



**INFORME FINAL
CORREGIDO**

**FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP Nº 99-10**

**Evaluación del stock
desovante de anchoveta
en la I y II Regiones,
1999**



Septiembre

2 0 0 0

REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP
Presidente del Consejo: DANIEL ALBARRAN RUIZ-CLAVIJO

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP
Director Ejecutivo (S): SERGIO AVILES GOYCOOLEA



JEFE DE PROYECTO

JORGE OLIVA L.

AUTORES

JORGE OLIVA L.
MAURICIO BRAUN A.
JOSÉ CÓRDOVA M.
JORGE CASTILLO P.
VÍCTOR CATASTI B.
VIVIAN VALENZUELA C.
OMAR ROJAS J.
JOSÉ BLANCO G.
CARLOS MARTÍNEZ F.

PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

INVESTIGADORES

JORGE OLIVA L.
MAURICIO BRAUN A.
JOSE CÓRDOVA M.
JORGE CASTILLO P.
VIVIAN VALENZUELA C.
VÍCTOR CATASTI B.
OMAR ROJAS J.
JOSE BLANCO G.
CARLOS MARTÍNEZ F.
PATRICIO BARRÍA M.
HERNÁN MIRANDA P.
CARLOS MONTENEGRO S.
VÍCTOR BAROS P.
MARCOS ESPEJO V.
EDUARDO DÍAZ R.
NANCY LO
JORGE OSSES R.
SERGIO LILLO V.
RODOLFO SERRA B.

TÉCNICOS DE LABORATORIO

YASNA MUÑOZ G.
CARLOS GASPAR S.
ADOLFO VARGAS R.
HERMAN LÓPEZ CH.
ALBERTO CAMPOS V.
HERNÁN MILES U.
VERÓNICA ORTIZ R.
ALEJANDRA GÓMEZ A.

TÉCNICOS DE MUESTREO

MANUEL BARRAZA S.
LUIS GARCÍA M.
JUAN BELLET U.
JUAN ALMAZABAL G.
JUAN RÍOS B.



RESUMEN EJECUTIVO

En el presente Informe Final, se entregan antecedentes de los cruceros (módulo huevos, adultos y acústico), metodología, resultados, discusión y conclusiones del proyecto FIP 99-10 "Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, 1999".

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, los muestreos se efectuaron durante el período de la máxima actividad de desove, cuyo inicio se definió a través de un seguimiento diario de la condición fisiológica de los ovarios, estudio que indicó que el pleno desove, corroborado por la presencia de vitelogénesis, ovocitos hidratados y folículos postovulatorios, se manifestó principalmente en el período agosto-octubre.

El área explorada se extendió desde Arica (18° 23' L.S.) hasta Punta Carrizalillo (26°03' L.S.).

Cruceros de huevos, adultos y acústico

Es importante mencionar, que en la presente aplicación del "Método de Producción de Huevos" y "Evaluación Acústica", se intensificó el muestreo, tanto de huevos como de adultos y acústico, estrategia que significó un esfuerzo adicional y especial, cumpliendo de esa manera cabalmente con los objetivos propuestos. La decisión de operar con cinco embarcaciones, de las cuales dos correspondieron a naves de investigación y tres a cerqueros comerciales, permitió afrontar los cambios que se han generado en el ecosistema, caracterizado por un complejo comportamiento de la anchoveta, producto de las variaciones ocurridas en el medio marino, por la presencia del fenómeno "El Niño" y "La Niña".



En relación, al muestreo de huevos, es importante mencionar, que en la presente aplicación del "Método de Producción de Huevos", además de la red vertical CalVET (versión PAIROVET), se incorporó experimentalmente por primera vez en Chile el uso de un muestreador continuo de huevos "Bomba CUFES", importado de USA, el cual colectó huevos en forma simultánea a la red, obteniéndose dos muestreos independientes entre sí y que permitirá en definitiva mejorar las estimaciones.

La colección de huevos se efectuó en forma simultánea, empleándose para tales efectos dos naves, el B/C "Carlos Porter" y el PAM "Manuel Rojas", los cuales operaron entre el 17 de agosto y el 4 de septiembre de 1999, realizando 53 transectas con 598 estaciones, hasta las 60 mn de la costa. Como sobre oferta técnica, se utilizó experimentalmente la bomba de huevos de registro continuo en la aplicación del MPH, entre los 20° 48' LS y 21° 48' LS, realizándose un total de 13 transectas hasta las 30 mn de extensión longitudinal separadas cada 5 mn, obteniéndose 91 muestras con la CalVET, conjuntamente con 271 muestras obtenidas con la CUFES, cada 2,5 mn.

La colección de la anchoveta adulta se realizó entre el 16 de agosto y el 25 de septiembre de 1999, con la participación de dos embarcaciones cerqueras (PAM "Alerce" y "Roble"), el B/I "Abate Molina" (red pelágica de arrastre de mediagua) y con naves cerqueras comerciales. Se efectuaron 90 lances en total de los cuales 51 fueron efectivos (con captura de anchoveta).

El crucero acústico se efectuó en el B/I "Abate Molina" durante el período comprendido entre el 4 y el 18 de septiembre de 1999. Durante la evaluación se efectuaron 24 transectas y 12 lances de pesca, con fines de identificación y colección de adultos.



Módulo huevos

El "track" de muestreo empleado para la prospección de huevos de anchoveta estuvo configurado por 598 estaciones dispuestas en 53 transectas perpendiculares a la costa cubriendo un área total de 25.450 mn². Se registraron 133 estaciones positivas (22 %), con un total de 7.589 huevos/0,05 m², señalando una situación típica de actividad reproductiva, alcanzando en promedio a 57 huevos por estación positiva, lo que significó un 46 y 50% mayor que lo obtenido en igual período de 1997 y 1996, respectivamente. En relación, al número de huevos, 1999 presentó, con respecto a 1997 y 1992 tasas de cambio negativas iguales a 6 y 45%, respectivamente; y cambios positivos con respecto a los inviernos de 1996 y 1995, con valores iguales a 13 y 6%.

La distribución espacial de los huevos, señaló que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Caleta Chimba (23° 33' L.S.) y Arica (18° 23' L.S.) y longitudinalmente se extendió hasta las 60 mn, concentrándose preferentemente en la franja de 40 mn asociada a la costa, zona donde se registró más del 91% de los huevos censados durante el crucero, registrándose la mayor frecuencia de estaciones positivas en la primera milla y entre las 10 y 35 mn. Entre las latitudes 24°S. y 26°S. no se registraron huevos de anchoveta.

Las características de la distribución y abundancia de huevos de la anchoveta configura tres zonas de mayor densidad de huevos, localizados en Caleta Chimba (23° 55' L.S.), entre Caleta Michilla (22° 43' L.S.) y Caleta Chipana (21° 20' L.S.) y entre Punta Blanca (21° 15' L.S.) y Caleta Patillos (20° 45' L.S.). Los huevos estuvieron asociados a aguas surgentes y masas de agua fría de temperaturas que oscilaron entre 13 y 14°C.



El análisis de los huevos de sardina indicaron la presencia de 11 estaciones positivas con huevos, con una dominancia numérica de 1,4, respecto al total de huevos, situación que caracteriza una actividad reproductiva muy disminuida.

En términos generales, las condiciones oceanográficas observadas en la zona norte de Chile, durante el crucero de agosto-septiembre, se presentaron cercanas a la normalidad, registrándose anomalías negativas no significativas. La tendencia de las diferentes variables en la zona, desde agosto de 1998, ha sido hacia condiciones frías, sin que se hayan detectado anomalías negativas significativas.

La producción diaria total de huevos (P) estimada a partir de los valores de P_0 , tuvo un valor promedio de $40,99 * 10^{12}$, con una varianza de $1,008 * 10^{27}$ y un coeficiente de variación de 0,7747. La tasa diaria de mortalidad promedio de los huevos fue de 0,80.

En 1999, la producción diaria de huevos en el área aumentó en un 132 y 82%, respecto a lo reportado en 1996 y 1997, presentando similitud a la estimación efectuada en 1995 y un 32% menor a 1992.

Módulo adultos

El plan de muestreo de adultos, de acuerdo a la Propuesta Técnica, indicaba la realización de 45 lances, lo cual se cumplió y se aumentó a 51 lances positivos, los que se concentraron preferentemente frente a Antofagasta, Mejillones, entre Tocopilla y Chipana y en Arica, dentro de las primeras 20 mn.

A bordo se midieron 16.433 anchovetas, cuya amplitud de tamaño fluctuó entre los 4 y 18 cm de longitud total, con una moda principal centrada en los 14,5 cm (15 %).



En 1999, la anchoveta capturada en la I y II Región, presentó un prolongado e intenso proceso reproductivo, con un reposo sexual disminuido y prácticamente sin detectar atresia ovárica.

El análisis microscópico indicó que en junio de 1999, ya existía una importante actividad reproductiva, con presencia de vitelogénicos, hidratados y folículos postovulatorios, sin atresia ovárica, evidenciándose el pleno proceso de desove entre la segunda quincena de julio y la primera quincena de octubre de 1999.

La frecuencia de desove, calculada con las edades combinadas, fue de 0,1699, con una varianza de 0,00004206 y un coeficiente de variación de 0,03889. Esto indicó que durante el tiempo de la exploración 17% de las hembras maduras desovaron cada día o que cada hembra madura desovó, en promedio, cada 5,9 días.

La fecundidad parcial promedio en las 51 colecciones varió de 7.471 a 14.641 ovocitos por hembra. Se utilizó el modelo de tipo lineal para los cálculos de fecundidad media poblacional.

La fecundidad relativa promedio fue de 502 ovocitos por gramo de hembra.

La fecundidad parcial promedio poblacional, estimada para todos los lances (fecundidad modal), fue de 10.600 ovocitos, con una varianza de 85.163.

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados, presentó una amplitud entre 0,17 y 0,78, con un promedio de 0,46, cuya varianza fue de 0,00057.

El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas de 51 lances, fluctuó de 17,1 a 30,5 gramos. El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 22,7 gramos, con una varianza de 0,1039.



El análisis de los parámetros de adultos, indicó que a un igual peso promedio de hembra madura, la fecundidad registrada en 1999, fue menor a la reportada en las anteriores aplicaciones del MPH en el país. En cambio, la frecuencia de desove aumentó, respecto a lo registrado en 1997, acercándose a los valores calculados en 1992, 1995 y 1996. En 1999, no se evidenció una recuperación del peso de hembra madura y tampoco de la fecundidad, manteniéndose los niveles similares a lo reportado en 1997.

La proporción sexual presentó valores similares a los calculados en 1992, 1995 y 1996, con una mayor representación de machos, comportamiento que se enmarca dentro de lo esperado, a diferencia de lo ocurrido en 1997, en que la mayor proporción sexual correspondió a las hembras.

La biomasa del stock desovante de la anchoveta, estimada a través de la aplicación del "Método de Producción de Huevos", en la I y II Región, fue de 1.118.674 toneladas, incrementándose en un 100 y 92%, respecto a 1996 y 1997, acercándose a los valores calculados en 1992 y 1995

El crucero acústico se efectuó en el B/I "Abate Molina" durante el período comprendido entre el 4 y el 18 de septiembre de 1999. Durante la evaluación se efectuaron 24 transectas y 12 lances de pesca, con fines de identificación y colección de adultos.

La anchoveta presentó una distribución focalizada a las primeras millas de la costa entre Antofagasta y Arica, preferentemente en las primeras 5 millas frente a Antofagasta; a la cuadra de Pta. Arenas (21° 40' L.S.); sur de Pisagua; y desde la costa hasta las 27 mn al norte de Arica.



La mayor cobertura geográfica, durante el crucero acústico, la constituyó el jurel, el cual se detectó sistemáticamente en prácticamente en la mayor parte de la zona de estudio. La sardina española sólo se registró dos agregaciones; a 28 mn frente a Pta. Amarilla (24° 40'LS) y a 11 mn a la cuadra de Pta. Pichalo (19° 40'LS).

De la captura total registrada para el crucero acústico (2.676 k.), el mayor aporte lo constituyeron los recursos langostino colorado (62,1%), bacaladillo (14,5%) y anchoveta (11,2%). En tanto, las especies restantes (salpa, calamar, falso volador, eufausidos, pez linterna, sardina española y jurel), alcanzaron sólo el 12,2%.

La presencia de langostino colorado en la zona de estudio, detectado a partir de la ocurrencia del evento "El Niño" 1997-98, es ratificado con el alto aporte de esta especie a la captura total. Dada esta evidencia, es recomendable efectuar estudios tendientes a conocer y explicar los importantes cambios que se vienen observado en el ecosistema de la zona norte de Chile y determinar la trascendencia de estos en los recursos y pesquerías de la región.

La distribución batimétrica de la anchoveta fue principalmente entre los 10 y 20 metros de profundidad. La sardina entre los 10 y 30 m y el jurel en la capa de 10 a 30 m y de 50 a 70 m.

Las zonas de mayor concentración de anchovetas, durante los cruceros, se ubicaron frente a Mejillones-Antofagasta, de Tocopilla a Punta Lobos y entre Pisagua y Arica, lo cual coincide con los registros acústicos. Además, la distribución de los lances efectivos estuvo en concordancia con los registros de huevos.

La biomasa total de anchoveta estimada en la I y II Región, a través de técnicas acústicas, fue de 53 mil toneladas y del jurel 64 mil toneladas. La escasa presencia de sardina no permitió estimar la biomasa.



Queda en evidencia que para la estimación de la biomasa desovante de la anchoveta, el crucero acústico debe realizarse simultáneamente al crucero del “Método de Producción de Huevos”, utilizando en lo posible la misma plataforma de trabajo, lo cual es técnicamente factible, como quedó demostrado en 1997.



INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO -----	i
INDICE GENERAL -----	ix
INDICE DE TABLAS -----	xi
INDICE DE FIGURAS -----	xv
1. INTRODUCCION -----	1
2. ANTECEDENTES -----	5
3. OBJETIVOS -----	9
3.1 Objetivo general-----	9
3.2 Objetivos específicos -----	9
4. METODOLOGIA -----	11
4.1 Area de estudio -----	11
4.2 Crucero-----	12
4.2.1 Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio y término del crucero-----	12
4.2.2 Crucero de huevos -----	16
4.2.3 Crucero de adultos -----	22
4.2.4 Objetivo específico 3.2.1 -----	30
4.2.5 Objetivo específico 3.2.2 -----	35
4.2.6 Objetivo específico 3.2.3 -----	40
4.2.7 Objetivo específico 3.2.4 -----	45
4.2.8 Objetivo específico 3.2.5 -----	47
4.2.9 Objetivo específico 3.2.6 -----	49
4.2.10 Objetivo específico 3.2.7 -----	52



5. RESULTADOS -----	69
5.1 Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio del crucero -----	70
5.2 Objetivo específico 3.2.1 -----	71
5.3 Objetivo específico 3.2.2 -----	76
5.4 Objetivo específico 3.2.3 -----	77
5.5 Objetivo específico 3.2.4 -----	78
5.6 Objetivo específico 3.2.5 -----	79
5.7 Objetivo específico 3.2.6 -----	79
5.8 Condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos -----	83
5.9 Bomba de huevos -----	86
5.10 Objetivo específico 3.2.7 -----	89
6. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS -----	97
7. CONCLUSIONES -----	113
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS -----	117

TABLAS

FIGURAS



INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos (Wallace y Selman; Hunter y Macewicz, 1985).
- Tabla 2. Resumen de información básica utilizada.
- Tabla 3. Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.
- Tabla 4. Posición geográfica de los lances efectuados durante el crucero de adulto, en la I y II Región, agosto-septiembre de 1999.
- Tabla 5. Caracterización histológica de los folículos postovulatorios (FPO) (Hunter y Goldberg (1980), ajustados para *E. ringens*, FIP N° 95-01).
- Tabla 6. Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y Sv (coeficiente de dispersión volumétrica) 38 Khz.
- Tabla 7. Categorías por densidad.
- Tabla 8. Índice gonadosomático de anchoveta, 1998-99.
- Tabla 9. Evolución semanal de la actividad reproductiva microscópica de la anchoveta en la I y II Región, 1999.
- Tabla 10. Densidad promedio y constancia de huevos de anchoveta. Cruceros MPH invierno 1992, 1995, 1996, 1997 y 1999.
- Tabla 11. Abundancia promedio y rangos de huevos de anchoveta en invierno de los años 1992, 1995, 1996, 1997 y 1999.
- Tabla 12. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de peces crucero MPH 1999.



- Tabla 13. Índice larval de abundancia sardina invierno 1983-1999.
- Tabla 14. Número de huevos de sardina y anchoveta colectados con red CalVET y sistema CUFES.
- Tabla 15. Ecuaciones de calibración para huevos de anchoveta y sardina colectados con red CalVET y sistema CUFES.
- Tabla 16. Resultados del análisis de regresión para los modelos ajustados entre la fecundidad parcial con el peso corporal y la longitud total.
- Tabla 17. Captura total (k) estimada por lance y especie. Crucero acústico en el B/ "Abate Molina".
- Tabla 18. Zonas de pesca y captura total estimada de lances de pesca con red de mediagua. Crucero acústico.
- Tabla 19. Estimados acústicos de biomasa, densidad, índice de presencia (IC) e índice densidad (ID) de anchoveta y jurel. Crucero MPH 99-10.
- Tabla 20. Estimado acústico de la abundancia (número) y de la biomasa (t) de anchoveta por talla. Crucero MPH 99-10.
- Tabla 21. Varianza V(B), coeficiente de variación (CV) y error (%) del estimado de anchoveta y jurel. Crucero MPH 99-10.
- Tabla 22. Resumen de promedios por lances: Longitud total (cm), fecundidad parcial (Nº de ovocitos), peso corporal (g). Número de: hembras maduras, hidratadas, FP01, FP02. Peso total de las 30 primeras hembras maduras (g). Número de machos y hembras del muestreo de proporción sexual.
- Tabla 23. Parámetros del "Método de Producción de Huevos", determinado para especies del género *Engraulis*.



- Tabla 24. Parámetros calculados a través de la aplicación del MPH para la anchoveta en la I y II Región, Chile.
- Tabla 25. Zonas de pesca y captura total estimada de lances de pesca con red de captura en (t) de anchoveta y total de especies, en la I y II Región, 1996-1999.





INDICE DE FIGURAS

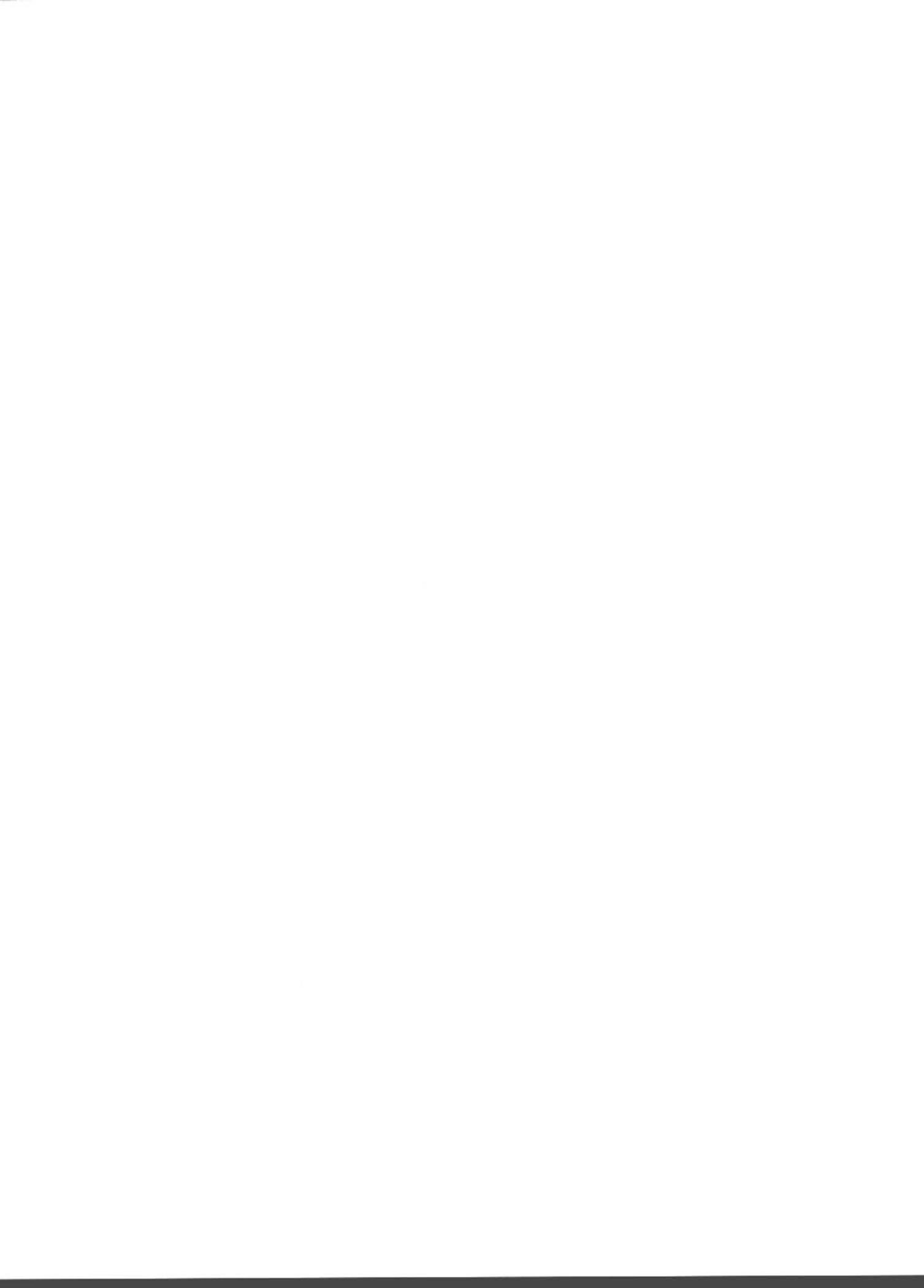
- Figura 1. Ubicación de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero Método de Producción de Huevos. 424(3)99CP. Agosto/septiembre 1999.
- Figura 2. Zona de prospección de la CUFES. Crucero MPH 424(3)99CP. Período agosto-septiembre 1999.
- Figura 3. Distribución geográfica de las estaciones planctónicas positivas y negativas (negro= estaciones positivas, con huevos; rojo= estaciones negativas, sin huevos). Crucero 424(3)99 CP. Invierno 1999.
- Figura 4. Distribución espacial de los lances con pesca y sin pesca (A) y las capturas de anchoveta (B) obtenidas en el crucero MPH, B/I "A. Molina", I y II Región.
- Figura 5. Distribución de: a) transectas y b) lances de pesca de reconocimiento (crucero MPH 9909).
- Figura 6. Relación fuerza de blanco / longitud para anchoveta (crucero RECLAN 9811 y MPH 9909).
- Figura 7. Evolución mensual del índice gonadosomático de la anchoveta en la I y II Región.
- Figura 8. Evolución semanal de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO). 01 del junio al 28 de noviembre de 1999.
- Figura 9. Distribución de tamaños de la anchoveta en la I y II Región, agosto - septiembre de 1999.
- Figura 10. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de hembras hidratadas de anchoveta.



- Figura 11. Regresión entre la fecundidad parcial y la longitud total de hembras hidratadas de la anchoveta.
- Figura 12. Regresión entre el peso total y el peso corporal (peso total – peso gónada) de anchoveta.
- Figura 13. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero 424(3)99CP. Invierno 1999.
- Figura 14. Distribución y abundancia de huevos de sardina. Crucero 424(3)99CP. Invierno 1999.
- Figura 15. Distribución y abundancia de larvas de sardina. Crucero 424(3)99CP. Invierno 1999.
- Figura 16. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta de las cinco prospecciones realizadas entre 1992 y 1999 a través del "Método de Producción de Huevos".
- Figura 17. Comparación entre el índice de abundancia larval y la biomasa estimada por métodos acústicos y ASP para el stock de sardina en la zona norte de Chile, 1980-1999.
- Figura 18. Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta entre los años 1992 y 1999 a través del "Método de Producción de Huevos".
- Figura 19. Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial (°C) entre los años 1992 y 1999 a través del "Método de Producción de Huevos".
- Figura 20. Distribución espacial y temporal de la temperatura (°C) a 10 m de profundidad entre los años 1992 y 1999 a través del "Método de Producción de Huevos".
- Figura 21. Número de celdas con huevos respecto de la temperatura superficial del mar (°C).



- Figura 22. Número de celdas con huevos respecto de la temperatura de 10 m de profundidad (°C).
- Figura 23. Relaciones entre el promedio de huevos de anchoveta por área, respecto de la temperatura superficial (°C).
- Figura 24. Relaciones entre el promedio de huevos de anchoveta por área, respecto de la temperatura a 10 m de profundidad (°C).
- Figura 25. Distribución superficial de temperatura, salinidad, anomalía de temperatura y anomalía de salinidad. Crucero MPH 9908 – agosto 1999.
- Figura 26. Distribución de temperatura y salinidad a 50 m de profundidad y diferencia de temperatura y salinidad entre superficie y 50 m. Crucero MPH 9908 – Agosto 1999.
- Figura 27. Distribución vertical de temperatura y salinidad en las transectas 53 (18°25' L.S.), 42 (20°15' L.S.), 24 (22°13' L.S.) y 2 (25°53' L.S.).
- Figura 28. Sistema CUFES.
- Figura 29. Ubicación geográfica estaciones CUFES. Crucero MPH 424(3)99 CP. Septiembre 1999.
- Figura 30. Curvas de calibración para huevos de sardina colectados con red CalVET y sistema CUFES; (a) datos no transformados y b) datos transformados.
- Figura 31. Curvas de calibración para huevos de anchoveta colectados con red CalVET y sistema CUFES; datos no transformados y (b) datos transformados.
- Figura 32. Distribución y abundancia espacial de huevos de sardina (*Sardinops sagax*) mediante el uso de la CUFES (huevos/m³). Septiembre 1999.





1. INTRODUCCION

El sector pesquero se ha convertido en una de las áreas productivas más importantes de la economía del país, generando por concepto de exportación de productos derivados 1.784 millones de dólares (Servicio Nacional de Aduanas, 2000), lo que representó una contribución de un 11%, respecto del total de las exportaciones efectuadas durante 1999.

El desarrollo histórico que presentaron las capturas en la zona norte entre 1973 y 1989 mostró un crecimiento sostenido del orden de 900%. Sin embargo, con posterioridad a dicho período se ha registrado una disminución, observándose una tendencia a la estabilización de los niveles de desembarque en su máximo superior esperado.

Los recursos que han sustentado esta actividad corresponden mayoritariamente a peces de comportamiento pelágico, especialmente en la zona norte del país. En efecto, durante los tres últimos años, la actividad pesquera de esta región se ha cimentado fundamentalmente en las capturas de anchoveta (*Engraulis ringens*) Y sardina (*Sardinops sagax*), las cuales en 1999 contribuyeron con un 68 y 19%, respectivamente.

La actividad productiva de la industria pesquera en la I y II Región está fuertemente asociada a la disponibilidad del recurso anchoveta. En este contexto, es fundamental disponer de antecedentes actualizados de los niveles de abundancia de la subpoblación de anchoveta de la zona norte, tanto del stock parental como de la fortaleza de las clases anuales que se incorporan a la pesquería.



En el contexto de explorar métodos de evaluación complementarios y que permitan 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, de La Jolla, California.

Nuevamente el MPH se efectuó en 1995 (FIP 95-01) y en 1996 (FIP 96-01). Posteriormente, en 1997 (FIP 97-01), se aplicó en conjunto el MPH y la componente acústica, utilizando la misma plataforma de trabajo, aprovechando eficientemente los recursos destinados para el proyecto, quedando en evidencia que la consistencia de los resultados obtenidos robustecen la evaluación del stock desovante, aportando información vital en el manejo del principal recurso pelágico de la zona norte.

