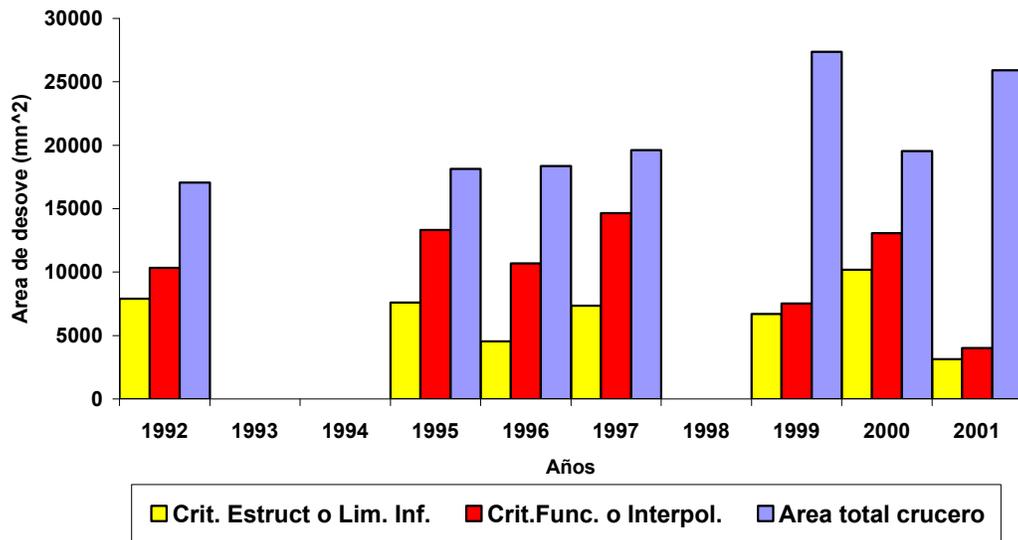


Figura 34. Areas de desove (mn²) estimadas para anchoveta de 1992 a 2001, según los criterios definidos: Criterio Estructural o Límite Inferior y Criterio Funcional o Interpolación. Se presenta además el área total del crucero.

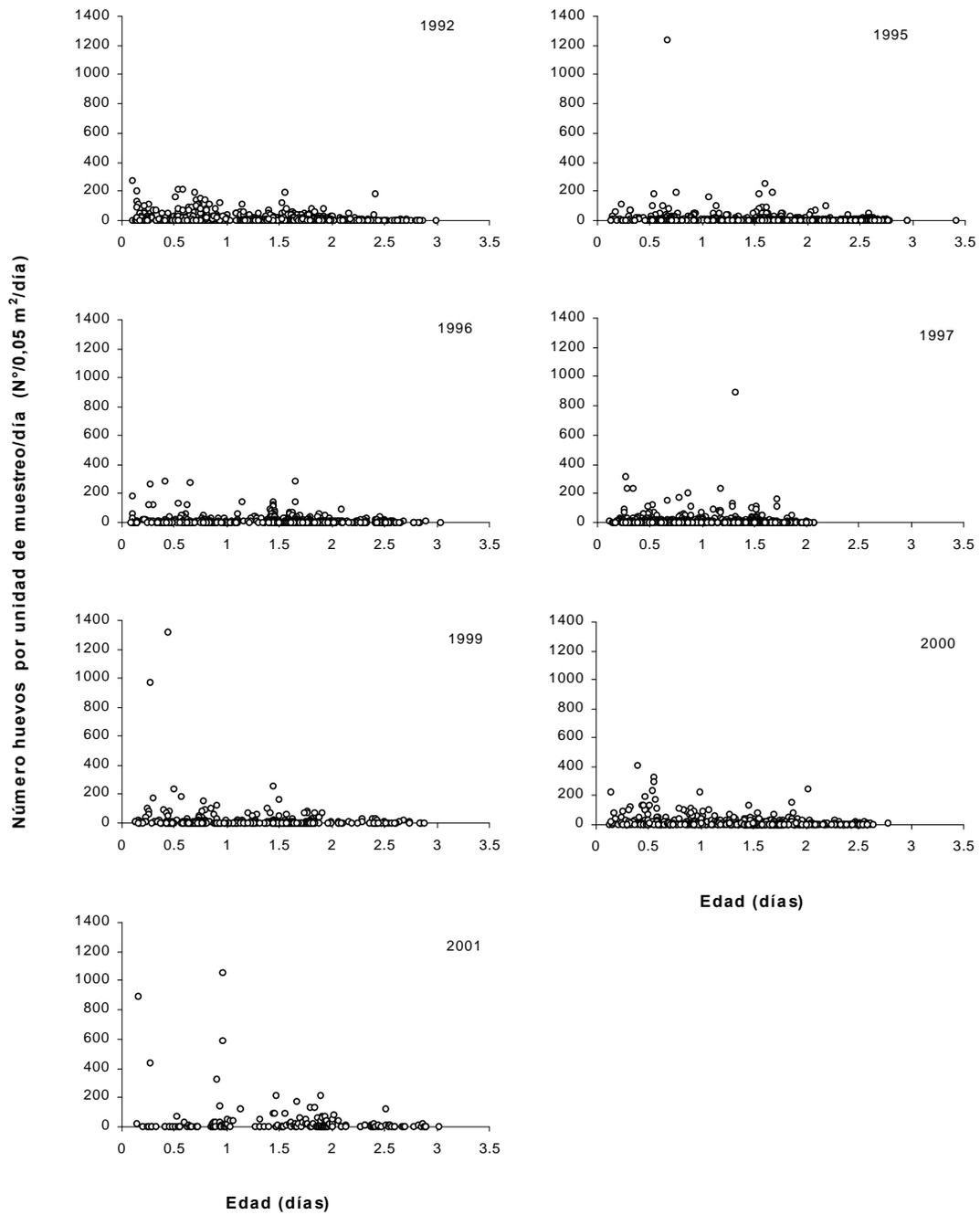


Figura 35. Número de huevos por unidad de muestreo en función de la edad para cada uno de los años de aplicación del MPH.

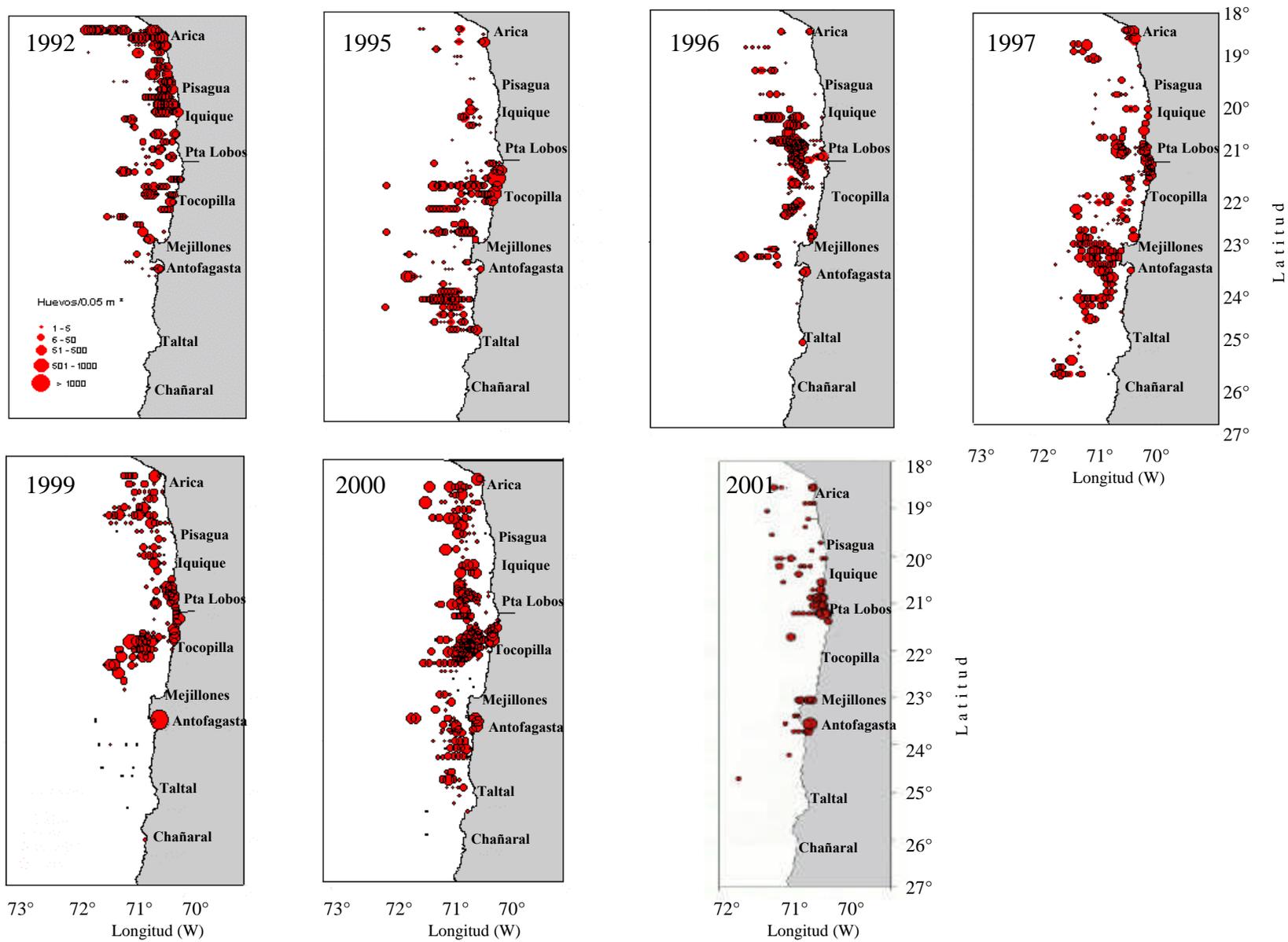


Figura 36. Distribución espacial y temporal de huevos de anchoveta. Período 1992-2001.