Al aplicar el MPH y el método acústico, en forma conjunta, recoge las conclusiones y recomendaciones planteadas en diferentes reuniones científicas y talleres internacionales, donde han participado investigadores, tales como, Nancy Lo y Richard Parrish, en el sentido que estas evaluaciones pueden ser complementadas y calibradas entre sí.

La evaluación conjunta de pequeños pelágicos, a través de técnicas hidroacústicas y MPH, en otras latitudes también ha sido exitosa, como es el caso de la anchoveta del Cabo de Sudafrica, que ha sido evaluada mediante la aplicación simultánea del MPH y la hidroacústica desde 1984 (Hampton, 1996). En Perú también se ha utilizado en forma experimental ambos procedimientos para la evaluación del stock desovante de la anchoveta, registrándose diferencias, que han obligado a calibrar ambos métodos.



Considerando lo anterior, en Chile, se incorpora nuevamente la evaluación hidroacústica para la evaluación de la biomasa de la anchoveta.

Durante el fenómeno "El Niño" 1997-98, en el proyecto "MOBIO" FIP 98-05, se reportó que la distribución batimétrica de la anchoveta en 1998, se localizó entre los 20 y 100 m de profundidad, registrándose, principalmente en el primer semestre, sobre el 70% de los cardúmenes entre los 50 y 80 m, encontrándose que las mayores agregaciones se encontraron fuertemente asociadas al fondo del mar, formando cardúmenes y estratos de alta densidad. A las embarcaciones cerqueras industriales de la zona norte, a pesar de haber profundizado sus redes, les fue difícil acceder a estos cardúmenes, capturando a la anchoveta sólo cuando se desplazó a zonas menos profundas. Esta distribución espacial de la anchoveta, debido principalmente a la perturbación ambiental, relacionada con la profundización de la termoclina, dejó en evidencia la importancia de utilizar una red de mediagua "*ad hoc*" para los muestreos de adultos. Por tal motivo, el Instituto de Fomento Pesquero, efectuó una importante inversión en 1998, importando desde Alemania una red de mediagua especial (Stern Trawler) para la anchoveta, la cual se usó en este proyecto y por segunda vez en Chile.

Posteriormente, en el crucero MOBIO efectuado por el IFOP en febrero de 1999 (FIP 98-08), se observó un cambio en el comportamiento de la anchoveta, respecto a lo reportado durante la presencia del fenómeno "El Niño", es así como la anchoveta se distribuyó en toda el área costera de la I y II Región, llegando predominantemente hasta las 30 mn de la costa. Batimétricamente, se ubicó entre la superficie y 25 metros, registrándose la mayor frecuencia de cardúmenes (sobre el 80%) en los primeros 10 metros de profundidad. Este comportamiento se asoció a que las condiciones bioceanográficas se encontraban, en términos generales, tendiendo a la normalidad, de acuerdo a los reportes históricos.





2. 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 de los datos de densidad y estado de desarrollo embrionario de los huevos colectados en un crucero de ictioplancton. La fecundidad específica diaria de la población adulta se determina mediante el procesamiento de muestras de peces obtenidas durante un crucero de pesca, las cuales proporcionan información respecto de la fecundidad parcial, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción de sexos

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

El método para la estimación de la biomasa desovante de anchoveta, se fundamenta en gran parte en el ciclo de desarrollo del ovario, el cual pasa por una serie de



estadíos. El ovocito en el transcurso de su desarrollo crece en el ovario proveyéndose de vitelo y horas antes del desove comienza un proceso de hidratación, aumentando aproximadamente cuatro veces su volumen total. Los ovarios con ovocitos hidratados son fácilmente reconocibles a simple vista, debido a que la dilución del vitelo hace transparente a los ovocitos. En el curso de los tres días posteriores al desove, el espacio que originalmente ocupaba el ovario, ahora denominado folículo postovulatorio, sufre un proceso de degeneración.

El huevo deja el folículo en el ovario para ser evacuado en el mar para su posterior fertilización pasando por una serie continua de fases de desarrollo embrionario, cuya duración depende 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 reclutamiento potencial del stock, 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 subpoblación de anchoveta en la zona norte una biomasa desovante de 1.053.000 toneladas (Rojas y Oliva, 1993). Posteriormente, en 1995 Claramunt *et al.* (1996) estimaron una biomasa de anchoveta de 1.223.515 toneladas y en 1996 los niveles bajaron considerablemente alcanzando a sólo 581 mil toneladas (FIP N° 96-01), manteniéndose valores similares en 1997, registrándose 594 mil toneladas (FIP



Nº 97-01). La evaluación acústica de la biomasa de la anchoveta alcanzó a 623 mil toneladas (FIP Nº 97-01).

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





3. OBJETIVOS

3.1 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' L.S.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

El proyecto contempla 6 (seis) objetivos específicos básicos. Sin embargo, de acuerdo a lo planteado en el punto 5.2 de los Términos Básicos de Referencia “el consultor podrá proponer métodos que puedan robustecer los resultados de la aplicación del M.P.H.” En ese contexto, el proponente agregó un objetivo específico adicional.

- 3.2.1 Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos.
- 3.2.2 Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada.



- 3.2.3 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.
- 3.2.4 Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas.
- 3.2.5 Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de efectos.
- 3.2.6 Realizar un análisis de la distribución espacial de juveniles asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores.
- 3.2.7 Determinar la distribución y la biomasa de anchoveta (en peso) y su varianza asociada a través del método acústico.



4. METODOLOGIA

La aplicación del "Método de Producción de Huevos", requiere del conocimiento de parámetros biológicos tales como: producción diaria de huevos, fecundidad media poblacional, frecuencia de desove, proporción sexual y peso promedio estimado de hembras maduras, los que deben ser obtenidos mediante la realización de cruceros en el período de máxima actividad reproductiva.

Otro método directo de evaluación de recursos pelágicos y de amplio uso en el mundo, es el efectuado a través de técnicas acústicas, permitiendo obtener estimados de la abundancia de los recursos independientemente de la actividad pesquera y parámetros biológicos, lo cual cobra relevancia, ya que al obtener estimados independientes y paralelos, los resultados pueden ser contrastados, dándole al administrador mayores antecedentes para tomar una acertada decisión.

4.1 Area de estudio

Comprende la zona de desove, 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.



4.2 Crucero

4.2.1 Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio y término del crucero

Muestreo de la anchoveta para determinar el inicio y término del crucero

El crucero se efectuó durante la época de máxima actividad reproductiva, la que se determinó, a través del análisis de la actividad de desove de la anchoveta, con muestras colectadas desde la captura comercial de especies pelágicas, utilizando técnicas macroscópicas (variaciones del índice gonadosomático) y microscópicas (índice de actividad de desove).

La máxima intensidad reproductiva de la anchoveta, que fundamenta el inicio y término del crucero, se realizó en los principales puertos de la I y II Región, considerando la información biológica de la anchoveta, destacándose los datos de longitud, peso, sexo y estadíos de madurez. La componente metodológica consideró en terminos generales el desarrollo de los siguientes aspectos fundamentales.

a) Plan de muestreo

Cada plan de muestreo depende de la variable en estudio y está en directa relación con la modalidad de operación de las flotas que operan en la pesquería. Los planes de muestreo consideran diseños en puerto (desembarques) y eventualmente a bordo de naves cerqueras, donde se analizó las capturas.



Población objetivo

La población objetivo estuvo compuesta por el conjunto de anchovetas capturadas, en la I y II Región, por la flota industrial y semi-industrial, durante 1999.

Parámetro Poblacional: Índice Gonadosomático

Estimador del índice \hat{R} (IGS)

$$\hat{R}(IGS) = \frac{\sum_{i=1}^n W G_j}{\sum_{i=1}^n W_j}$$

Notación:

Wg_j : Peso de la gónada del ejemplar j

W_j : Peso eviscerado del ejemplar j

n : Muestra de ejemplares

b) Plan operativo

Fuentes de captación de datos

Los datos biológicos emanaron principalmente del muestreo del desembarque que se realizó en tierra y eventualmente a bordo.



Antecedentes para la selección de centros de muestreo

La estrategia de captación de datos consideró una cobertura de centros de desembarque que aseguró la representatividad de los muestreos. Los antecedentes que se utilizaron para definir los centros de muestreo se basaron en información actualizada de la flota y la modalidad de operación de éstas.

La pesquería pelágica, en la I y II Región, opera con dos flotas, una industrial y otra semi-industrial, que utilizan como arte de pesca el sistema de cerco.

La flota industrial opera entre la I y II Región, en tanto la flota semi-industrial trabaja básicamente en la I Región.

Principales puertos de desembarque en la I y II Región

Flota Industrial

- Arica
- Iquique
- Tocopilla (eventualmente)
- Mejillones

Tamaño de la flota

En 1999 operaron un total de 113 embarcaciones, las que se distribuyeron de la siguiente forma:



Flota Industrial

- Arica : 38
- Iquique : 58
- Mejillones : 17

Los centros de muestreo seleccionados correspondieron a los cuatro principales puertos de desembarque de esta pesquería.

Procedimientos de recopilación

Los datos biológico-pesqueros se obtuvieron en el lugar de recepción del desembarque de cada empresa.

Las muestras biológicas se tomaron desde el vibrador o secador. Obtenida la muestra, se inició el análisis de cada uno de los ejemplares, los cuales constituyeron la unidad de estudio, de acuerdo al tipo de variable o característica que se requirió.

- **Longitud** : a cada ejemplar se le midió su longitud total.
- **Peso** : a cada ejemplar se le registró el peso total, eviscerado y peso de gónadas.
- **Sexo y mad. sexual** : a cada ejemplar se le determinó el sexo a través de la observación directa de las gónadas y la madurez sexual, mediante criterios macroscópicos (tamaño, forma, color, etc.), clasificando la observación de acuerdo a la escala de madurez específica (Simpson y Gil, 1967 *fide* Serra, 1976) validando la información a través de criterios microscópicos.



c) Plan de análisis

Análisis macroscópico y microscópico

Se determinó el inicio del período de desove mediante el análisis semanal y mensual de la anchoveta en los diferentes estadios de madurez del ovario (microscópicos), complementados con las variaciones del índice gonadosomático (IGS) (macroscópico).

Las variaciones de la condición reproductiva microscópica, se efectuó a través del diagnóstico histológico del parénquima gonadal, aplicando una escala específica basada en los criterios señalados por Wallace y Selman (1981); Selman y Wallace (1989) para peces teleósteos; Alheit *et al.* (1984) para *E. ringens* y Hunter y Macewicz, (1985) para *E. mordax*; desarrollado en el **Proyecto FIP N° 95-01** (Tabla 1).

4.2.2 Crucero de huevos

Determinación del tamaño esperado de muestra por estaciones totales y estaciones positivas.

Para los efectos de determinar el tamaño de muestras, se procedió a estudiar la relación existente entre $(x; Sx^2; n)$ y la distribución "t" de Student, que corresponde a la expresión:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_x}{\frac{\sqrt{S_x^2}}{n}} \sim t(n - 1)$$



De este modo a través de este estadístico se puede establecer la siguiente relación entre el tamaño de muestra de estaciones positivas n^+ y los estimadores \bar{x}, s_x^2 ,

$$n^+ = \frac{S_x^2 t^2}{(\bar{x} - \mu_x)^2}$$

$$n^+ = \left[\frac{S_x t}{\bar{x} - \mu_x} \right]^2$$

para un nivel de significación $\alpha = 0.05$ y $n^+ > 60$, el valor de la estadística " t " será considerada aproximadamente $t = 2$.

Definiendo la diferencia entre el estimador de la media y el parámetro, y aceptando como margen de tolerancia de delta a un múltiplo del estimador de la media se tiene:

$$\delta = \bar{x} - \mu_x - \varepsilon \bar{x}$$

A partir de esta relación se obtuvieron los tamaños de muestra esperados para las estaciones positivas n^+ .

El procedimiento seguido se basa en el trabajo de Santander *et al.* (1982), quienes experimentalmente utilizaron como estimador del número total de estaciones n , la relación porcentual entre " n^+ " y " n ". Al respecto, Castillo *et al.*, (1993), Braun (1995), Braun, (1996), Braun *et al.*, (1997), encontraron que tal relación fue de:

$$\frac{n^+}{n} = 0,4654 (46,54\%)$$



de tal manera que estimando el tamaño "n*" es posible establecer el número total de estaciones "n".

La información histórica de huevos de anchoveta con que se trabajó, proviene de un total de 590 muestras planctónicas colectadas durante el período de máxima actividad reproductiva de la especie, en invierno de los años 1993 -1998 con red tipo WP-2 para la zona comprendida entre Arica (18°25' L.S.) y Punta Carrizalillo (26°00' L.S.) (Tabla 2).

Diseño de muestreo y crucero

El diseño de muestreo estuvo configurado por una grilla de 598 estaciones distribuidas en 53 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 (Fig. 1).

El área lindante al río Loa, corresponde a una zona característica de desove de la anchoveta, razón por la cual se intensificó el muestreo en el área comprendida entre las latitudes 21° 48' LS y 20° 50' LS (Punta Patache), realizándose 12 transectas hasta las 30 mn de extensión longitudinal equidistantes cada 5 mn.

Sobre la base de la ausencia de huevos en una amplia zona del área de estudio, entre los paralelos 19° 45' LS y los 20° 45'LS se trabajó hasta una distancia máxima de 50 millas náuticas de la costa. De la misma manera, la transecta N° 9, correspondiente a la latitud 24° 43' LS, Punta Plata, sólo se prospectó hasta las 35 mn dadas las malas condiciones meteorológicas imperantes en la zona de estudio.



Del total de 53 transectas realizadas, se efectuaron 33 transectas de 60 mn, 7 de 50, 12 de 30 y 1 de 35 mn, generándose un área total prospectada de 25.450 mn².

Muestreo de huevos

La colección de huevos se efectuó en forma simultánea empleándose para tales efectos dos naves, el B/C “Carlos Porter” del Instituto de Fomento Pesquero y el PAM “Manuel Rojas” de la Sociedad Pesquera Coloso.