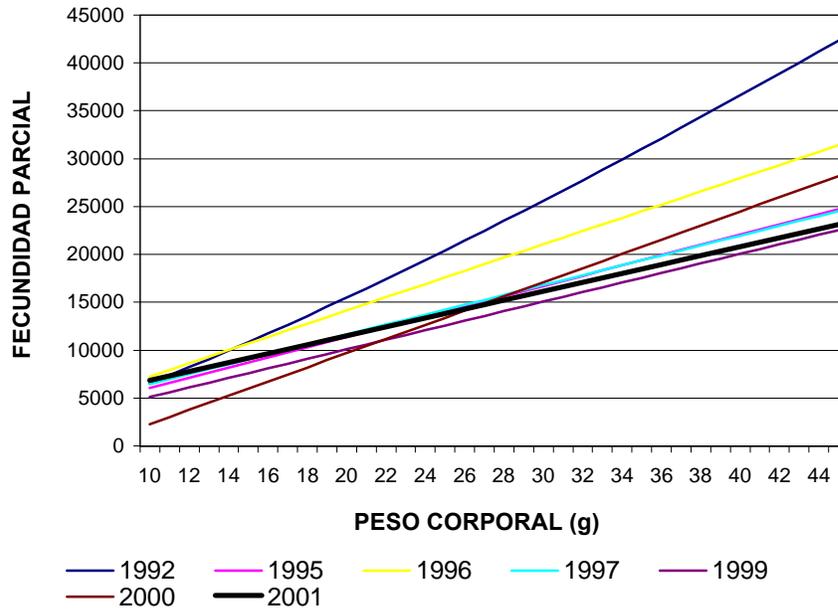


Figura 37. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de la anchoveta en la I y II Regiones.

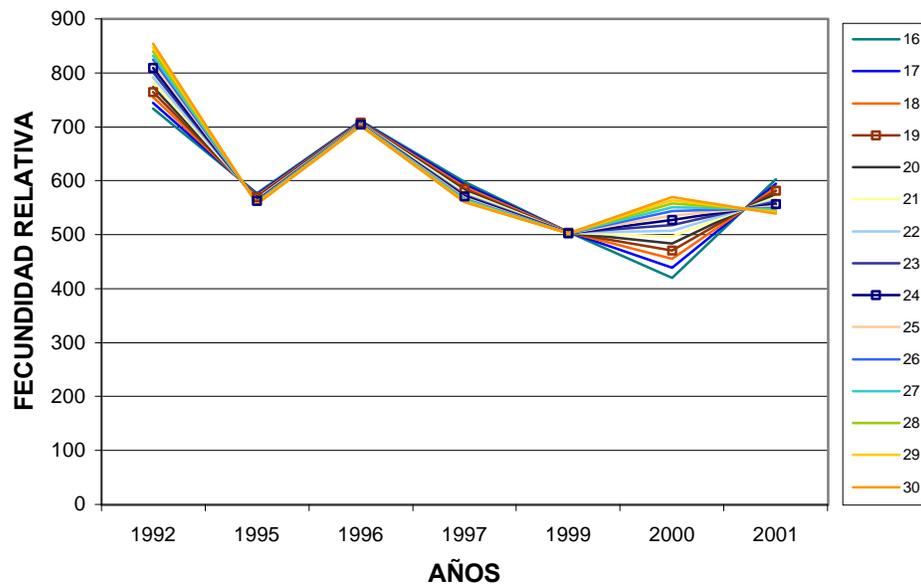


Figura 38. Fecundidad relativa de la anchoveta, en la I y II Regiones. (series: peso corporal en gramos).

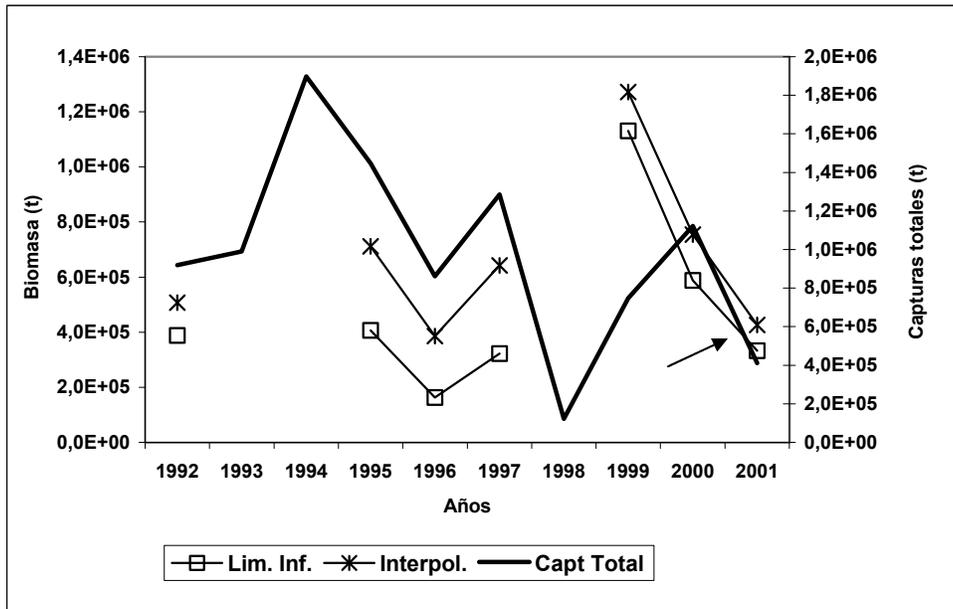


Figura 39. Biomosas estimadas por el MPH sin eliminación de puntos atípicos en 1999 para los escenarios 1 y 2 capturas totales (año 2001 capturas parciales) del año.

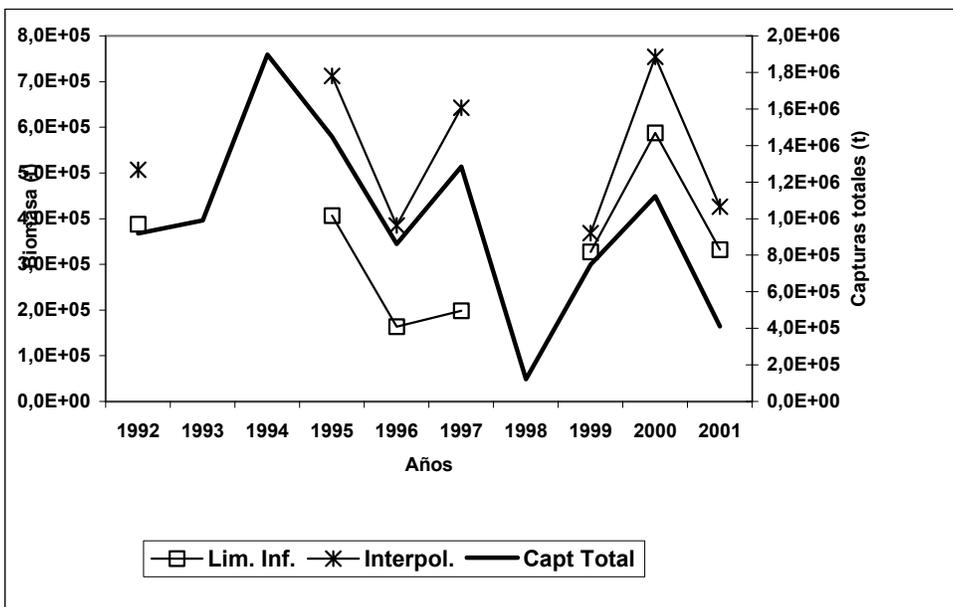


Figura 40. Biomosas estimadas por el MPH según los criterios de límite inferior e interpolación, con eliminación de puntos atípicos en 1999, en conjunto con las capturas totales (año 2001 capturas parciales).

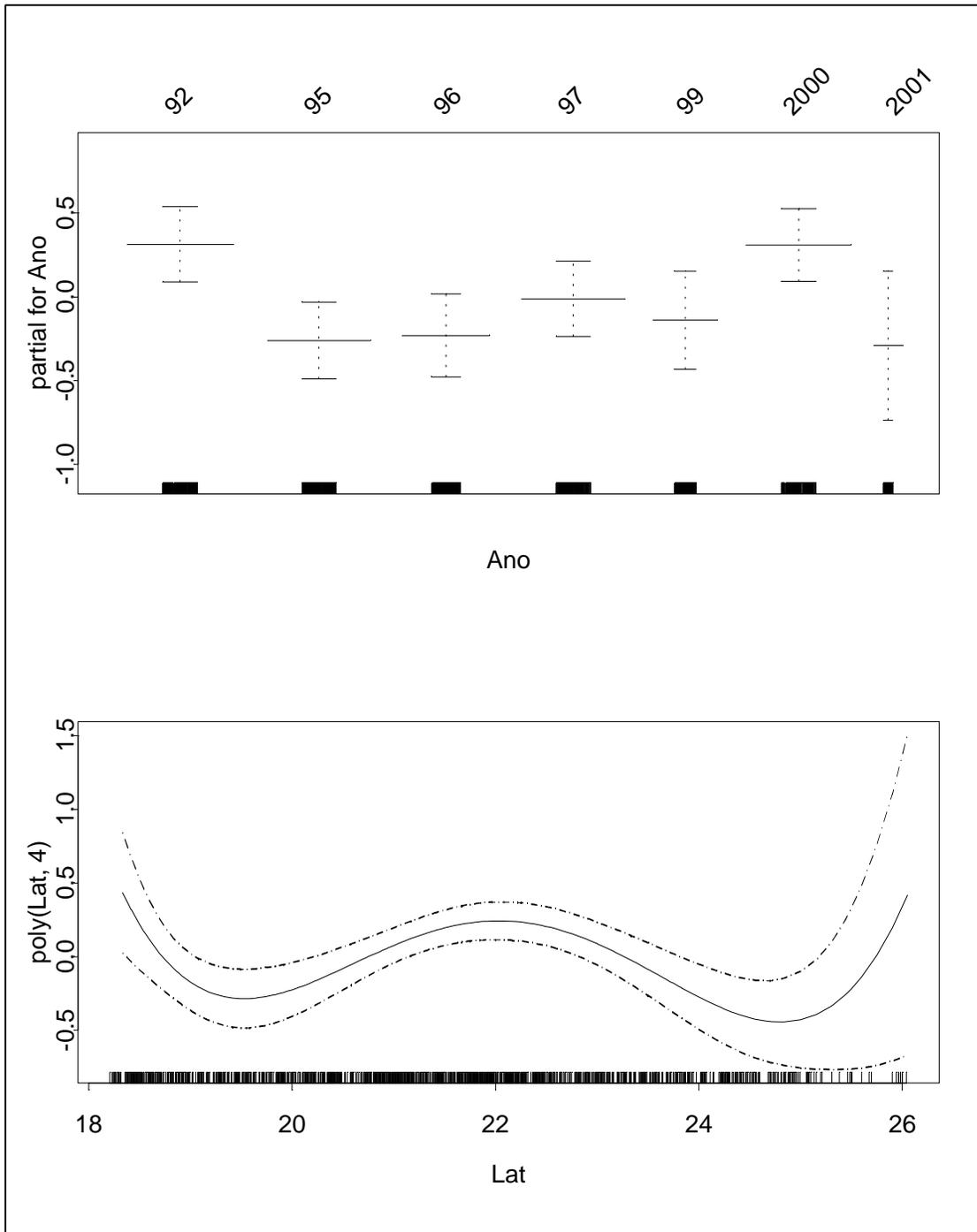


Figura 41. Gráficas con los efectos de las covariables del GLM con distribución log-normal de la variable respuesta. Modelo con variables de posición. Cruceros Proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.

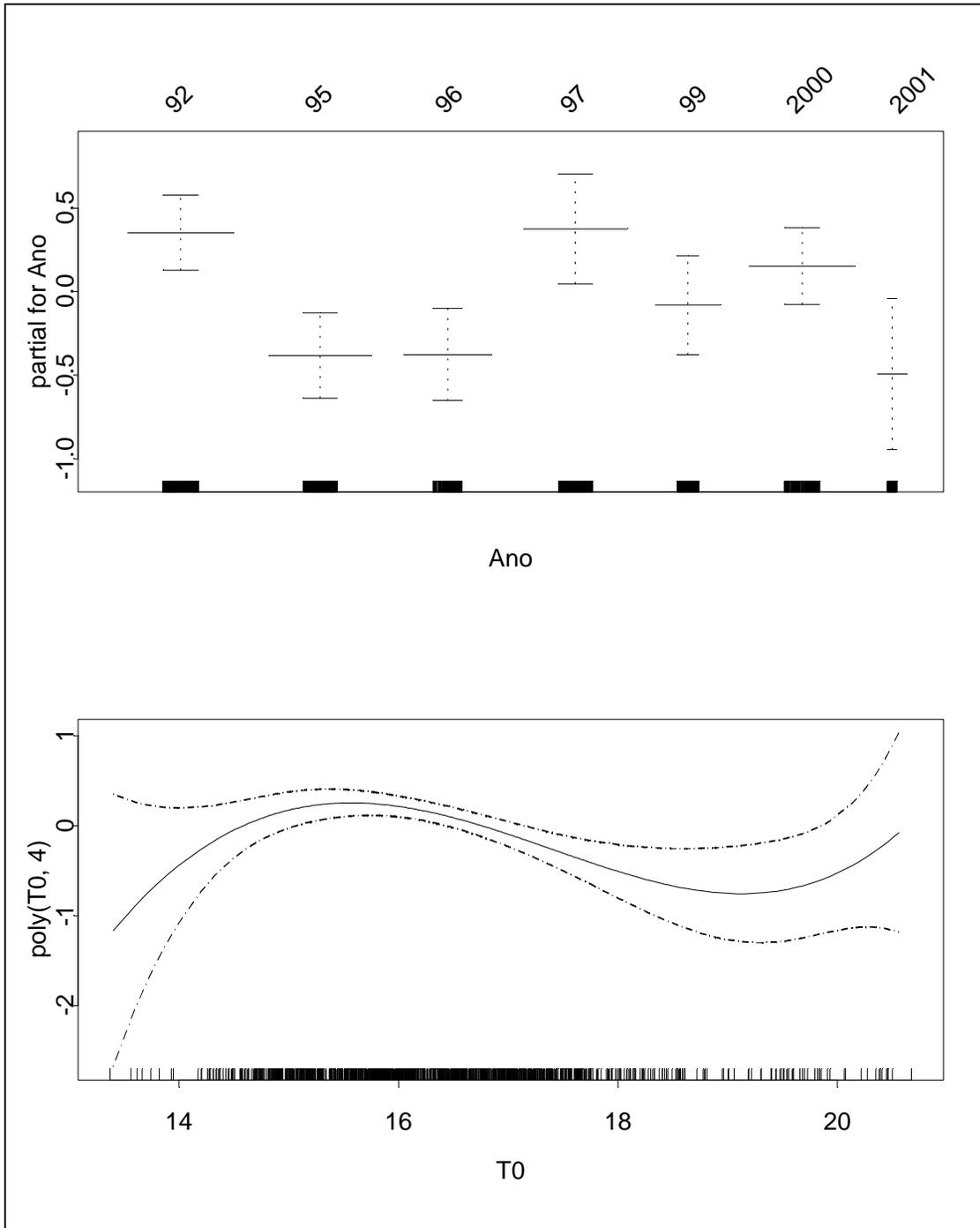


Figura 42. Gráficas con los efectos de las covariables del GLM con distribución log-normal de la variable respuesta. Modelo con variables oceanográfica. Cruceros Proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.

T A B L A S

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

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

Tabla 2. Transectas incompletas por fuerza mayor durante el cruce de huevos.

Nº TRANSECTA	Nº ESTACIONES EFECTUADAS	DISTANCIA DESDE LA COSTA (mn)	Nº ESTACIONES NO EFECTUADAS SEGUN LA CAUSA
5	8	35'	5 ⁽¹⁾
6	8	35'	5 ⁽¹⁾
13	7	30'	6 ⁽¹⁾
14	7	30'	6 ⁽¹⁾
17	5	20'	8 ⁽²⁾
18	5	20'	8 ⁽²⁾
19	7	30'	6 ⁽²⁾
20	8	35'	5 ⁽²⁾
21	8	35'	5 ⁽²⁾
22	3	10'	10 ⁽²⁾
23	3	10'	10 ⁽¹⁾
24	8	35'	5 ⁽¹⁾
25	8	35'	5 ⁽¹⁾
Nº TRANSECTAS PROGRAMADAS	Nº TRASECTAS REALIZADAS	Nº ESTACIONES PROGRAMADAS	Nº ESTACIONES REALIZADAS
46	46	598	514

(1) Mal tiempo

(2) Ejercicios navales

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 ocluído o ausente, células sin individualidad aparente y en avanzado estado degenerativo. Forma irregular núcleos picnóticos, micropicnosis, citoplasma vacuolado, representando la fase terminal de degeneración del epitelio columnar. Abundantes espacios con material granular 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, 2001.

SEMANA	PERIODO	IAD	IAO
23	04/06 – 10/06	44,1	0,0
24	11/06 – 17/06	20,7	0,0
25	18/06 – 24/06	30,0	0,5
26	25/06 – 01/07	25,8	1,3
27	02/07 – 08/07	30,9	0,5
28	09/07 – 15/07	49,5	0,0
29	16/07 – 22/07	52,0	0,0
30	23/07 – 29/07	44,2	0,0
31	30/07 – 05/08	40,5	0,0
32	06/08 – 12/08	38,8	0,0
33	13/08 – 19/08	23,0	0,0
34	20/08 – 26/08	32,4	0,0
35	27/08 – 02/09	41,3	0,0

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 y 2001.