El PAM “Manuel Rojas” zarpó desde el puerto de Arica el 17 de agosto y recaló en Iquique el 28 de agosto, cubriendo la zona septentrional del área de estudio, es decir, desde la desembocadura del río Lluta (18° 25' LS) hasta Punta Chileno (21° 30' LS), realizando un total de 17 transectas y 244 estaciones bio-oceanográficas. Por otra parte, el B/C “Carlos Porter” zarpó desde Punta Carrizalillo el 18 de agosto y recaló en Iquique el 04 de septiembre, cubriendo la zona sur del área de estudio, es decir, desde Punta Carrizalillo (26° 03' LS) hasta Punta Arenas (21° 38' LS), realizando un total de 29 transectas (Fig. 3) y 354 estaciones bio-oceanográficas.

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 1m/seg, 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, hasta una profundidad máxima de 150 m, mediante el uso de un CTD SEA BIRD modelo 19.

Bomba de huevos

Como sobre oferta-técnica, se utilizó la bomba de huevos de registro continuo de manera experimental en la aplicación del método de producción de huevos, en el área comprendida entre Punta Patache (20° 48' LS) y el paralelo 21° 48' LS, realizándose un total de 13 transectas hasta las 30 mn de extensión longitudinal separadas cada 5 mn, donde se obtuvieron 91 muestras con un muestreador **CaIVET** (versión **PAIROVET**) de 0,05 m² de área de boca y 150 µm de abertura de malla, conjuntamente con 271 muestras obtenidas con la CUFES cada 2,5 mn (Fig. 2).



Análisis de muestras de huevos

El análisis de las muestras de zooplancton consistió en la **separación** de la totalidad del ictioplancton, **identificación** de los huevos de anchoveta y **clasificación** de los huevos por estadio de desarrollo.

La clasificación de los huevos por estadio de desarrollo se efectuó en un máximo de 200 huevos por muestra, utilizando el criterio establecido por Moser y Ahlstrom (1985), quienes dividen 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 su estructura interna, se clasificó como deteriorados (Det.).

La determinación de la edad de los huevos de anchoveta, se efectuó mediante un sistema gráfico configurado por curvas de velocidad del desarrollo en función de la temperatura, desarrolladas para cada uno de los once estadios por Sweiffel y Smith (Ms) en Santander *et al.*, 1984 y mediante un procedimiento automatizado utilizando un programa de computación estructurado de acuerdo a lo descrito en Hewit, Bindman y Lo (1984) y Lo (1985).

El procedimiento asume que el desove se produce en el intervalo de tiempo de 8 horas comprendido entre las 18:00 y 02:00, con el tiempo nominal "0" en el punto medio a las 22:00 horas. Todos los huevos con menos de 8 horas de edad, colectados entre las 18:00 y 02:00 horas se clasificaron como recientemente desovados (S). A los huevos colectados en el sucesivo intervalo de 12 horas comprendido entre las 02:00 y 14:00 se les asignó la categoría de edad A₁ y aquellos



colectados entre las 14:00 y 02:00 del día siguiente la categoría de edad A_2 continuando progresivamente con las categorías de edad B_1 , B_2 , C_1 y C_2 , dependiendo del estadio de desarrollo, hora de colección y temperatura del agua a 10 m.

Los huevos deteriorados fueron clasificados como $Det._1$ y $Det._2$ de acuerdo a la hora de colección (02:00 a 14:00 y 14:00 a 02:00, respectivamente) y fueron incorporados al censo final de las diferentes categorías de edad de acuerdo a la contribución porcentual de los huevos de las categorías 1 y 2 incluyendo en esta última a la categoría de edad "S".

Para el cálculo de P_0 se consideraron solamente los huevos de 1 y 2 días de edad (categorías A_1 , A_2 , B_1 y B_2), los cuales constituyen los únicos estimados no sesgados de la población de huevos de las 7 edades establecidas. Se excluyeron del cálculo los huevos recientemente desovados (categoría S) y los de 3 días de edad (categorías C_1 y C_2), debido a que su número es un subestimado de la subpoblación de huevos de cada una de sus respectivas categorías. En el primer caso, es porque provienen de muestras colectadas antes que se complete el período diario de desove y en el caso de los huevos de 3 días de edad y debido a la temperatura promedio ponderada registrada en la zona un porcentaje de ellos ha eclosionado.

4.2.3 Crucero de adultos

Determinación del tamaño de muestreo a bordo

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 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).

De acuerdo a lo anterior, queda en evidencia, que para obtener una estimación adecuada es conveniente muestrear un gran número de cardúmenes, más que un gran número de hembras por cardumen.

El diseño de muestreo orientado a estudiar los parámetros indicados en los objetivos específicos 3.2.2, 3.2.3 y 3.2.4, 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.

En términos de número de peces procesados y en un sentido estadístico es más eficiente medir o examinar pocos peces y realizar un gran número de lances, que tomar una gran cantidad de peces dentro de un bajo número de lances. Sin embargo, si mayores costos de colección de datos están asociados con los costos de operación



de la embarcación, entonces será aconsejable realizar un mayor esfuerzo de muestreo al interior de los lances, que realizar un excesivo número de éstos.

Los peces examinados durante el crucero serán utilizados como se ha indicado para estimar más de un parámetro. Por lo tanto, la combinación óptima de "n" y "m" no será la misma para cada parámetro.

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 y Stauffer, 1985) están dados respectivamente por:

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

donde:

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

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:



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

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
- M = 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 y un diseño de muestreo aleatorio simple, las varianzas están entre sí relacionadas como sigue:

$$\sigma_{y_c}^2 = \sigma_{y_{AS}}^2 [1 + \rho(m-1)]$$

donde:

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

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

$$9 \rho^2 y_{AS} = \frac{\bar{y}(1-\bar{y})}{nm}$$

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

$$C = n c_1 + n m c_2$$



la cual se desea minimizar sujeta a la restricción:

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

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

$$n = \frac{c_1(1 - \bar{y})\rho + (1 - \bar{y})\sqrt{c_1c_2\rho(1 - \rho)}}{c_1\bar{y}cv^2}$$

$$m = \left[\frac{(1 - \rho)C_1}{\rho C_2} \right]^{1/2}$$

C_1 = Costo (tiempo, pesos, etc.) para acceder a la información en un lance.

C_2 = Costo (tiempo, peso, etc.) para acceder a la información de un ejemplar examinado.

n = Muestra de lance.

ρ = Coeficiente de correlación intraclases dentro del diseño de un muestreo bietápico de conglomerados.

\bar{y} = Estimador de la biomasa media poblacional.

cv = Coeficiente de variación.

m = Número de ejemplares examinados.



Muestreo de la anchoveta en el mar

La colección de la anchoveta adulta se realizó entre el 16 y el 27 de agosto de 1999, con la participación de dos embarcaciones cerqueras (PAM "Alerce" y "Roble" de la Sociedad Pesquera Coloso) autorizadas a capturar anchoveta, a través de una Pesca de Investigación (Resolución N° 1.560 de la SUBPESCA), durante la veda reproductiva. Las embarcaciones de 350 metros cúbicos de capacidad de bodega, se equiparon básicamente con: red anchovetera, sonar, radar, ecosonda, navegador por satélite, radiogoniómetro y radios HF y VHF. Estas naves coleccionaron las anchovetas, una comenzando desde el extremo norte y otra desde el extremo sur del área de estudio, terminando ambas la prospección en el centro. Además, se muestrearon anchovetas a bordo de naves cerqueras comerciales entre el 10 de agosto y el 25 de septiembre de 1999. Durante la prospección acústica, con el B/I "Abate Molina", se realizaron lances de pesca con una red de arrastre de mediagua (Stern Trawler), con una circunferencia de boca de 302 m, especial para capturar anchoveta, fabricada en 1998 por la Compañía Engel Netze de Alemania.

La estrategia utilizada permitió obtener el número adecuado de lances con pesca de anchoveta, de acuerdo a lo requerido por el "Método de Producción de Huevos".



Determinación del tamaño de muestra a bordo

De acuerdo al diseño, se efectuaron 90 lances en total, de los cuales 51 fueron efectivos (Tabla 4 y Figs. 4 y 5). 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) 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.

Se colectaron 30 hembras en cada lance (Picquelle y Stauffer, 1985; Rojas y Oliva, 1993, Oliva *et al.*, *op. cit.*), las que se analizaron histológicamente de acuerdo a lo propuesto por Mac Call (ms) en Santander *op. cit.* (1984) y Rojas y Oliva (1993), con el fin de registrar la incidencia de folículos postovulatorios, para la determinación de la frecuencia de desove y en aquellos lances con presencia de hembras hidratadas se colectaron como mínimo 30 anchovetas en esa condición.

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 (1985), Oliva *et al.* (1989), Rojas y Oliva (1993), Oliva *et al.* (1998) y consistió en:

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 muestrearon como mínimo 120 ejemplares por lance, registrándose su longitud total por sexo y estadio de madurez (macroscópico), con el fin de obtener antecedentes oportunos (a tiempo real), respecto a la composición por tamaño y condición reproductiva de la anchoveta.

Se mantuvo durante el crucero coordinación entre el muestreo de adultos, muestreo de ictioplancton y lecturas acústicas.

Procesamiento de las muestras en el laboratorio histológico

Los especímenes preservados en formalina neutralizada se procesaron en el laboratorio, lugar en que 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 efectuó cortes histológicos de 5 micrones de espesor, los que fueron teñidos con hematoxilina y contrastados con eosina. La hematoxilina es el colorante más versátil y ampliamente usado en la técnica histológica. Se emplea para visualizar núcleo celular, se convierte en hamateína por oxidación. La hematoxilina-eosina colorante nuclear (aniónico) y colorante citoplasmático (catiónico). Finalmente, se montaron con entellan en portaobjetos y se les efectuó su lectura y análisis.



4.2.4 Objetivo específico 3.2.1

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

El cálculo de la producción diaria de huevos, su varianza y tasa de mortalidad fue estimada según el modelo de regresión no lineal de tipo exponencial (Picquelle y Stauffer, 1985) dado por:

$$P_t = P_0 e^{-zt} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

- P_t = Número de huevos en la categoría de edad t (día).
- t = Tiempo transcurrido (o edad) entre el desove y el inicio del muestreo.
- P_0 = Producción diaria de huevos en el área investigada (número inicial de huevos desovados en el tiempo o instante t).
- z = Tasa diaria de mortalidad instantánea.
- ε_{ijk} = Error aditivo.

El 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".

Estimador para la producción de huevos $P_{(t)}$

La producción de huevos en la categoría de edad t será estimada a través del estimador:



$$\hat{P}(t) = \ln^{-1} [\hat{Y}(t)]$$

donde :

$$\hat{Y}(t) = \hat{\alpha}_0 + \hat{\beta} \quad t$$

$$\hat{\alpha}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta} \quad \bar{t}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum^n [Y - \bar{Y}][t - \bar{t}]}{\sum^n [t - \bar{t}]^2}$$

Estimador de la varianza del estimador de $P_{(t)}$

$$\hat{V}[\hat{P}[t]] = \ln^{-1} \left(\hat{\sigma}^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(t_0 - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^n (t - \bar{t})^2} \right] \right)$$

donde:

$\hat{P}_{(t)}$ = Producción estimada de huevos en el instante o tiempo "t".

$\hat{\sigma}^2$ = Estimador insesgado de la varianza de la composición estocástica del modelo.

$\hat{\alpha}_0$ = Intercepto para t=0; en el modelo linealizado.

$\hat{\beta}$ = Tasa de crecimiento de $\hat{Y}(t)$; por cada unidad de variación de variable "t".



$\hat{\alpha}$ = Estimadores mínimos cuadráticos y máximo verosímiles en el modelo linealizado.

t_0 = Tiempo o instante en el cual se inicia el proceso de producción de huevos.

Alternativamente, se hará uso de dos estimadores de la varianza de $\hat{Y}(t)$. Uno relacionado con consideraciones geoestadísticas y un segundo estimador relacionado con la presencia de estaciones no positivas (ceros).

Estimación de la varianza de $\hat{Y}(t)$ bajo consideraciones geoestadísticas (Petitgas, 1991).

Geoestadística (Petitgas, 1991)

Un estimador de varianza del estimador $\hat{Y}(t)$ para la estimación de la producción de huevos a utilizar, corresponde al método propuesto por Petitgas (1991), quien aplica los principios de variables regionalizadas o geoestadísticas, a la estimación de varianza de datos pesqueros geográficamente correlacionados, mediante la expresión:

$$\sigma_e^2 = 2\bar{\gamma}(S,V) - \bar{\gamma}(V,V) - \bar{\gamma}(S,S)$$

donde los términos de la ecuación se pueden representar mediante sus respectivos variogramas ($\gamma(h)$) donde:



$$\bar{y}(S,S) = \frac{1}{n^2} * \sum_{\alpha} \sum_{\beta} \gamma(X_{\alpha} - X_{\beta})$$

$$\bar{y}(S,V) = \frac{1}{nV} * \sum_{\alpha} \int_v \gamma(X_{\alpha} - Y) dy \text{ siendo } V \text{ el \u00e1rea de distribuci\u00f3n del recurso en el}$$

$$\bar{y}(V,V) = \frac{1}{v^2} \int_{\alpha} \int_v \gamma(x - y) dx \quad dy$$

\u00e1rea de estudio, α y β los \u00edndices de los intervalos b\u00e1sicos de muestreo y n el n\u00famero de muestras en V .

La varianza σ_c^2 , depende de la estructura espacial a trav\u00e9s de tres factores geom\u00e9tricos: la geometr\u00eda del campo para $\bar{y}(V,V)$; de la disposici\u00f3n entre los intervalos b\u00e1sicos de muestreo para $\bar{y}(S,S)$ y de la posici\u00f3n de la red de muestreo en el campo para $\bar{y}(S,V)$ (Petitgas y Prampart, 1993).

Estimaci\u00f3n de $y(t)$ y de la Varianza de $\bar{y}(t)$

Ante la presencia de estaciones no positivas (ceros) dadas por Pennington (1983) los estimadores propuestos est\u00e1n respectivamente dados por:

$$\hat{y}^{\cdot}(t) = \begin{cases} \frac{m}{n} \hat{y}(t); m > 0 \\ 0; m = 0 \end{cases}$$



$$\hat{V}(\hat{y}^*(t)) = \begin{cases} \frac{m}{n} \sigma_{(m)}^2 \hat{y}_{(m)}^2 + \frac{m(n-m)}{n(n-1)} \rho(m); m > 0 \\ 0 \end{cases}$$

donde:

\hat{y}_m : Número de estaciones positivas.

n : Número de estaciones de muestreo.