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

Fuente : Oliva **et al.**, 2001.

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

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

Tabla 8. Posición geográfica de los lances efectuados durante el cruce de anchoveta, en la I y II Regiones, agosto 2001

LANCE	BARCO	FECHA	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA	LANCES ANCHOVETA
1	Alerce	9-Ago	18°32' S	70°40' W	s/p	
2	Alerce	9-Ago	18°39' S	70°23' W	300 k	X
3	Marbella	9-Ago	21°35' S	70°10' W	300 k pejerrey	
4	Marbella	9-Ago	21°19' S	70°24' W	5 t jurel	
5	Alerce	9-Ago	18°17' S	70°26' W	s/p	
6	Coray I	10-Ago	22°37' S	70°20' W	5 t jurel	
7	Marbella	10-Ago	21°23' S	70°35' W	1 t jurel	
8	Alerce	10-Ago	18°57' S	70°45' W	s/p	
9	Marbella	11-Ago	18°39' S	70°26' W	300 k	X
10	Alerce	11-Ago	18°24' S	70°30' W	s/p	
11	Alerce	11-Ago	18°29' S	70°31' W	300 k	X
12	Don Peter	13-Ago	21°20' S	70°08' W	5 t	X
13	Coray I	13-Ago	21°17' S	70°07' W	300 k	X
14	Coray I	13-Ago	21°22' S	70°08' W	s/p	
15	Alborada	14-Ago	18°20' S	70°20' W	5 t	X
16	Alerce	14-Ago	20°58' S	70°16' W	40 t	X
17	Alerce	14-Ago	20°46' S	70°15' W	30 t	X
18	Coray I	14-Ago	21°31' S	70°10' W	300 k	X
19	Alerce	14-Ago	20°44' S	70°15' W	20 t	X
20	Marbella	14-Ago	20°41' S	70°26' W	3 t	X
21	Alerce	14-Ago	20°34' S	70°14' W	20 t	X
22	Marbella	14-Ago	20°34' S	70°15' W	30 t	X
23	Don Peter	14-Ago	21°29' S	70°09' W	s/p	
24	Alerce	15-Ago	20°24' S	70°13' W	10 t	X
25	Marbella	15-Ago	20°36' S	70°15' W	30 t	X
26	Alerce	15-Ago	20°36' S	70°15' W	20 t	X
27	Lobo de afuera	16-Ago	18°20' S	70°20' W	5 t	X
28	Marbella	16-Ago	18°56' S	71°34' W	20 t jurel	
29	Desiderio Rojas	17-Ago	18°20' S	70°20' W	5 t	X
30	Marbella	17-Ago	18°25' S	70°29' W	5 t	X
31	Marbella	18-Ago	20°37' S	70°15' W	s/p	
32	Santa Carolina II	21-Ago	18°20' S	70°20' W	13 t	X
33	Marbella	21-Ago	20°41' S	70°17' W	30 t	X
34	Hamal	22-Ago	18°20' S	70°20' W	4 t	X
35	Marbella	22-Ago	20°59' S	70°14' W	20 t	X
36	Pucará	22-Ago	18°51' S	71°00' W	300 k	X
37	Marbella	22-Ago	21°04' S	70°12' W	30 t	X
38	Marbella	22-Ago	21°16' S	70°08' W	20 t	X
39	Marbella	22-Ago	21°15' S	70°09' W	30 t	X
40	Marbella	24-Ago	20°45' S	70°15' W	5 t	X
41	Pucará	24-Ago	19°32' S	70°50' W	20 t	X
42	Marbella	24-Ago	20°41' S	70°16' W	75 t	X
43	Pucará	24-Ago	19°37' S	70°52' W	10 t	X
44	Pucará	25-Ago	19°32' S	70°50' W	15 t	X
45	Marbella	25-Ago	20°54' S	70°19' W	20 t	X
46	Marbella	25-Ago	21°02' S	70°15' W	60 t	X
47	Marbella	25-Ago	20°54' S	70°24' W	s/p	
48	Marbella	26-Ago	21°02' S	70°13' W	30 t	X

continuación

LANCE	BARCO	FECHA	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA	LANCES ANCHOVETA
49	Marbella	26-Ago	21°05' S	70°11' W	30 t	X
50	Marbella	27-Ago	21°02' S	71°12' W	20 t	X
51	Alborada	27-Ago	18°20' S	70°20' W	2 t	X
52	Oficina Germania	27-Ago	21°15' S	70°09' W	30 t	X
53	Marbella	27-Ago	21°15' S	70°09' W	10 t	X
54	Marbella	27-Ago	21°17' S	70°09' W	10 t	X
55	Oficina Germania	27-Ago	21°17' S	70°08' W	20 t	X
56	Carmelita III	28-Ago	18°20' S	70°20' W	4 t	X
57	Marbella	28-Ago	21°02' S	70°15' W	200 t	X
58	Marbella	28-Ago	20°58' S	70°14' W	10 t	X
59	Pucará	29-Ago	21°07' S	70°10' W	30 t	X
60	Coray II	29-Ago	18°20' S	70°20' W	72 t	X
61	Pucará	29-Ago	21°06' S	70°16' W	20 t	X
62	Marbella	29-Ago	21°20' S	70°09' W	20 t	X
63	Alborada	30-Ago	18°20' S	70°20' W	4 t	X
64	Marbella	30-Ago	21°28' S	70°14' W	50 t	X
65	Pucará	30-Ago	21°27' S	70°12' W	50 t	X
66	Marbella	30-Ago	21°26' S	70°15' W	20 t	X
67	Pucará	30-Ago	21°24' S	70°12' W	40 t	X
68	Pucará	30-Ago	21°18' S	70°15' W	20 t	X
69	Marbella	30-Ago	21°15' S	70°12' W	10 t	X
70	Pucará	30-Ago	21°16' S	70°12' W	20 t	X
71	Marbella	31-Ago	21°14' S	70°19' W	130 t	X
72	Pucará	31-Ago	21°16' S	70°15' W	110 t	X
73	Marbella	31-Ago	21°07' S	70°15' W	20 t	X

s/p: Lance 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
PESO CORPORAL			
a	2205,2	905,8	7304,7
Sa	2097,95	391,37	942,84
b	465,1	0,85	0,026
Sb	69,02	0,124	0,0041
r²	0,26	0,26	0,24
r	0,51	0,51	0,49
n	133	133	133
MSE	14057499	14016000	14346000
LONGITUD TOTAL			
a	-30941,2	6,17	1049,3
Sa	6633,18	6,613	414,59
b	2960,4	2,84	0,17
Sb	416,32	0,369	0,024
r²	0,28	0,27	0,27
r	0,53	0,52	0,52
n	133	133	133
MSE	13658312	13787000	13862000