$\hat{\gamma}(t)$: estimador insesgado del modelo de producción de huevos linealizado.

$\hat{G}^2(m)$: estimador insesgado de la varianza de $\hat{\gamma}(t)$ considerando las estaciones de muestreo positivas.

$e(m)$: estimador insesgado de u^2 en función de $\hat{\gamma}(t)$ y $\hat{\sigma}^2(m)$ $\hat{\gamma}^*(t)$

y $\hat{v}(\hat{\gamma}^*(t))$ son estimadores insesgados de los parámetros

$\chi = \rho\mu$ $\delta = \rho[1 - \rho]\mu^2 + \rho\sigma^2$ que corresponde a los parámetros

$E[Y(t)]$ y $\sigma^2 y(t)$ para $Y(t)$

Estimador del coeficiente de variación

$$CV[P(t)] = \frac{\sqrt{V[P(t)]}}{P(t)}$$



Intervalo de confianza para $P_{(t)}$

$$CV = [P(t); \gamma]; \left[\ln^{-1} \left[\hat{Y}(t) - t^*_{(n-2)} D^* \right]; \ln^{-1} \left[\hat{Y}(t) + t^*_{(n-2)} D^* \right] \right]$$

donde

$$D^* = \sqrt{\hat{V}} \left[\hat{Y}(t) \right]$$

$$t^*_{(n-2)}$$

“t” de Student con (n-2) grados de libertad.

4.2.5 Objetivo específico 3.2.2

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

Análisis microscópico de los ovarios

Las variaciones de la condición reproductiva fue determinada 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).



Fracción diaria de hembras desovantes (F)

El cálculo de la frecuencia de desove se basa en el criterio utilizado por Hunter y Goldberg (1980), donde 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 basan 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 de la granulosa y del lúmen).

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*, cuyo supuesto se basa en que los cambios citológicos y morfohistológicos que experimentan los folículos postovulatorios de *E. ringens* son cronológicamente similares a lo señalado



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 5.

Para la determinación de la frecuencia de hembras desovantes, se utilizó sólo los ovarios con folículos postovulatorios, los cuales fueron colectados 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 cuando estuvieron desovando.

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 estimado por:

$$F_i = \frac{m_{h_i}}{m_i} \circ \frac{m_{1_i}}{m_i} \circ \frac{m_{2_i}}{m_i}$$

donde:

$$m_i = m_{h_i} + m_{1_i} + m_{2_i} + m_{a_i}$$



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 .
- 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 reemplazará por:

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

de tal forma que:

$$F_{1i} = \frac{m_{1i}}{\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}}$$

ó

$$F_{2i} = \frac{m_{2i}}{\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}}$$



donde:

F_i = Fracción corregida de hembras con folículos postovulatorios de 9 a 32 horas de edad (hembras del día 1) ó 33 a 56 horas de edad (hembras del día 2) en el lance i .

Los estimados para el promedio y la varianza son dados por:

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

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

donde:

\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 i ésimo lance.

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

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

n = Tamaño de muestras.



4.2.6 Objetivo específico 3.2.3

"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, que las ventajas comparativas con otros métodos, son ahorro de tiempo en su conteo (rapidez en la determinación) y no hay dudas sobre la disgregación de las modas en los diagramas de frecuencia - tamaño de los ovocitos, debido a la diferencia de tallas de los ovocitos hidratados, los cuales se caracterizan por su enorme tamaño, transparencia y consistencia blanda.

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

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



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, tomando 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 de 0,2 gramos cada una, asegurando una cantidad no inferior a 100 ovocitos hidratados por submuestra.

Las submuestras fueron pesadas en una balanza analítica con una precisión de 0,0001 gramos, posteriormente fueron colocadas en una cápsula petri, cubriéndolas con gotas de glicerina (33%), y contabilizadas bajo microscopio estereoscópico.

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

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

donde:

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

W_i = Peso húmedo del ovario (g).

\bar{n} = 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, el número de ovocitos liberados por una hembra promedio, representativa del total de la población de hembras maduras,



para lo cual, 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), por lo cual, se asumirá que esta relación es la que mejor explica las variaciones de la fecundidad parcial. Esto se probará mediante análisis de regresión y pruebas estadísticas, las que definirán el mejor modelo que explique las variaciones de la fecundidad parcial, en el período de estudio.

El MPH requiere la estimación de la fecundidad media poblacional, ésto es el número de ovocitos por una hembra media representativa del total de la población de hembras maduras. Para lo cual se ajustó un modelo que explicó los datos de fecundidad parcial en función de un parámetro corporal. Se probaron los siguientes modelos:

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

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

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

donde:

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

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 colectadas 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:

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

donde:

- $\bar{\bar{E}}$ = 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 .

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 la varianza de la fecundidad media poblacional se debe ajustar para incluir esta variación adicional.



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

donde:

- \bar{E} = Estimado de la fecundidad media poblacional.
- \bar{E}_i = Promedio de la fecundidad para el lance i.
- S_h^2 = Varianza de la regresión.
- n_h = Número de hembras hidratadas utilizadas para ajustar la regresión.
- W_i = Peso corporal promedio para el lance i.
- W_h = Peso corporal promedio de hembras utilizadas en a regresión.
- $Var(\beta)$ = Varianza de la pendiente de la regresión.
- n = Número de lances.



4.2.7 Objetivo específico 3.2.4

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

Fracción de hembras (Proporción de sexo) (R)

La fracción de hembras (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 promedio de la muestra y la varianza fueron estimados según:

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

$$Var(\bar{R}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n}]^2 n(n-1)}$$

donde

$$\bar{R}_i = \sum_{j=1}^{m_i} \frac{R_{ij}}{m_i}$$



- \bar{R}_{ij} = Valores observados para el jth peces muestreados desde el ith lance i.
- \bar{R} = Fracción promedio de hembras por peso en porcentaje de todos los lances.
- m_i = Número de peces submuestreados en cada lance i.
- n = Número de lances.

Peso promedio de hembras maduras (W)

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

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

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

donde:

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



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

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

4.2.8 Objetivo específico 3.2.5

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

Modelo para la estimación de la biomasa

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

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



donde:

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

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

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



4.2.9 Objetivo específico 3.2.6

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

Procesamiento de la información

Se analizaron los archivos de la base de datos correspondientes a los cruceros MPH en invierno de los años 1992, 1995, 1996, 1997 y 1999 correspondientes a los proyectos FIP N°: 1992, 95-01, 96-01, 97-01 y 99-10.

Dichos registros consideran la siguiente información: año, latitud y longitud de las lecturas de huevos de anchoveta y su correspondiente valor de densidad (referido a N° de huevos/0,05m²); asimismo, se obtuvieron los siguientes datos de las estaciones planctónicas: año, latitud y longitud de las estaciones y sus correspondientes registros de temperatura superficial (a excepción de 1995) y a 10 m de profundidad.

Con la base de datos se generaron, para cada año y variable, archivos vectoriales compatibles con los SIG TNTmips e IDRISI. Estos archivos contemplan la georeferenciación de la data de las diferentes variables contempladas en este estudio.

Distribución espacio-temporal de los huevos de anchoveta y de la temperatura

Para realizar una descripción espacial y temporal de las variables densidad de huevos y temperatura, se configuraron imágenes para cada crucero de dichas variables.



La generación de imágenes contempló crear, previamente, archivos vectoriales con la información de las variables a cartografiar y realizar una interpolación, a través del método de Kriging, de dichas variables.

Para el análisis integrado de las variables registradas durante el presente proyecto, se utilizaron como plataforma de trabajo los SIG TNTmips e IDRISI.

Con el propósito de superponer y relacionar los distintos planos de información, fue necesario que todas las imágenes se encontraran en una idéntica escala espacial. Como las imágenes debían poseer una misma resolución espacial y distribución geográfica se generaron rasters que tuvieran similar cantidad de filas y columnas y que registraran igual posición y cobertura geográfica. Esto se realizó a través del módulo RESAMPLE del SIG. De esta manera, se crearon imágenes en rasters de 48 columnas (en el sentido E-W) y 168 filas (en el sentido N-S).

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

Relaciones entre la distribución de los huevos y la temperatura

a) Análisis cartográfico entre la distribución de huevos de anchoveta y la TSM

Para detectar las asociaciones entre la distribución de huevos de anchoveta y la TSM, se emplearon dos enfoques:



- i) se efectuó un análisis espacial y visual de la información realizando la cartografía de las variables y explorando las asociaciones a través de los SIG, y
- ii) se estableció una relación funcional entre la distribución de los huevos de anchoveta y la temperatura mediante un análisis de modelos de tendencia.

b) Relaciones entre el número de píxeles con huevos de anchoveta y la temperatura

Una vez realizada la cartografía se procedió a efectuar un análisis entre la distribución de los huevos de anchoveta y la variable temperatura. De esta manera, se hicieron correlaciones espaciales cruzadas (crosstabulación) y se calculó el número de celdas respecto a la temperatura, con el propósito de generar gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de huevos de anchoveta con respecto a la temperatura (cada un grado). Así, se determinaron rangos óptimos de preferencia de los huevos de la especie en relación a esta variable ambiental.

c) Análisis de las relaciones entre la distribución de los huevos de anchoveta y la temperatura

Para determinar la probable existencia de asociación entre la distribución de los huevos (utilizando como índice, la densidad promedio por cuadrícula de 10*10) y la temperatura, se efectuó un análisis de relaciones de tendencia.

Lo anterior implicó dividir la zona de estudio en cuadrículas (10 * 10 mn), de acuerdo al sistema IFOP, y de cada una de estas cuadrículas se estimaron el número promedio y total de huevos y la temperatura promedio (°C). Cabe destacar que los huevos promedio fueron estimados por segmentos de temperatura (cada 0,25°C).



Finalmente, se realizó un análisis de las relaciones entre la densidad de los huevos y la variable ambiental mediante relaciones de tendencia. Esta metodología es similar a la propuesta por Power y May (1991) y Reddy *et al.*, (1995) en recursos pelágicos.

4.2.10 Objetivo específico 3.2.7

"Determinar la distribución y la biomasa de la anchoveta (en peso) y su varianza asociada a través del método acústico"

Crucero acústico

La prospección acústica se llevó a cabo a bordo del B/I "Abate Molina", del 3 al 18 de septiembre de 1999, en la zona comprendida entre la costa y las 40 millas, desde Carrizalillo (26° 03'LS) hasta Arica (18° 23'LS). En la zona de estudio se realizaron un total de 24 transectas (Fig. 5a).

Durante el desarrollo del crucero se efectuaron un total de 12 lances de pesca, con el fin de identificar ecotrazos y coleccionar muestras de adultos, los cuales se efectuaron principalmente durante el crepúsculo o primeras horas de la noche y en el amanecer (Fig. 5b). Para tal efecto se utilizó una red Engel pelágica.

Muestreo acústico

El diseño acústico utilizado correspondió a un muestreo sistemático de transecta. Las transectas, perpendiculares a la costa, tuvieron una separación de 20 millas, evitando prospectar en el mismo sentido de desplazamiento de la anchoveta. Todas las transectas tuvieron como límite occidental 40 mn, exceptuando la transecta 20, cuya



extensión fue de 22 mn, dada una restricción de la Autoridad Marítima a la navegación entre el 15 y 25 de septiembre de 1999 (Fig. 5a).

La prospección acústica se efectuó durante las horas de luz diurna, discretizándose la información en intervalos de muestreo (IBM) de 0,5 mn, controlados por la interfase del sistema de eointegración con el navegador satelital. La información acústica fue colectada mediante el sistema de eointegración digital marca SIMRAD modelo EK – 500 operando la frecuencia de 38 Khz. El valor utilizado correspondió a la densidad promedio expresada en energía retrodispersada, referida a una milla náutica cuadrada (Sa). Se prospectó hasta los 500 m de profundidad, eointegrando los registros desde la superficie hasta los 300 m.

Calibración del sistema acústico

- **Calibración electroacústica**

La calibración electroacústica del sistema de eointegración SIMRAD EK-500, se realizó mediante un proceso iterativo, donde se midió las señales de intensidad de blanco (TS) y eointegración (Sa) provenientes de un blanco estándar de fuerza de blanco conocida, las que debieron converger hacia un valor teórico del blanco en referencia. El blanco se ubicó en el centro del haz acústico a una distancia mínima de 15 m de la cara radiante del transductor, de este modo se procedió al ajuste de los parámetros en el software (Foote *et al.*, 1987).

Se utilizó un blanco estándar de cobre diseñado para la frecuencia de 38 Khz, según las recomendaciones del Grupo de Trabajo de Acústica del ICES y por el fabricante (Foote *et al.*, 1987). De acuerdo a este método fue posible alcanzar un nivel de precisión de $\pm 0,5$ dB, siendo aceptable con ± 1 dB.



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

La calibración se efectuó en Pisagua, para lo cual el buque fondeó a dos anclas (proa y popa). Con el objeto de minimizar el movimiento de la esfera en el proceso de calibración, ésta se ubicó en el haz acústico mediante tres líneas de nylon monofilamento, con la ayuda de carretes de pesca para variar y controlar la posición del blanco en el haz (Tabla 6).

El proceso de medición de TS y el ajuste de las ganancias del sistema de ecointegración se realizó mediante las siguientes expresiones:

$$G_1 = G_0 + \frac{TS_m - TS_b}{2}$$

donde:

- G₁ = es la nueva ganancia del transductor (dB).
- G₀ = es la ganancia antigua del transductor (dB).
- TS_m = intensidad de blanco medida (dB).
- TS_b = intensidad de blanco teórico (dB).

El ajuste de ganancias de ecointegración (S_a), se efectuó mediante el siguiente procedimiento iterativo:



$$G_1 = G_0 + \frac{10 * \log \frac{Sa_m}{Sa_t}}{2}$$

siendo:

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

donde:

- σ_{bs} = sección dispersante de la esfera (dB).
- r = profundidad de la esfera (m).
- r_0 = profundidad de la esfera (m).
- ψ = ángulo equivalente del haz acústico.
- Sa_t = Sa teórico del blanco estándar.
- Sa_m = Sa medido del blanco estándar.

• Constante de eointegración

La constante de eointegración \hat{C}_b se estimó mediante la ecuación propuesta por Bodholt (1991):

$$\hat{C}_b = \frac{(4\pi * 10^{\frac{TS_{kg}}{10}})^{-1}}{1000}$$

El TS se refirió a valores de TS_{kg} según:

$$TS_{kg} = TS - 10 \text{ Log } w$$



siendo:

TS = intensidad de blanco promedio de la anchoveta (db)

W = peso del pez (k)

La intensidad de blanco (TS), fue calculada a partir del modelo de regresión determinado a partir de datos de esta prospección y los obtenidos en los cruceros RECLAN 9601; 9611; 9801 y 9811 (Castillo *et al.* 1996; 1998). Modelo que considera la proporcionalidad entre el cuadrado de la longitud y la fuerza de blanco (Foote, 1987):

$$TS = 20 \log (l) - 73,50$$

El peso se determinó en base a la relación longitud total (L) – peso total (w), establecida para el período de estudio, según:

$$w_g = 0,011187 * L^{2,837518}$$

Para efecto de calcular la constante de ecointegración, se consideró la longitud promedio de las anchovetas en las muestras provenientes de los lances de pesca de reconocimiento efectuado por el B/I "Abate Molina", así como los provenientes de la flota cerquera.

En el caso de jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*), se utilizó las relaciones determinadas por Córdova *et al.* (1998).



- **Identificación de especies**

La identificación de especie se realizó mediante la aplicación de tres procedimientos:

a) Método acústico (Guzmán *et al.*, 1983)

Este método calcula el coeficiente volumétrico de dispersión, Sv de cada cardumen, considerando el análisis de la forma geométrica de los cardúmenes, comportamiento de las especies y su relación con la señal acústica, utilizándose la siguiente formulación:

$$S_v = \frac{C1 * V}{L * D}$$

donde:

- Sv = Coeficiente volumétrico de dispersión de la agregación ó cardumen.
- C1 = Constante de calibración electrónica del equipo. En el caso del EK 500 está incluida en la salida calibrada del ecointegrador.
- L = Longitud de la agregación.
- D = Altura media de la señal remitida por la agregación (m).

Guzmán *et al.* (1983), establecieron que los Sv de los cardúmenes de sardina española se encuentra en el rango de -25 a -36 dB y los de jurel entre -37 a -47 dB. La anchoveta se encuentra entre -32 a -42 dB, considerándose adicionalmente para su identificación las características de la forma geométrica de los cardúmenes, su distribución batimétrica y localización longitudinal.



b) Pesca de identificación

A fin de validar la identificación efectuada a través del método acústico y obtener muestras biológicas, se utilizó la información biológico-pesquera proveniente de los lances de pesca realizados en el B/I "Abate Molina" con red de arrastre para peces pelágicos (Engel), la cual tiene una extensión de 97 m y alcanza una altura vertical al centro de la relinga de 20 m a velocidades entre 3,5 a 4 nudos. Las dimensiones, tanto en longitud como altura vertical, así como velocidad y tamaño de malla diferente en los distintos cuerpo de la red, aseguran efectividad en la pesca de peces pelágicos pequeños, en la cercanía de la costa.

De las capturas obtenidas en cada lance se registraron los aportes porcentuales de cada especie, comparándose con la identificación de las especies realizada mediante el método acústico y aplicándose a las lecturas acústicas en las IBM's cercanas a los lugares en que se efectuaron las pesca (Simmonds *et al.*, 1991).

Los muestreos biológicos de la captura en cada lance, permitió determinar la estructura de tamaño y peso de la especie dominante. La captura a bordo fue tratada de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Si la captura se ubicó en forma estratificada por especie en el copo, ésto es, no distribuida homogéneamente, se tomó una muestra en parte anterior, centro y posterior del copo.
- Cuando la captura se distribuyó homogéneamente en el copo, se tomó muestras aleatorias.
- Se obtuvo una muestra aleatoria de las capturas de dos o tres cajas de 20–25 kg.



- Se separó los ejemplares de anchoveta de la fauna acompañante.
- Se efectuó un muestreo biológico específico para anchoveta y de longitud total u horquilla para las otras especies según correspondió.
- La captura total en peso (y número de individuos) de cada especie por lance, se obtuvo mediante la expansión a la captura total del porcentaje de participación en la muestra
- Para identificar se utilizó antecedentes bibliográficos.
- Se conservó en formalina al 10 % especímenes de aquellas especies cuya identificación resultó difícil, para confirmar posteriormente. Estos datos se registraron en formularios específicos para este propósito.

c) Composición de las capturas de la flota

En forma complementaria a los dos procedimientos anteriores, se utilizó la información georeferenciada de las capturas obtenidas por la flota en forma contemporánea al crucero.

Esta información permitió , una vez finalizado el crucero, validar la identificación realizada mediante el método acústico y las pescas de identificación, haciendo una comparación entre las cartas de distribución geográfica y las capturas georeferenciadas. Esta información correspondió al período entre el 9 y 18 de septiembre de 1999.



Procesamiento de la información acústica

El procesamiento de los datos se realizó en gran medida a bordo mediante el software SIMBAD (Espejo y Castillo, 1997). Además, se ingresó la información sobre temperaturas y salinidades para cada estación oceanográfica. Se crearon bases de datos con las lecturas acústicas por cada IBM separados por especie, tipo de agregación, sus profundidades máximas y mínimas, la posición geográfica de a cada IBM, fecha, número y rumbo de la transecta.

Con tales datos se obtuvieron los mapas de distribución geográfica expresadas en categorías de densidad (Tabla 7) y los gráficos de distribución batimétrica de los recursos. Se calcularon los estimados de biomasa, con sus varianzas. El área prospectada fue calculada mediante un planímetro digital.

Estimación de biomasa y sus varianzas

- **Biomasa total**

La biomasa (\hat{B}), se estimó según:

$$\hat{B} = \hat{A} * \hat{R} * \hat{C}_b$$

donde:

A = área de estudio en millas náuticas cuadradas.

\hat{R} = estimador de razón de la densidad media por número de intervalos básicos de muestreo.

\hat{C}_b = constante de eointegración ($t^*mn^{-2}*Sa^{-1}$).



La razón (\hat{R}), equivale a las lecturas acústicas promedios del econtegrador por intervalo básico de muestreo, estimado como:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

donde:

- n = número de transectas en la muestra.
- x_i = densidad de la transecta i-ésima (S_a).
- y_i = número de I.B.M en la transecta i-ésima.

La lectura acústica del econtegrador por I.B.M., corresponde a la expresión

$$S_a = 4\pi * S_v * R_0^2 * (1852 / mn^2) * (r_2 - r_1)$$

donde:

- S_a = lectura promedio del econtegrador por I.B.M.
- S_v = coeficiente volumétrico de dispersión (m^2/m^2).
- R_0 = profundidad de referencia del blanco (m).
- r_2, r_1 = límite superior e inferior de la econtegración o estratos programados.
- 1.852 = factor de transformación de m a mn.



• **Biomasa por talla (método acústico)**

Este método calcula la biomasa por talla, en base, a la información acústica por I.B.M., la información de estructura de tallas por cada lance de pesca y la relación TS-L de anchoveta (Fig. 6).

De este modo la biomasa (\hat{B}) en número por talla se calcula según:

$$N_k = \sum_{j=1}^{j=m} \frac{Sa_j f_k}{4\pi \sum_{i=1}^r f_i 10^{\frac{(a+b \log L_i)}{10}}}$$

La biomasa en peso a la talla se calcula según:

$$B_{(k)} = N_k a_1 L_k^{b_1}$$

siendo:

- N_k = número de ejemplares en la k-ésima talla.
- Sa_j = lectura en la j-ésima I:B:M.
- F_k = frecuencia de la talla k determinada desde los lances de reconocimiento (%).
- T = total de tallas.
- F_i = frecuencia de la i-ésima talla, determinada desde los lances de reconocimiento (%).
- a y b = parámetros de la relación TS-L.
- L_i = longitud de la i-ésima talla (cm).
- $B_{(k)}$ = peso de la k-ésima talla (g).
- a_1 y b_1 = parámetros de relación peso-longitud.
- L^k = longitud de la k-ésima talla (cm).



• **Estimadores de varianza**

Para diseños sistemáticos como el aplicado en la presente evaluación, donde se consideró un único punto de arranque para la muestra sistemática, no es posible obtener un estimador de varianza que sea insesgado ni consistente. Sin embargo, hay un amplio conjunto de estimadores aproximados que pueden ser usados con resultados razonablemente buenos, particularmente cuando la población en estudio no presenta periodicidad, en relación, a la selección de la muestra sistemática. Por esta razón, la varianza de la biomasa se ha estimado mediante los métodos: Conglomerados de Tamaño Desiguales (Hansen *et al.*, 1954); Estratos Agrupados (Volter, 1985) y Bootstrap (Robotham y Castillo, 1990).

El estimador de varianza de la biomasa \hat{B} , se expresa según:

$$\hat{V}(\hat{R}) = \hat{\lambda}^2 * \hat{V}_i(\hat{R})$$

Los estimadores de la varianza de la razón $\hat{V}_i(\hat{R})$ utilizados fueron:

a) Conglomerado de tamaños desiguales (Hansen *et al.*, 1954)

$$\hat{V}_i(\hat{R}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{ny^2} (S_x^2 + \hat{R}^2 S_y^2 - 2 \hat{R} S_{xy})$$

donde N y n representan el número total de transectas en el área y en la muestra, respectivamente.

$$S_{xy} = \sum_1^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1}$$



$$S_x^2 = S_{xx}; S_y^2 = S_{yy}$$

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

donde, el intervalo de confianza $1-\alpha$ para la biomasa \hat{B} está dado por la expresión:

$$(\hat{B} \pm t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{\hat{V}_1(\hat{R})})$$

b) Estratos agrupados (Volter, 1985)

$$\hat{V}_2(\hat{R}) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{\hat{R}^2}{n(n-1)} (S_x^2 + S_y^2 - 2 S_{xy})$$

donde:

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(x_i - x_{i+1})(y_i - y_{i+1})}{x_i y_i}$$

$$S_x^2 = S_{xx}; S_y^2 = S_{yy}$$

El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para la biomasa, se estima por la expresión:

$$\hat{B} \pm t_{1-\alpha/2} * \hat{A} * \sqrt{\hat{V}_2(\hat{R})}$$

**c) Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)**

$$\hat{V}_3(\hat{R}) = \frac{1}{(G-1)} \sum_{i=1}^G (\hat{R}_i - \bar{\hat{R}})^2$$

$$\bar{\hat{R}} = \sum_{i=1}^G \frac{\hat{R}_i}{G}$$

donde \hat{R}_i es un estimador de razón obtenido de la i -ésima muestra de tamaño n seleccionada con reposición de la muestra original, y G representa la cantidad total de iteraciones bootstrap.

El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para el estimador de la biomasa, está dado por el percentil corregido (BC):

$$\hat{F}^{-1}\{\phi(2Z_o - Z_\alpha)\}$$

donde \hat{F}^{-1} es la función inversa de la distribución acumulada de $\hat{F}(\hat{R})$, definida por:

$$\hat{F}(\hat{R}) = \text{Prob}(\hat{R}_x \leq \hat{R}) y Z_o = \phi^{-1}(\hat{F}(\hat{R}))$$

- **Precisión de los estimados**

El nivel de precisión del estimado se entrega a través del coeficiente de variación y porcentaje de error:



a) Coeficiente de variación (Cv)

$$Cv = \frac{\sqrt{V\bar{x}}}{\bar{X}}$$

donde:

Vx = varianza de la media

X = media muestral

b) Porcentaje de error (E%)

$$E\% = \frac{t(1 - \frac{\alpha}{2}) * \sqrt{V(\hat{B})}}{\hat{B}} * 100$$

donde,

$V(B)$ = varianza de la abundancia.

B = biomasa.

t = t de student.

α = nivel de confianza.

Distribución de los recursos

La información procesada se presenta en mapas de distribución geográfica e histogramas de la frecuencia de cardúmenes ubicados según la profundidad.

La distribución espacial de anchoveta, sardina española y jurel, se muestra por separado en cartas de contorno y mantos tridimensionales, y donde las isolíneas representan curvas que unen puntos de igual densidad, permitiendo de esta manera



destacar las áreas de mayor concentración de los recursos (MacLennan y Simmonds, 1992).

Las cartas de distribución espacial, se confeccionaron mediante el uso del módulo TOPO y SURF del programa SURFER, utilizando el interpolador de la distancia inversa al cuadrado ($1/d^2$) y aplicando la escala de categorías descritas en la tabla 5.

- **Indices de presencia y abundancia relativa**

Para complementar el análisis de la distribución espacial de los recursos en estudio, se utilizó los índices de presencia y densidad relativa (Castillo *et al.*, 1996). El índice de presencia (IC) muestra el porcentaje del área ocupada en forma efectiva por la especie, brindando el grado de concentración presente en el recurso, calculándose como:

$$IC(\%) = \frac{IBM^{(+)}}{IBM^{(t)}}$$

donde:

$IBM^{(+)}$ = observaciones acústicas con presencia de la especie objetivo.

$IBM^{(t)}$ = observaciones totales.

La abundancia relativa (ID) es determinada por el índice de densidad e indica la concentración del recurso en las IBM's con presencia de la especie objetivo. Su estimación es:

$$ID(t / mn^2) = \frac{\sum_{n=1}^i Sa * C}{IBM^{(+)}}$$



donde:

S_a = es la densidad promedio por IBM.

C_b = constante de ecointegración ($t/mn^2/S_a$).

Asociación entre las variables oceanográficas físicas y los recursos

Se realizó un análisis descriptivo entre las variables oceanográficas físicas (temperatura y salinidad) y los recursos, presentando la distribución batimétrica de cada especie, en histogramas con la frecuencia de los cardúmenes (%), respecto a las variables temperatura y salinidad, comparándose con el comportamiento histórico de las variables oceanográficas y los recursos.