Tabla 10. Resumen de los datos de los lances. Promedios de las 30 primeras hembras maduras de: longitud total (LT), peso total (PT), 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	PT	PTCOR	PC	PG	FPE	HM	HH	EDAD F.P.O.			PTHCOR	H	PTMCOR	M
(n)	(d-m)	(h)	(S)	(W)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	(n)	(n)	(n)	0	1	2	(g)	(n)	(g)	(n)
2	9-8	13:30	18°39'	70°23'	15,1	25,3	25,8	23,4	1,9	13070	30	2	0	6	4	26,5	85	23,5	35
9	11-8	15:30	18°39'	70°26'	15,5	28,6	29,2	26,7	1,9	14609	30	1	0	4	19	27,8	53	26,9	68
11	11-8	12:30	18°29'	70°31'	15,7	29,3	30,0	27,3	2,0	14910	30	0	0	13	10	29,7	98	28,6	20
12	13-8	16:45	21°20'	70°08'	16,3	35,2	36,0	31,2	3,9	16734	30	20	0	4	2	36,4	49	31,3	51
13	13-8	18:50	21°17'	70°07'	16,2	32,5	33,2	30,6	2,0	16423	30	0	0	2	11	32,8	69	30,0	31
15	14-8	05:00	18°20'	70°20'	15,2	27,4	28,0	25,3	2,2	13957	30	0	1	1	3	25,5	3	24,1	96
16	14-8	07:00	20°58'	70°16'	16,0	33,3	34,1	31,3	2,0	16783	30	0	4	2	16	32,8	88	29,9	32
17	14-8	10:10	20°46'	70°15'	15,8	34,8	35,5	32,5	2,3	17315	30	1	0	9	7	33,0	53	31,7	66
18	14-8	10:15	21°31'	70°10'	16,3	34,3	35,0	32,6	1,6	17374	30	0	12	14	0	34,7	32	32,0	68
19	14-8	11:40	20°44'	70°15'	15,9	33,3	34,0	31,1	2,1	16689	30	11	0	4	15	33,8	50	31,0	69
20	14-8	12:15	20°41'	70°26'	16,1	33,5	34,3	31,6	2,0	16886	30	3	0	15	10	32,5	65	30,8	56
21	14-8	15:20	20°34'	70°14'	15,8	32,9	33,7	30,6	2,4	16416	30	10	0	2	5	31,2	34	29,0	82
22	14-8	16:00	20°34'	70°15'	16,4	35,8	36,6	33,6	2,2	17814	30	3	0	6	13	32,1	64	29,2	63
24	15-8	03:50	20°24'	70°13'	15,8	33,8	34,6	32,1	1,7	17140	30	0	16	7	4	31,8	59	29,3	61
25	15-8	10:10	20°36'	70°15'	15,5	30,5	31,2	28,2	2,3	15307	30	2	1	6	0	29,5	22	28,9	98
26	15-8	10:50	20°36'	70°15'	15,6	30,9	31,6	28,5	2,4	15452	30	3	1	6	0	30,2	16	28,4	105
27	16-8	04:30	18°20'	70°20'	14,5	24,6	25,2	23,1	1,6	12935	30	0	13	3	1	23,6	10	22,7	120
29	17-8	06:00	18°20'	70°20'	15,5	30,1	30,8	27,6	2,5	15021	30	2	1	1	1	24,2	42	24,1	76
30	17-8	11:55	18°25'	70°29'	15,3	27,6	28,2	25,8	1,8	14205	30	1	0	4	20	27,0	116	27,8	6
32	21-8	05:20	18°20'	70°20'	15,2	27,6	28,3	25,6	2,1	14095	30	0	11	0	4	26,6	42	25,7	103
33	21-8	12:05	20°41'	70°17'	16,5	36,9	37,7	34,6	2,3	18311	30	1	1	4	16	31,4	88	29,9	33
34	22-8	04:00	18°20'	70°20'	15,3	28,1	28,8	26,3	1,9	14417	30	0	1	15	2	27,3	29	26,4	91
35	22-8	06:40	20°59'	70°14'	16,0	32,4	33,2	30,5	1,9	16381	30	0	3	2	9	32,6	68	30,8	52
36	22-8	07:50	18°51'	71°00'	15,6	28,9	29,5	26,4	2,5	14468	30	7	1	0	7	27,3	68	24,0	71
37	22-8	09:45	21°04'	70°12'	16,3	34,6	35,4	32,1	2,5	17153	30	4	3	2	6	33,3	77	31,3	44
38	22-8	16:15	21°16'	70°08'	16,2	33,4	34,2	30,8	2,6	16544	30	16	0	7	7	34,0	53	31,8	68
39	22-8	20:15	21°15'	70°09'	15,9	32,6	33,3	29,4	3,2	15891	30	16	2	1	6	35,2	36	31,4	85
40	24-8	09:10	20°45'	70°15'	15,6	33,1	33,9	30,8	2,3	16543	30	2	1	2	8	34,2	34	31,7	89
41	24-8	09:30	19°32'	70°50'	15,8	29,4	30,1	27,8	1,6	15133	30	0	0	4	8	27,8	67	26,4	53
42	24-8	12:20	20°41'	70°16'	15,8	35,1	35,9	31,9	3,2	17056	30	23	0	1	1	35,0	19	31,4	101
43	24-8	13:20	19°37'	70°52'	15,4	27,4	28,0	25,7	1,7	14163	30	0	0	0	11	27,7	43	27,0	77
44	25-8	07:42	19°32'	70°50'	15,6	27,2	27,8	25,6	1,6	14133	30	1	3	6	3	26,4	74	25,9	46
45	25-8	11:30	20°54'	70°19'	16,1	36,0	36,8	33,8	2,2	17909	30	0	0	5	11	33,5	69	31,5	52
46	25-8	20:15	21°02'	70°15'	16,0	34,1	34,9	30,3	3,8	16293	30	20	0	0	4	35,7	33	31,1	87
48	26-8	05:45	21°02'	70°13'	16,2	34,5	35,3	32,6	2,0	17355	30	1	5	6	3	32,8	58	31,0	76
49	26-8	08:30	21°05'	70°11'	16,0	32,6	33,3	30,4	2,1	16361	30	0	1	3	5	32,5	56	29,6	64
50	27-8	06:00	21°02'	70°12'	16,3	33,7	34,5	31,8	1,9	17000	30	0	8	4	4	29,6	69	29,1	51
51	27-8	06:00	18°20'	70°20'	15,3	27,3	27,9	25,0	2,2	13851	30	0	3	3	4	25,0	66	23,0	91
52	27-8	11:27	21°15'	70°09'	16,4	35,6	36,4	33,4	2,3	17724	30	4	3	3	5	29,8	152	28,3	36
53	27-8	12:15	21°15'	70°09'	16,4	33,3	34,2	31,3	2,2	16773	30	11	0	3	10	30,8	79	28,3	41
54	27-8	20:15	21°17'	70°09'	16,1	31,6	32,3	29,0	2,6	15683	30	9	0	2	11	31,1	43	28,7	77
55	27-8	20:40	21°17'	70°08'	16,1	34,9	35,7	30,3	4,6	16297	30	26	0	0	1	32,1	26	28,3	130
56	28-8	05:45	18°20'	70°20'	15,3	27,3	27,9	24,8	2,5	13726	30	0	1	3	2	26,2	19	23,9	126
57	28-8	06:40	21°02'	70°15'	16,1	32,8	33,5	30,9	1,9	16560	30	0	10	1	7	30,3	47	26,9	74
58	28-8	09:55	20°58'	70°14'	15,8	30,9	31,6	28,8	2,1	15620	30	6	1	8	6	30,0	49	28,5	80
59	29-8	04:30	21°07'	70°10'	15,9	32,3	33,0	30,3	2,1	16279	30	0	1	3	4	30,0	62	28,3	58
60	29-8	05:00	18°20'	70°20'	15,2	28,4	29,0	26,2	2,2	14392	30	0	18	0	1	26,4	29	23,8	123
61	29-8	08:12	21°06'	70°16'	15,7	30,9	31,6	28,6	2,3	15513	30	0	0	1	5	29,6	57	27,9	63
62	29-8	19:50	21°20'	70°09'	15,8	32,0	32,7	30,1	1,8	16216	30	1	1	0	14	30,9	48	29,8	72
63	30-8	05:30	18°20'	70°20'	15,3	28,4	29,1	26,5	2,0	14523	30	0	17	3	2	28,1	41	25,0	105
64	30-8	07:15	21°28'	70°14'	15,7	30,8	31,5	29,1	1,8	15724	30	0	2	3	10	31,3	67	29,1	67
65	30-8	07:40	21°27'	70°12'	16,0	31,2	31,9	29,4	1,8	15864	30	0	4	3	7	30,2	55	28,5	65
66	30-8	09:40	21°26'	70°15'	16,4	33,2	33,9	31,2	2,0	16696	30	0	1	7	7	30,9	91	28,4	40
67	30-8	10:30	21°24'	70°12'	16,0	32,1	32,8	30,5	1,6	16381	30	0	0	7	7	31,9	76	29,6	44
68	30-8	13:00	21°18'	70°15'	15,9	31,8	32,5	30,1	1,7	16219	30	1	0	5	13	30,9	55	29,1	65
69	30-8	14:00	21°15'	70°12'	15,8	31,0	31,7	29,2	1,8	15801	30	5	1	6	8	30,7	67	29,7	53
70	30-8	15:20	21°16'	70°12'	16,0	33,5	34,2	31,5	1,9	16866	30	8	0	4	8	30,4	63	27,5	57
71	31-8	09:35	21°14'	70°19'	15,9	31,6	32,3	29,8	1,9	16051	30	1	0	0	16	33,0	96	30,4	37
72	31-8	11:30	21°16'	70°15'	16,4	34,3	35,1	32,5	1,8	17335	30	0	1	1	14	31,4	78	30,4	42
73	31-8	13:50	21°07'	70°15'	16,2	32,4	33,2	30,3	2,1	16311	30	6	0	0	10	30,0	76	29,4	40

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

ANOS	PESO	FECUNDIDAD PARCIAL	FRECUENCIA DE DESOVE	PROPORCION SEXUAL	PRODUCCION DE HUEVOS	BIOMASA STOCK (t)	DESOVANTE
	(g)	(Nº ovocitos)	(%)	(%)	Po (nº huevos / 0,05 m ² día)	Limite inferior o estructural	Interpolación o funcional
1992	21	14.917	0,16	0,48	39,01	388.110	506.703
1995	29	15.405	0,18	0,42	31,31	406.666	712.020
1996	30	19.658	0,17	0,46	26,90	163.370	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

Tabla 12. Estadísticas descriptivas de las principales variables monitoreadas en los cruceros de ictioplancton. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 a 2001.