5. RESULTADOS

Cobertura e intensidad del muestreo sobre el stock parental de la anchoveta

En esta investigación, a diferencia de las anteriores aplicaciones del "Método de Producción de Huevos", se intensificó el muestreo en el mar, principalmente en la componente adultos, hecho motivado por el cambio en la distribución espacio-temporal de la anchoveta y a la fuerte disminución que presentaron los desembarques de este recurso durante el segundo trimestre de 1999. Para tal efecto, se utilizaron tres goletas pesqueras de alta mar, las que cubrieron una amplia zona del área de estudio, extendiéndose en determinadas estaciones del track hasta las 60 millas de la costa, ampliándose la búsqueda con la ayuda de la flota cerquera comercial.

Este nuevo enfoque consistente en utilizar embarcaciones pesqueras dotadas de capitanes con amplia experiencia en la búsqueda de la especie en estudio, permitió corroborar la disminuida presencia y cobertura del recurso anchoveta durante fines de agosto e inicios de septiembre de 1999, hecho que sistemáticamente fue confirmado en la exploración pesquera efectuada por las tres embarcaciones, las que encontraron un pobre ambiente de pesca, lo que finalmente se tradujo en escasas capturas y bajos rendimientos. Es de interés señalar, que la anchoveta presentó desde febrero hasta julio una fuerte y sostenida disminución de los desembarques en la I y II Región, decreciendo en ese lapso desde las 222 mil hasta las 43 mil toneladas, respectivamente. Por otra parte, en la III Región el desembarque de esta especie fue inferior a las 7 mil toneladas en los nueve primeros meses de 1999, esta cifra es la más baja de los últimos años.



Las observaciones realizadas por las tres goletas fueron corroboradas por el accionar de la flota, la cual una vez terminada la veda reproductiva de la anchoveta presentó bajos rendimientos de pesca, lo que en determinados casos obligó a los Jefes de Flota a disminuir drásticamente las salidas de las embarcaciones. Situación que recién se normalizó en noviembre de 1999.

Los desembarques de anchoveta, en la I y II Región, durante 1999, alcanzaron a 780 mil toneladas, de las cuales el 74% se capturó en el primer y último trimestre, lo cual se relaciona con el término relativo de los principales procesos biológicos (reproducción y reclutamiento).

En relación al muestreo de huevos, es importante mencionar, que en la presente aplicación del "Método de Producción de Huevos", además de la red vertical CalVET (versión PAIROVET), se incorporó experimentalmente por primera vez en Chile el uso de un muestreador continuo de huevos "Bomba CUFES", importado de USA, el cual colectó huevos en forma simultánea a la red, obteniéndose dos muestreos independientes entre sí y que permitirán en el futuro mejorar las estimaciones.

5.1 Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio del crucero

El seguimiento reproductivo de la anchoveta permitió definir la época de desove, entregando antecedentes claves para el inicio del crucero del MPH.

El análisis del índice gonadosomático (IGS), indicó que en junio se intensificó el proceso reproductivo, observándose el pleno desove entre agosto-octubre, condición que comenzó a disminuir levemente en noviembre-diciembre. Además, la anchoveta, en 1999, se caracterizó por presentar una constante actividad reproductiva, mayor a la



observada en el período histórico, con índices promedios mensuales superiores (Tabla 8 y Fig. 7).

La tendencia mostrada por el IGS, en 1999, fue similar a la reportada en 1998, con un reposo relativo entre febrero-mayo, intensificándose la actividad en junio-julio, con un desove importante en agosto-octubre y una declinación en noviembre-diciembre, siendo más marcada la caída de la actividad de desove en 1998.

El análisis microscópico, efectuado a las anchovetas colectadas en la I y II Región, señaló que ya en junio se evidenciaba una importante actividad reproductiva, caracterizándose ésta por la presencia másiva de ovarios con ovocitos vitelogénicos, hidratados y presencia de folículos postovulatorios, lo que indica que en meses anteriores una proporción importante de las anchovetas estaba desovando.

El pleno desove, corroborado por la permanencia de ovocitos vitelogénicos, hidratados y folículos postovulatorios, se manifestó entre la primera quincena de julio y primera quincena de octubre, observándose en ese período los máximos valores del índice de actividad de desove (Fig. 8).

El análisis de los ovarios de la anchoveta, en la segunda quincena de octubre, indicó que aún este recurso se encontraba desovando, visualizándose tardíamente, en noviembre, atresia ovárica, con un inusual bajo porcentaje (Tabla 9).

Distribución de tamaños

Durante el crucero se midieron 16.433 anchovetas, cuya amplitud de tamaño fluctuó entre los 4 y 18 cm de longitud total, con una moda principal centrada en los 14,5 cm (15%) (Fig. 9).



5.2 Objetivo específico 3.2.1

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

Distribución y abundancia de huevos de anchoveta

El procesamiento y análisis de las 598 muestras colectadas durante el crucero, permitió determinar la presencia de 133 registros positivos a huevos de anchoveta (Fig. 3) en los cuales se colectaron 7.582 huevos/0,05m², lo que representó una frecuencia porcentual de 22%. La media de huevos por estación positiva en 1999 alcanzó a 57 huevos (DS = 175,50), cifra 46 y 50% mayor que la obtenida en igual período de 1997 y 1996 (media de huevos, 39 y 38, respectivamente), encontrándose éstos más dispersos, de acuerdo a los valores de desviación estándar (DS) (DS = 96,54 y 79,83).

En relación al número de huevos, 1999 presentó, en relación a 1997 y 1992 tasas de cambio negativas iguales a -6 y -45%, respectivamente. De la misma manera porcentajes de cambio positivos se registraron con respecto a los inviernos de 1996 y 1995, con valores iguales a 13 y 6% (Tablas 10 y 11).

La distribución espacial del desove de acuerdo a lo indicado por los huevos, señaló en términos generales, que este ocurrió en el rango latitudinal comprendido entre Caleta Chimba (23°33'S) y Arica, con 3 focos de abundancia claramente diferenciados, los que se ubicaron: frente a Caleta Chimba (23°55'S), entre Caleta Michilla (22°43'S) y Caleta Patillos (20°45'S). Desde Caleta Patillos hacia el límite



norte de la zona prospectada, se presentó una importante de estaciones positivas con huevos de anchoveta cuyas densidades promedio fluctuaron entre 2 y 25 huevos/0,05m². Desde Caleta Chimba hasta Punta Carrizalillo (26°03'S) y a excepción de la estación costera de esta última localidad, no hubo presencia de huevos de anchoveta (Fig. 13).

No obstante, la importante distribución espacial exhibida por los huevos de anchoveta, para la zona Antofagasta - Arica, el 91% de éstos se concentraron entre la costa y las 40 mn, registrándose la mayor frecuencia de estaciones positivas en la línea de estaciones de 1mn (20) y entre las 10 y 35 mn (81) (Fig. 13).

Producción diaria de huevos

La producción diaria total de huevos (P) estimada a partir de los valores de Po, tuvo un valor promedio de $40,99 * 10^{12}$, con una varianza de $1,008 * 10^{27}$ y un coeficiente de variación de 0,7747. La tasa diaria de mortalidad promedio de los huevos fue de 0,80, con una varianza de 0,709 y un coeficiente de variación de 1,055.

Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina, durante la aplicación del "Método de Producción de Huevos".

Durante la ejecución del crucero se constató la presencia de 11 estaciones positivas con huevos y 7 con larvas, identificándose un total de 111 huevos y 29 larvas, lo que representó una dominancia numérica de 1,4 y 1,2%, respecto del total de huevos y larvas, situación que caracteriza una actividad reproductiva muy disminuída (Tabla 12).



La distribución de huevos de sardina, latitudinalmente se extendió desde Caleta Oliva ($25^{\circ}13'S$) hasta Arica, adoptando éstos una modalidad estrictamente nerítica en la postura; a excepción de tres registros positivos localizados a 50 y 60 mn de la costa al oeste de Caleta Herradura de Mejillones ($23^{\circ}13'S$) y Punta Angamos ($23^{\circ}03'S$), respectivamente (Fig. 14).

La abundancia de huevos de sardina exhibió valores que fluctuaron entre 1 y 61 huevos/ $0,05m^2$, con una media de 10 y una DS de 17,32. Las estaciones con las densidades más importantes se localizaron frente a caleta Chimba ($23^{\circ}33'S$) y el Río Loa ($21^{\circ}25'S$), albergando en conjunto a más del 67% de los huevos de sardina censados durante el crucero.

Con respecto a la distribución y abundancia de las fases larvarias, éstas se presentaron con una frecuencia y densidad promedio inferior a la calculada para los huevos, lo que sugiere un disminuido proceso reproductivo, ocupando éstas el rango latitudinal comprendido entre Taltal ($25^{\circ}23'S$) y Playa Brava ($20^{\circ}15'S$), con densidades comprendidas entre 7 y 20 larvas/ $0,05m^2$, con una media igual a 4 (Fig. 15).

Al relacionar el índice de abundancia larval (Smith y Richardson, 1979), el cual provee de información respecto de la intensidad y extensión del desove, con la biomasa de sardina estimada mediante técnicas hidroacústicas y con los estimados de la biomasa media parental (V+) obtenidos por medio de análisis secuencial de poblaciones, se logra un buen ajuste entre el índice de abundancia larval y el ASP (base de datos IFOP). Con respecto a la evaluación hidroacústica, se obtiene una correlación menos significativa. De este modo los tres métodos considerados,



indican que para el período 1980-95, se ha detectado una tendencia decreciente en el stock de sardina.

En invierno de 1992 y 1999, el índice larval sugiere que esta situación tendería a revertirse, pero con posterioridad a 1992 los valores del índice de abundancia larval continuaron siendo bajos y muy cercanos a cero, para incrementarse nuevamente en invierno de 1999. Esta situación en ambos años, ha sido inducida por las condiciones oceanográficas cálidas registradas en la zona norte del país, las que fueron favorables para la sobrevivencia y desarrollo de huevos y larvas de sardina.

Cabe señalar, que en la actualidad los índices de abundancia larval estimados para sardina, se mantienen muy bajos, lo cual significa que el stock se está reproduciendo. Sin embargo, sus reclutamientos son aún muy débiles, razón por la cual, no es posible restaurar los niveles de biomasa registrados entre 1980 y 1990. Esto significa que la importante contribución de sardina a los desembarques pelágicos en la I y II Región (224.893 t, 29 noviembre al 5 de diciembre de 1999) obedece al ingreso de ejemplares a la zona de estudio y no a una recuperación de la biomasa de sardina, manteniéndose el stock de este recurso hasta el día de hoy colapsado (Fig. 17 y Tabla 13).



5.3 Objetivo específico 3.2.2

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

Se analizaron 1.530 hembras, correspondientes a 51 lances, coleccionándose 30 especímenes por lance.

- **Proporción de estadios de madurez microscópico**

El análisis histológico de los ovarios colectados entre el 10 de agosto y el 24 de septiembre indicó que el 100% de las hembras se encontraban activas, con un predominio de hembras con gónadas en estadio IV (59%) y V (33%). El comportamiento reproductivo de la anchoveta evidencia que el crucero se efectuó durante el máximo proceso de desove, en la I y II Regiones.

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

Teóricamente se pueden obtener estimados independientes de este parámetro:

- 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 por colección varió de 0 a 67% y el de día 2 fluctuó de 0 a 47%. 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 0,1699, con una varianza de 0,00004206 y un coeficiente de variación de 0,03889. Esto indicó que durante el tiempo de la exploración 17% de las hembras maduras desovaron cada día o que cada hembra madura desovó, en promedio, cada 5,9 días.

5.4 Objetivo específico 3.2.3

"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".

El recuento se efectuó solamente en ovarios que clasificaron histológicamente como hidratados, sin presencia de folículos postovulatorios.

El ajuste de la fecundidad parcial en función del peso corporal, para las 187 hembras hidratadas, analizadas por diferentes modelos se entrega en la tabla 16.

La fecundidad parcial promedio en las 51 colecciones varió de 7.471 a 14.641 ovocitos por hembra. Se utilizó el modelo de tipo lineal para los cálculos de fecundidad media poblacional (Figs. 10 y 11)

La fecundidad relativa promedio fue de 502 ovocitos por gramo de hembra.

La fecundidad parcial promedio, estimada para todos los lances (fecundidad modal), fue de 10.600 ovocitos, con una varianza de 85.163 y un coeficiente de variación de 0,275.



5.5 Objetivo específico 3.2.4

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

Proporción en peso entre los dos sexos

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó una amplitud entre 0,17 y 0,78, con un promedio de 0,46, cuya varianza fue de 0,00057 y el coeficiente de variación fue de 0,0517.

Peso promedio de hembras maduras

El peso total del cuerpo de hembras hidratadas, estadío 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 (Fig. 12), 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 de 51 lances, fluctuó de 17,1 a 30,5 gramos. El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 22,7 gramos, con una varianza de 0,1039 y el coeficiente de variación fue de 0,1421.



5.6 Objetivo específico 3.2.5

"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, en la I y II Región, fue de 1.118.674 toneladas, con una varianza de $7,8217 * 10^{11}$ y un coeficiente de variación de 0,7906.

5.7 Objetivo específico 3.2.6

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

Distribución espacio-temporal de los huevos de anchoveta y de la temperatura

En las figuras 18, 19 y 20 se muestran, para el período 1992-99, las distribuciones espaciales y temporales de los huevos de anchoveta y de la temperatura superficial y de 10 m de profundidad.

En 1992, la distribución de los huevos de anchoveta tuvo una gran cobertura geográfica y se encontraron presentes a lo largo de toda la costa dentro de las primeras 10 millas (Fig. 18). Se destacan tres focos principales: el primero, y el que presenta las mayores densidades, se localizó frente a Arica y se extendió incluso hasta el oeste de los $71^{\circ}W$; el segundo foco cubrió desde los $19^{\circ}30'S$ hasta Iquique a una distancia de 15 mn de la costa; finalmente, existió otro foco ubicado entre Mejillones y Antofagasta, pero que tuvo una escasa cobertura espacial. Con respecto



a la temperatura, se pudo apreciar que predominaron las aguas de 16-17°C, observándose también 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 encontraba al lado costero del gradiente formado por las aguas de 16 y 17°C.