Año 1992											
	Hora	Lat	Lon	Total	T0	T10	S0	S10	T50	S50	Huevos
Min:	0,017	18,333	70,097	0,000	14,300	13,580	34,720	34,710	NA	NA	0:330
1st Qu.:	3,587	19,167	70,454	0,000	15,700	15,415	34,818	34,810	NA	NA	1:212
Mean:	10,878	20,803	70,752	20,247	16,477	16,251	34,920	34,918	NA	NA	
Median:	10,767	20,667	70,683	0,000	16,600	16,465	34,875	34,880	NA	NA	
3rd Qu.:	17,408	22,333	71,006	6,000	17,210	17,080	34,995	34,990	NA	NA	
Max:	23,950	23,833	71,817	331	18,700	17,800	35,260	35,270	NA	NA	
Total N:	542	542	542	0	542	542	542	542	542	542	542
NA's :	0	0	0	0	0	2	466	465	542	542	
Std Dev.:	7,347	1,717	0,387	52,467	0,909	0,989	0,137	0,143	NA	NA	
Sum:				10974							
Skewness:	0,108	0,140	0,694	3,216	-0,366	-0,360	0,794	0,778	NA	NA	
Kurtosis:	-1,281	-1,294	-0,132	10,070	-0,838	-0,914	-0,166	-0,199	NA	NA	

Año 1995											
	Hora	Lat	Lon	Total	T0	T10	S0	S10	T50	S50	Huevos
Min:	0,083	18,383	70,095	0,000	12,800	13,450	34,098	NA	NA	NA	0:370
1st Qu.:	5,167	19,833	70,476	0,000	14,800	14,770	34,570	NA	NA	NA	1:208
Mean:	11,585	21,606	70,722	13,071	15,638	15,314	34,699	NA	NA	NA	
Median:	12,333	21,667	70,687	0,000	15,600	15,180	34,724	NA	NA	NA	
3rd Qu.:	16,583	23,333	70,945	2,750	16,400	15,997	34,808	NA	NA	NA	
Max:	23,967	25,000	71,670	1539	19,400	17,281	35,133	NA	NA	NA	
Total N:	578	578	578	578	578	578	578	578	578	578	578
NA's :	369	0	0	0	1	369	1	578	578	578	
Std Dev.:	6,847	1,960	0,325	77,684	1,060	0,848	0,149	NA	NA	NA	
Sum:				7555							
Skewness:	-0,052	0,020	0,443	14,906	0,145	0,115	-0,281	NA	NA	NA	
Kurtosis:	-1,085	-1,191	-0,366	270,032	-0,445	-0,641	-0,508	NA	NA	NA	

Año 1996											
	Hora	Lat	Lon	Total	T0	T10	S0	S10	T50	S50	Huevos
Min:	0,150	18,500	70,095	0,000	13,200	13,306	34,291	NA	11,951	34,203	0:576
1st Qu.:	6,917	20,667	70,443	0,000	15,000	14,727	34,629	NA	13,103	34,638	1:176
Mean:	12,707	22,224	70,685	8,934	15,336	15,281	34,705	NA	13,605	34,725	
Median:	13,383	22,167	70,648	0,000	15,300	15,377	34,708	NA	13,342	34,768	
3rd Qu.:	18,208	23,834	70,872	0,000	15,700	15,735	34,786	NA	13,620	34,829	
Max:	23,633	26,001	71,750	611	17,000	16,813	34,920	NA	15,912	35,098	
Total N:	752	752	752	752	752	752	752	752	752	752	752
NA's :	577	0	0	0	1	7	2	752	1	1	
Std Dev.:	6,978	2,058	0,325	41,792	0,535	0,681	0,107	NA	0,873	0,141	
Sum:				6718							
Skewness:	-0,217	0,062	0,670	8,212	0,094	-0,194	-0,270	NA	1,421	-0,924	
Kurtosis:	-1,128	-0,979	0,093	86,370	0,066	-0,483	-0,386	NA	0,915	0,623	

Año 1997											
	Hora	Lat	Lon	Total	T0	T10	S0	S10	T50	S50	Huevos
Min:	0,067	18,383	70,082	0,000	16,040	15,800	34,535	34,518	NA	NA	0:591
1st Qu.:	5,917	20,108	70,527	0,000	17,110	17,040	34,854	34,855	NA	NA	1:209
Mean:	11,854	22,154	70,848	10,068	18,377	18,260	35,019	35,016	NA	NA	
Median:	11,800	22,150	70,818	0,000	18,210	18,050	35,011	34,994	NA	NA	
3rd Qu.:	17,700	24,250	71,152	1,000	19,660	19,570	35,214	35,215	NA	NA	
Max:	23,950	26,050	71,915	947	20,980	20,570	35,319	35,318	NA	NA	
Total N:	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
NA's :	1	0	0	0	9	9	9	9	800	800	
Std Dev.:	6,869	2,295	0,408	52,090	1,365	1,356	0,196	0,196	NA	NA	
Sum:				8054							
Skewness:	0,023	0,026	0,260	11,051	0,178	0,218	-0,144	-0,077	NA	NA	
Kurtosis:	-1,201	-1,198	-0,738	157,757	-1,427	-1,418	-1,175	-1,188	NA	NA	

Continuación Tabla 12

Año 1999											
	Hora	Lat	Lon	Total	T0	T10	S0	S10	T50	S50	Huevos
Min:	0,033	18,420	70,050	0,000	13,120	13,110	34,423	34,434	NA	NA	0:466
1st Qu.:	5,500	20,420	70,530	0,000	15,253	15,170	34,627	34,628	NA	NA	1:132
Mean:	11,904	22,244	70,840	12,679	15,988	15,839	34,778	34,783	NA	NA	
Median:	12,217	22,220	70,805	0,000	15,720	15,605	34,751	34,743	NA	NA	
3rd Qu.:	17,833	24,220	71,148	0,000	16,970	16,790	34,922	34,932	NA	NA	
Max:	23,833	26,050	71,820	1649	17,840	17,740	35,175	35,175	NA	NA	
Total N:	598	598	598	598	598	598	598	598	598	598	598
NA's :	1	0	0	0	0	0	19	29	598	598	
Std Dev.:	7,065	2,244	0,400	86,047	1,026	1,046	0,177	0,182	NA	NA	
Sum:				7582							
Skewness:	-0,014	-0,010	0,269	14,429	0,011	0,105	0,373	0,424	NA	NA	
Kurtosis:	-1,220	-1,169	-0,769	247,588	-0,872	-0,762	-0,910	-0,966	NA	NA	

Año 2000											
	Hora	Lat	Lon	Total	T0	T10	S0	S10	T50	S50	Huevos
Min:	0,050	18,417	70,092	0,000	13,970	13,410	34,450	34,440	NA	NA	0:290
1st Qu.:	5,646	20,688	70,421	0,000	15,490	15,153	34,640	34,640	NA	NA	1:212
Mean:	11,839	22,062	70,665	20,863	15,920	15,723	34,775	34,770	NA	NA	
Median:	11,842	21,958	70,631	0,000	15,940	15,800	34,810	34,800	NA	NA	
3rd Qu.:	17,854	23,563	70,866	8,000	16,445	16,368	34,860	34,860	NA	NA	
Max:	23,983	26,000	71,550	518	17,300	17,070	35,000	35,000	NA	NA	
Total N:	502	502	502	502	502	502	502	502	502	502	502
NA's :	0	0	0	0	0	0	3	2	502	502	
Std Dev.:	7,003	2,007	0,314	60,984	0,680	0,783	0,134	0,134	NA	NA	
Sum:				10473							
Skewness:	0,045	0,101	0,468	4,610	-0,361	-0,430	-0,354	-0,364	NA	NA	
Kurtosis:	-1,199	-0,782	-0,372	24,983	-0,443	-0,524	-0,864	-0,850	NA	NA	

Año 2001											
	Hora	Lat	Lon	Total	T0	T10	S0	S10	T50	S50	Huevos
Min:	0,083	18,550	70,105	0,000	13,722	13,126	34,407	34,388	NA	NA	0:454
1st Qu.:	6,400	20,050	70,543	0,000	15,158	14,944	34,636	34,625	NA	NA	1:60
Mean:	12,195	22,150	70,829	14,523	15,699	15,556	34,738	34,726	NA	NA	
Median:	12,267	21,717	70,802	0,000	15,763	15,611	34,727	34,709	NA	NA	
3rd Qu.:	18,117	24,383	71,090	0,000	16,353	16,274	34,840	34,815	NA	NA	
Max:	23,950	26,050	71,800	1977	17,100	16,900	35,081	35,078	NA	NA	
Total N:	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
NA's :	1	0	0	1	3	1	3	514	514	514	
Std Dev.:	6,845	2,324	0,374	123,026	0,792	0,835	0,157	0,158	NA	NA	
Sum:				7465							
Skewness:	-0,062	0,141	0,280	12,899	-0,389	-0,388	0,213	0,299	NA	NA	
Kurtosis:	-1,155	-1,324	-0,543	184,810	-0,713	-0,659	-0,591	-0,527	NA	NA	

Notación

Hora:	Hora de toma de la muestra con la red CALVET	Min:	Valor mínimo
Lat:	Posición latitudinal de la estación en unidades decimales	1st Qu.:	Primer cuartil
Lon:	Posición longitudinal de la estación en unidades decimales	Mean:	Promedio
Total:	Número de huevos de anchoveta en la muestra	Median:	Mediana
T0:	Temperatura superficial del mar en °C	3rd Qu.:	Tercer cuartil
T10:	Temperatura a 10 metros de profundidad en °C	Max:	Valor máximo
S0:	Salinidad superficial del mar en psu	Total N:	Total de observaciones (estaciones)
S10:	Salinidad a 10 metros de profundidad en psu	NA's :	Observaciones no disponibles
T50:	Temperatura a 50 metros de profundidad en °C	Std Dev.:	Desviación Estandar
S50:	Salinidad a 50 metros de profundidad en psu	Sum:	Suma
Huevos:	Presencia/Ausencia de huevos (1:0)	Skewness:	Asimetría
		Kurtosis:	Kurtosis

Tabla 13. Resultados del ajuste del GLM para el modelamiento de la probabilidad de encuentro de huevos de anchoveta. Modelo con variables de posición. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.

Parámetro	Valor	Error Std.	Valor t
(Intercepto)	-1,057	0,038	-27,484
Año 1	-0,045	0,063	-0,711
Año 2	-0,197	0,036	-5,447
Año 3	-0,032	0,024	-1,300
Año 4	-0,067	0,022	-3,052
Año 5	0,093	0,017	5,503
Año 6	-0,162	0,020	-8,143
poly(Lat, 4)1	-19,309	2,868	-6,733
poly(Lat, 4)2	-21,733	2,851	-7,622
poly(Lat, 4)3	-8,450	2,734	-3,091
poly(Lat, 4)4	4,762	2,561	1,860
poly(Lon, 4)1	-10,313	2,921	-3,530
poly(Lon, 4)2	-9,829	2,618	-3,755
poly(Lon, 4)3	-1,754	2,506	-0,700
poly(Lon, 4)4	6,713	2,417	2,778

Devianza nula: 5099,553 con 4285 g.l.

Devianza residual: 4736,176 con 4271 g.l.

Análisis de deviance del modelo.
(Términos agregados secuencialmente)

	G.l.	Devianza	G.l. Resid.	Devianza Res.	Pr(Chi)
Modelo nulo			4285	5099,553	
Año	6	195,997	4279	4903,556	0
poly(Lat, 4)	4	136,453	4275	4767,104	0
poly(Lon, 4)	4	30,928	4271	4736,176	0

Tabla 14. Resultados del ajuste del GLM para el modelamiento de la probabilidad de encuentro de huevos de anchoveta. Modelo con variables oceanográficas. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.

Parámetro	Valor	Error Std.	Valor t
(Intercepto)	-1,034	0,052	-20,078
Año 1	0,022	0,132	0,166
Año 2	-0,207	0,053	-3,933
Año 3	-0,087	0,046	-1,895
Año 4	-0,106	0,025	-4,205
Año 5	0,087	0,019	4,639
Año 6	-0,172	0,021	-8,236
poly(T0, 4)1	3,413	8,882	0,384
poly(T0, 4)2	-2,972	5,509	-0,539
poly(T0, 4)3	3,040	4,109	0,740
poly(T0, 4)4	-8,382	3,126	-2,682
poly(S0, 4)1	1,279	7,237	0,177
poly(S0, 4)2	-19,802	5,430	-3,647
poly(S0, 4)3	-14,100	3,690	-3,821
poly(S0, 4)4	-5,484	2,918	-1,879

Devianza nula: 4408,762 con 3783 g.l.

Devianza residual: 4134,191 con 3769 g.l.

Análisis de deviance del modelo.

(Términos agregados secuencialmente)

	G.l.	Devianza	G.l. Resid.	Devianza Res.	Pr(Chi)
Modelo nulo			3783	4408,762	
Año	6	170,705	3777	4238,057	0
poly(T0, 4)	4	75,500	3773	4162,557	0
poly(S0, 4)	4	28,366	3769	4134,191	0

Tabla 15. Resultados del ajuste del GLM para el modelamiento de la densidad de huevos de anchoveta (huevos/0,05 m²). Modelo con variables de posición. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001,

Parámetro	Valor	Error Std.	Valor t
(Intercepto)	2,222	0,062	35,740
Año 1	-0,287	0,090	-3,186
Año 2	-0,086	0,053	-1,611
Año 3	0,012	0,036	0,334
Año 4	-0,018	0,033	-0,552
Año 5	0,062	0,022	2,827
Año 6	-0,041	0,033	-1,234
poly(Lat, 4)1	-2,700	5,052	-0,534
poly(Lat, 4)2	-3,871	4,797	-0,807
poly(Lat, 4)3	0,980	4,419	0,222
poly(Lat, 4)4	14,109	3,816	3,697

Devianza nula: 3696,845 con 1202 g.l.

Devianza residual: 3559,32 con 1192 g.l.

Análisis de deviance del modelo.
(Términos agregados secuencialmente)

	G.l.	Devianza	G.l. Resid.	Devianza Res.	F Value	Pr(F)
Modelo nulo			1202,000	3696,845		
Año	6	79,923	1196,000	3616,922	4,461	0,000
poly(Lat, 4)	4	57,602	1192,000	3559,320	4,823	0,001

Tabla 16. Resultados del ajuste del GLM para el modelamiento de la densidad de huevos de anchoveta (huevos/0,05 m²) . Modelo con variables oceanográficas. Cruceros proyectos MPH anchoveta, 1992 - 2001.

Parámetro	Valor	Error Std.	Valor t
(Intercepto)	2,242	0,058	38,785
Año 1	-0,368	0,096	-3,841
Año 2	-0,120	0,055	-2,190
Año 3	0,128	0,052	2,439
Año 4	-0,015	0,034	-0,434
Año 5	0,029	0,023	1,244
Año 6	-0,072	0,034	-2,108
poly(T0, 4)1	-10,946	5,928	-1,847
poly(T0, 4)2	-5,679	4,773	-1,190
poly(T0, 4)3	13,657	4,372	3,124
poly(T0, 4)4	0,691	4,465	0,155

Devianza nula: 3695,047 con 1200 g.l.

Devianza residual: 3571,041 con 1192 g.l.

Análisis de deviance del modelo.

(Términos agregados secuencialmente)

	G.l.	Devianza	G.l. Resid.	Devianza Res.	F Value	Pr(F)
Modelo nulo			1200,000	3695,047		
Año	6	79,278	1194,000	3615,769	4,403	0,000
poly(T0, 4)	4	44,728	1190,000	3571,041	3,726	0,005

Tabla 17. Principales resultados del ajuste del modelo exponencial de sobrevivencia para los huevos de anchoveta, 1992 a 2001.

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
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 18. Resumen de resultados de la estimación de la biomasa desovante de anchoveta, bajo los criterios estructural y funcional, 1992-2001.

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

A N E X O S

A N E X O I

**Crterios para la aplicaci3n del MPH
en la estimaci3n de la biomasa
desovante de anchoveta en la
zona norte de Chile**



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

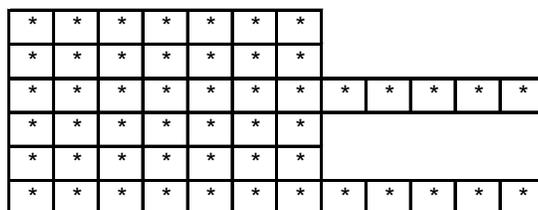
1. Diseño de muestreo de plancton y cobertura espacial

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.

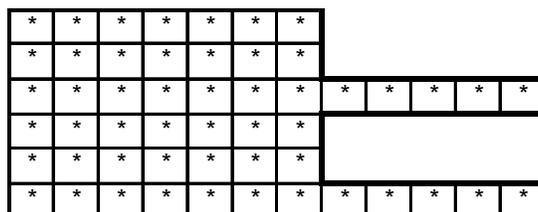
La distancia entre estaciones que se recomienda debe ser de 3 a 5 mn. El número de estaciones de muestreo dependerá básicamente del nivel de precisión deseado, de la varianza de la variable de interés y del error que se está dispuesto a asumir. Para tal decisión, se puede utilizar como variable indicadora 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 (app), se logran niveles aceptables de precisión en los estimados de biomasa.

2. Delimitación del área de estudio

El área de estudio o área de crucero (que para este efecto son sinónimos), debe ser delimitada a través de los contornos de las estaciones muestreadas, sin realizar interpolaciones inter-transectas, lo que se puede traducir en la suma aritmética de las áreas que representa cada estación de muestreo. Por ejemplo, si el diseño de muestreo establece transectas cada 10 mn, con estaciones cada 5 mn dentro de la transecta, se deberá realizar la sumatoria del área de cobertura de las estaciones muestreadas, en este caso de 50 mn². Por ejemplo, si la 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 biomazas 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.
- Interpolar entre las estaciones positivas terminales (costa y océano) de las transectas de 60 mn consecutivas. En la subarea (Loa – Mejillones) donde todas las transectas alcanzan hasta 30 mn de la costa debe interpolarse una distancia 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.

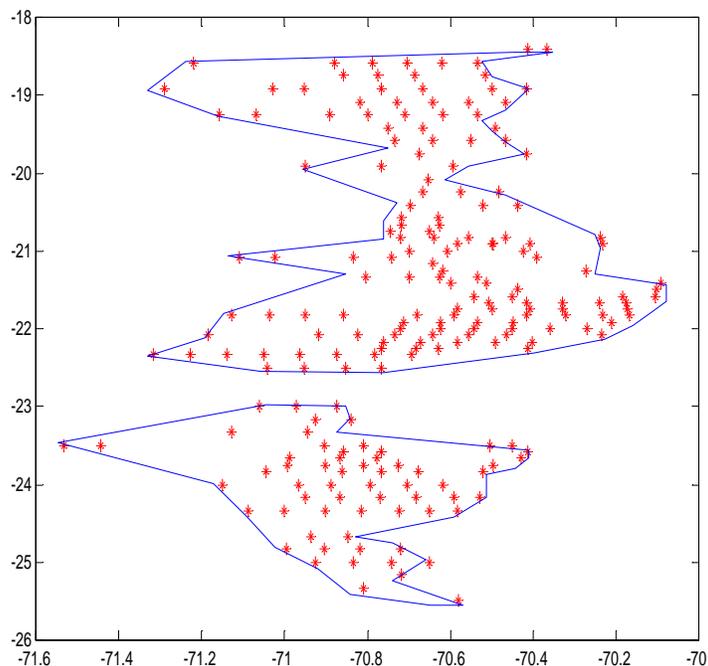


Figura 1. Polígono delimitando el área de desove de anchoveta en la zona norte de Chile, 2000.

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 cruceo 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:

$$P_{ijk} = P_t e^{(-Z_t t_{ijk})} + e_{ik}$$



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
- \hat{a}_{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° 2001-10
“Evaluación del stock desovante de
anchoveta I y II Regiones,
año 2001**



**VARIABLES Y PARÁMETROS UTILIZADOS POR OBJETIVO ESPECÍFICO. PROYECTO FIP N° 2001-10
“EVALUACIÓN DEL STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA I Y II REGIONES, AÑO 2001”**

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
$\bar{\bar{F}}$:	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
$\bar{\bar{E}}$:	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.
$Var(\beta)$:	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 $0,05 \text{ m}^2$ 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.
$\text{Cov}(x,y)$:	Covarianza entre x e y



6. Objetivo específico 6: Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores

Notación Glosario

h	:	Predictor lineal del modelo lineal generalizado
m	:	Media de la variable respuesta del modelo lineal generalizado
X_p	:	Predictor p o variable independiente p
$g()$:	Función de enlace del modelo lineal generalizado

7. Objetivo específico 7: Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos en este proyecto y anteriores con los obtenidos a través de métodos indirectos de evaluación de stock

Notación Glosario

N_o	:	Abundancia en número al 1 ^o de enero edad- específica.
\bar{N}_i	:	Número medio edad específica.
X	:	Fecha de inicio del crucero.
Y	:	Fecha de término del crucero.
Z	:	Tasa de mortalidad total edad-específica.
\bar{W}_i	:	Peso promedio edad específica corregida.
\bar{B}_i	:	Biomasa media del stock desovante edad-específica.

A N E X O I I I

**Base de datos del proyecto
FIP N° 2001-10**



Base de datos del Proyecto FIP N° 2001-10

La base de datos generada contempla 3 archivos en formato dBase IV, de los cuales se describe su contenido a continuación:

Nombre archivo: fecundidad.dbf

Nombre Campo	Descripción
Numero	Número de ejemplar
LT	Longitud total
PT	Peso total
PE	Peso eviscerado
PG	Peso gonada
EMM	Estado de Madurez
FPO	Foliculos post ovulatorios
PTHCOR	Peso total corregido
PCHSIN COR	Peso corporal sin corregir
FEC EST	Fecund
LANCE	Número del lance

Nombre archivo: adultos.dbf

Nombre Campo	Descripción
NO	Número del ejemplar
PT	Peso total
SEXO	Sexo
PT_CORR	Peso total corregido
LANCE	Número del lance



Nombre archivo: huevos.dbf

Nombre Campo	Descripción
estación	Número de la estación
Transecta	Número de la transecta
mn	Distancia teórica a la costa de la estación
ano	Año de la estación
mes	Mes de la estación
día	Día de la estación
hh dec	Hora en unidades decimales
lat decimal	Latitud en unidades decimales de grados
long decimal	Longitud en unidades decimales de grados
temp 0 m	Temperatura superficial del mar en °C
temp 10m	Temperatura del mar en °C a 10 metros de profundidad
Sali 0m	Salinidad superficial del mar en psu
Sali 10m	Salinidad del mar en psu a 10 metros de profundidad
I	Numero de huevos estado I
II	Numero de huevos estado II
III	Numero de huevos estado III
IV	Numero de huevos estado IV
V	Numero de huevos estado V
VI	Numero de huevos estado VI
VII	Numero de huevos estado VII
VIII	Numero de huevos estado VIII
IX	Numero de huevos estado IX
X	Numero de huevos estado X
XI	Numero de huevos estado XI
DES	Número de huevos deteriorados
TOTAL	Total de huevos

A N E X O I V

**Personal participante por actividad y
objetivo**



PLAN DETALLADO DE ASIGNACIONES DE PERSONAL PROFESIONAL Y TECNICO

A. 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
Mauricio Braun			20	10	30
Hernán Miles	120	20			140
Omar Rojas		40	60	10	110
Hernán Reyes		30	30	20	80
Jorge Oliva			20	10	30
Victor Nakagawa	120	20			140
Victor Baros	120				120
Marcial Carrasco	120				120
Gastón Rosson	120				120
Carlos Montenegro			20	20	40
Adolfo Vargas	120				120
Guillermo Pizarro	120				120
TOTAL	840	110	150	70	1170

Objetivo específico 3.2

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva	20	10	30	10	70
Eduardo Díaz	60	160	40	20	280
Victor Baros	30				30
Adolfo Vargas	60	120		10	190
Marcial Carrasco	160	220			380
TOTAL	330	510	70	40	950



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Objetivo específico 3.3

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva	20	10	30	10	70
Eduardo Díaz		100			100
Victor Baros	20	30	20	10	80
Adolfo Vargas	80	220		30	330
Yasna Muñoz	160	180			340
TOTAL	280	540	50	50	920

Objetivo específico 3.4

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva	10		20	10	40
Victor Baros	80	40	40	10	170
Eduardo Díaz		40	20		60
Adolfo Vargas	20	80	60	20	180
Yasna Muñoz	160	160			320
TOTAL	270	320	140	40	770

Objetivo específico 3.5

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Jorge Oliva			20	20	40
Mauricio Braun			10	10	20
Carlos Montenegro		30	20	10	60
Rodolfo Serra			10	10	20
Omar Rojas			40	10	50
Carlos Martínez			20	10	30
TOTAL		30	120	70	220

Objetivo específico 3.6

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Mauricio Braun			20	10	30
Víctor Catasti		50	40	10	100
Carlos Montenegro			20	10	30
Jorge Oliva			10	10	20
TOTAL		50	70	40	180



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Objetivo específico 3.3

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Gabriel Claramunt			60	90	150
Yasna Muñoz		240			240
TOTAL		240	60	90	390

Objetivo específico 3.4

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Pedro Pizarro			190	40	230
TOTAL			190	40	230

Objetivo específico 3.5

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Gabriel Claramunt			100	130	230
Gustavo Herrera			40	70	110
Pedro Pizarro			60	40	100
Ruben Escribano			40	90	130
Marcelo Oliva			40	90	130
TOTAL			280	420	700

Objetivo específico 3.6

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
TOTAL					0

Objetivo específico 3.7

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
TOTAL					0

A N E X O V

**Desarrollo estadístico para el
tamaño mínimo de muestra**



Desarrollo estadístico para el tamaño mínimo de muestra

Un estimador de la biomasa media poblacional y su varianza en un diseño de muestreo de conglomerados bietápico (Cochran, 1980; Thompson, 1992; Frontier, 1983; Raj, 1968; Sukhatme, 1962; Picquelle, 1985) están dados respectivamente por:

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

donde:

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

el subíndice “ij” se refiere al ejemplar “j” del lance “i”

y un estimador de su varianza es:

$$\hat{V}[\bar{y}] = [1 - f_1] \frac{S_1^2}{n} + f_1 [1 - f_2] \frac{S_2^2}{nm}$$

donde la varianza entre lances está dada por:

$$S_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum [\bar{y}_i - \bar{y}]^2$$

y la varianza dentro de los lances se expresa como:

$$S_2^2 = \frac{1}{n(m-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

y las fracciones de muestreo f_1 y f_2 están dadas, respectivamente por:



$$f_1 = \frac{n}{N} \text{ y } f_2 = \frac{m}{M}$$

- n = número de lances a muestrear
N = número de lances efectuados
m = número de ejemplares de peces a examinar por lance
 \bar{M} = número medio de ejemplares por lance

Entre un diseño de muestreo bietápico de conglomerados (C) y un diseño de muestreo aleatorio simple (AS), las varianzas están entre sí relacionadas como sigue:

$$s_{y_c}^2 = s_{y_{AS}}^2 [1 + r(m-1)]$$

donde:

$$s_{y_{AS}}^2 = \frac{\sum \sum [y_{ij} - \bar{y}]^2}{nm[nm-1]}$$

La fracción de muestreo se distribuye aproximadamente como una distribución binomial y que se representa de acuerdo a:

$$r = \frac{\bar{y}(1-\bar{y})}{nm}$$

Asumiendo una función de costo que relaciona los "lances" y "peces" dada por:

$$C = n c_1 + nm c_2$$

la cual se desea minimizar sujeta a la restricción:

$$m = \frac{(1-\bar{y})(1-r)}{n\bar{y}cv^2 - (1-\bar{y})(1-r)}$$



se deduce que la combinación óptima de "n" y "m" está dada por:

$$n = \frac{c_1(1-\bar{y})r + (1-\bar{y})\sqrt{c_1c_2r(1-r)}}{c_1\bar{y}cv^2}$$

$$m = \left[\frac{(1-r)C_1}{rC_2} \right]^{1/2}$$



**Sección Documentación,
Difusión y Biblioteca**

**IFOP
Valparaíso**