En 1995, la cobertura de los huevos difiere, respecto a 1992. La distribución en 1995 estuvo centrada mayoritariamente al sur de los 21°C, sin detectarse focos al norte de esta latitud. Los focos principales se ubicaron en: a) en las proximidades de Tocopilla, destacándose por la gran abundancia de huevos; b) al frente de Tocopilla a una distancia de 50-60 mn de este puerto y c) un núcleo focalizado en la latitud 24° 20' L.S. y en la longitud 71° L.W. La TSM, se ubicó preferentemente entre los 14 y 17°C.

En 1996, los huevos de anchoveta disminuyeron notablemente su distribución espacial, exhibiendo una modalidad de postura más alejada de la costa, incluso el único foco importante en la zona costera se localizó en las proximidades de Mejillones. Se registró una gran concentración frente a los 21°S a una distancia de 40-50 mn de la costa, también se destacó que al sur de Antofagasta no hubo registros positivos de huevos de anchoveta. La temperatura registrada indicó un predominio de aguas entre 15 y 16°C, observándose que el principal foco de desove, estuvo asociado con el borde interno del frente que conformaron las aguas de 16 y 17°C.

En 1997, la distribución varió su comportamiento respecto a los años anteriores. Dicha distribución se presentó más desplazada hacia el sur, debido a los efectos del fenómeno "El Niño". No obstante lo anterior, se volvió a detectar tres núcleos cuantitativamente importantes: el primero, al igual que en 1992, se localizó frente a Arica, con una escasa extensión geográfica y muy costero; el segundo, al igual que en 1996, se ubicó frente a los 21° L.S. a una distancia de 40 - 50 mn de la costa. Cabe



señalar, que este foco volvió a convertirse en el principal; por último el otro núcleo se ubicó entre Mejillones y Antofagasta. La temperatura experimentó un gran aumento debido a las perturbaciones ambientales características del fenómeno "El Niño", también es importante señalar, que el núcleo de mayor densidad de huevos estuvo relacionado con el borde costero de las aguas de 18 a 19°C (Fig. 20).

Durante 1999, la cobertura geográfica de los huevos de anchoveta disminuyó significativamente. Sin embargo, se detectó focos de huevos con densidades interesantes. El primer foco se extendió desde los 20°30' L.S. hasta Tocopilla y fue un núcleo costero que no sobrepasó las 5 mn de la costa; el segundo núcleo se ubicó a unas 50 mn frente a Tocopilla y tuvo una cobertura espacial mediana, finalmente el tercero se emplazó entre Mejillones y Antofagasta y se caracterizó por una alta 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, el último y más importante estuvo asociado a una masa de agua fría de temperaturas entre 13 y 14°C (Fig. 20).

Relación de huevos y la TSM

La relación entre el número de celdas con huevos y la temperatura superficial del mar y a 10 metros se muestra en las figuras 21 y 22, en las cuales se aprecia, que en 1992, la mayoría de los huevos de la especie se concentraron preferentemente en aguas con temperaturas comprendidas entre los 15° y 16°C. En 1995, debido a la dominancia que ejercieron las aguas de 14 y 15°C en la zona de estudio, los huevos se asociaron casi exclusivamente a dichas temperaturas. En 1996, el mayor número de celdas con huevos se ubicó en los 15 y 16 °C.



Durante 1997, hay una notable entrada de aguas cálidas, incluso con temperaturas que superan los 20°C, debido a que en la zona estuvo presente el fenómeno “El Niño”. Los huevos de anchoveta se ubicaron mayoritariamente en temperaturas superiores a los 17°C. En 1999, la zona volvió a registrar temperaturas cercanas a la normalidad pero con una escasa presencia de huevos, los que se ubicaron entre los 14 y 17°C.

Relación entre el número promedio de huevos y la temperatura

Las figuras 23 y 24 muestran la distribución del promedio de huevos, respecto a la temperatura superficial y a 10 m de profundidad. Cabe hacer notar, que los huevos promedio fueron estimados por segmentos de temperatura cada 0,25°C.

En 1992 se observó una relación polinómica que da cuenta de un 54% de la varianza. En la figura 23 se observa que el rango óptimo para los huevos se produjo entre los 16,0 y 17,0°C. En 1995, se volvió a ajustar una línea de tendencia del tipo polinómica. Sin embargo, a diferencia de 1992, esta relación funcional mostró que el rango óptimo se ubicó entre los 14,5 y 15,75°C. En ambos casos el $F_{\text{calculado}}$ es mayor que el $F_{\text{crítico}}$ lo que implica que las relaciones son estadísticamente significativas.

En 1996, se ajustó una línea de tendencia de tipo polinómico. Además, similar a 1995, esta relación funcional muestra un rango óptimo entre los 14,75 y 15,75°C. No obstante, en 1996 la prueba del test F indica que la regresión no es estadísticamente significativa.

En 1997, se verificó una relación que explica el 45% de la varianza. Se destaca que debido al fenómeno “El Niño” el mejor rango se desplazó hacia temperaturas mayores



y se localizó entre los 18 y 19°C. En 1999, cuando las temperaturas volvieron a registros cercanos a la normalidad, la asociación de las variables alcanzó su máximo, con un $R^2 = 0,56$ y un rango óptimo de 14,25 a 15,75°C.

En cuanto a la temperatura a 10 m de profundidad, se observó que en 1992, la relación polinómica explicó un 36% de la varianza, asimismo se apreció que hubo un amplio rango óptimo que estuvo entre los 15 y 16,25°C (Fig. 24). En 1992 la prueba F indicó que la regresión no es estadísticamente significativa. En 1995 y 1996, se observó un rango óptimo de 14,5-16,0°C, el cual varió levemente con el nivel de la temperatura superficial.

Cabe hacer notar, que en 1997, la relación explicó el 57% de la varianza, no obstante dicha relación, estuvo afectada por las temperaturas altas, producto del fenómeno "El Niño". En 1999, también se registró una alta asociación entre las variables de un 46% y un rango óptimo de 14,0 a 15,5°C, con un $F_{calculado}$ mayor que el $F_{crítico}$.

5.8 Condiciones oceanográficas asociadas a crucero de huevos

Temperatura Superficial

La temperatura superficial presentó valores entre 13,1 y 17,8°C que aumentaron de costa a océano y de norte a sur (Fig. 25), con un gradiente costero de aproximadamente 2°C en las 20 primeras millas al norte de Antofagasta y casi inexistente hacia el sur. Los valores observados fueron en promedio 3°C menores que los registrados en el crucero MPH de 1997, período en que se desarrollaba el evento "El Niño" y que alcanzó anomalías de hasta 4°C al norte de Iquique.



La anomalía de temperatura superficial, con respecto a los promedios de largo plazo de Blanco (1996) (Fig. 25), presentó como valor promedio $-0,3^{\circ}\text{C}$ en el área de estudio. Prácticamente, en toda la zona se observaron valores negativos muy cercanos al cero, donde los menores valores se ubicaron en las áreas costeras entre los 19° y los 21° L.S. y al norte de Mejillones y estuvieron asociados a zonas de surgencia. Valores mayores de 0°C se encontraron entre Arica y los 19° L.S., frente a la zona del río Loa y entre los 23° y 24° L.S. Estos valores son indicativos de la presencia de condiciones normales en la zona.

Temperatura a 50 m de profundidad

La temperatura a 50 m de profundidad (Fig. 26) presentó un patrón de distribución diferente a los medidos en superficie, donde se observó una mayor diferencia entre la zona costera y la oceánica, con una franja con valores mayores de 15°C a lo largo de toda el área de estudio por fuera de las 20 millas. Respecto de la superficie, las diferencias (Fig. 26) fueron positivas y alcanzaron hasta 4°C frente a Arica, donde valores mayores de 2°C se encontraron a lo largo de toda la costa. Esto estaría indicando una capa de mezcla muy pequeña y que disminuye de sur a norte y de océano a costa.

Distribución vertical de temperatura

La distribución de temperatura entre la superficie y 100 m de profundidad (Fig. 27), muestra claramente como el espesor de la capa de mezcla aumentó de norte a sur y del área oceánica hacia la costa, coincidente con lo descrito para la diferencia de temperatura entre la superficie y 50 m (Fig. 26). La termoclina permanente se presentó bajo la capa de mezcla, con un grosor entre 20 y 40 m, con un gradiente



aproximado para la zona norte de 2°C/10 m y de 1°C /10 m en el sur. En el sector costero (dentro de las primeras 20 mn) las isotermas presentaron un ascenso hacia la costa, lo que estaría indicando la existencia de procesos de surgencia.

Salinidad superficial

Los valores de salinidad superficial (Fig. 25), al igual que la distribución de temperatura, aumentó sus valores de sur a norte y desde la costa hacia el sector oceánico, con la excepción de algunos núcleos de baja o alta salinidad. Los valores se encontraron entre 34,5 psu en el extremo sur y mayores de 35,0 psu por fuera de las 10 millas entre Arica y Punta Lobos. La franja costera tuvo valores entre 34,6 y 34,9 psu, con un pequeño gradiente costero en la zona al norte de los 22°S.

La anomalía de salinidad (Fig. 25), respecto de los promedios mensuales de largo plazo de Blanco (1996), presentó durante el crucero una anomalía de salinidad promedio de -0,10 psu, alcanzando valores mayores de 0,0 psu sólo en la zona de Arica. En general, la anomalía es pequeña y poco significativa, e indicaría, una menor presencia en superficie del agua Subtropical.

Salinidad a 50 m de profundidad

La salinidad a 50 m de profundidad (Fig. 26) presentó una distribución similar que la observada en superficie, pero sin los altos valores de la zona norte. La diferencia de salinidad entre la superficie y los 50 m de profundidad presentó valores positivos en casi toda la zona, alcanzando a 0,46 psu en el sector oceánico frente a los 19° L.S., diferencias negativas se encontraron en el sector costero entre Tocopilla y Antofagasta.



Distribución vertical de salinidad

La distribución vertical de salinidad (Fig. 27) presentó el máximo superficial hasta casi 40 m de profundidad, generando una haloclina muy significativa para esa época del año y que disminuyó hasta desaparecer en la zona sur. El mínimo de salinidad subsuperficial, correspondiente al agua Subantártica, se ubicó bajo los 60 m y alcanzó el valor de 34,5 psu en el sector sur, aumentando a más de 34,7 psu en el norte. El máximo salino subsuperficial correspondiente al agua subantártica apareció por debajo de los 60 m en el sector costero en la transecta de más al norte, profundizándose hacia el sur.

5.9 Bomba de huevos

El área lindante al río Loa, comprendida entre Punta Patache (20°48'S) y el paralelo 21°48' L.S., corresponde a una zona característica de desove de la anchoveta, razón por la cual, en septiembre de 1999, se instaló y utilizó a bordo del B/C "Carlos Porter" del Instituto de Fomento Pesquero, el sistema CUFES (Continuous Underway Fish Egg Sampler), prospectándose una grilla configurada por 13 transectas perpendiculares a la costa equidistantes cada 5 mn y de 30 mn de extensión longitudinal, en la cual, se colectó un total de 272 muestras. El sistema CUFES colectó muestras separadas cada 2,5 mn (app. 20 minutos entre muestras) a una profundidad de 3 m, con una tasa de flujo de bomba igual a 822 L/m (0,8 m³ /L) y a una velocidad de crucero de 6 nudos (Fig. 28). El volumen de agua filtrada por la red CalVET fue calculado mediante metodología estándar propuesta por Smith, *et al.* (1985). El volumen de agua promedio filtrado por la red CalVET fue de 3,45 ± 0,57 m³ y el del sistema CUFES fue igual a 2,104 m³. De las 272 muestras totales, 91



correspondieron a estaciones fijas (muestras dobles CUFES + Red CalVET) y 181 a muestras colectadas en ruta (Figs. 2 y 29).

Con respecto a los parámetros ambientales, en cada una de las 91 estaciones fijas se obtuvo un registro continuo de temperatura, salinidad y fluorescencia mediante el uso de un CTD SEA BIRD modelo 19.

La tabla 14 muestra un resumen de las estadísticas del número de huevos (m^3) de sardina y anchoveta colectados por el sistema CUFES y red CalVET durante las estaciones fijas y el monitoreo en ruta.

Con las concentraciones de huevos de sardina y anchoveta muestreados con el sistema CUFES y red CalVET (m^3) se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson's y la estimación de parámetros para la regresión lineal. Estos análisis fueron realizados para ambas especies, con datos no transformados y transformados $\ln(x+1)$. Los resultados de estos análisis se presentan en la tabla 15 y figuras 30 y 31, donde se observan altos coeficientes de correlación.

Abundancia y Distribución de huevos colectados con sistema CUFES

De las 181 muestras colectadas con el sistema CUFES, la sardina se detectó en 34 estaciones positivas, concentrándose un total de 1.114 huevos/ m^3 . La media de huevos por estación positiva alcanzó a 33 y sus densidades fluctuaron entre 1 y 433 huevos.

Respecto a la anchoveta, esta fue encontrada en 76 estaciones en ruta, totalizando 24.213 huevos/ m^3 , promediando una densidad de 319 huevos por estación positiva, con densidades comprendidas entre 1 y 2.629 huevos (Tabla 14).



No existe segregación espacial en la distribución de huevos de ambas especies, estas cohabitan prácticamente a lo largo de toda la zona costera explorada. No obstante, los huevos de sardina mostraron una distribución menos disgregada respecto a los de anchoveta, denotando una desviación estándar de 74,86, encontrándose distribuidos entre Caleta Chanavaya y Cerro Conos Perdidos, observándose éstos dispersos y conglomerados a lo largo de la zona costera, destacando dos núcleos importantes, uno localizado entre Punta Guanillo Norte a Punta Chipana Norte y el segundo entre Punta Lautaro hasta el sur de la transecta situada en Caleta Punta Arenas (Fig. 32).

La presencia de los huevos de anchoveta mostró una distribución más dispersa en sentido latitudinal y longitudinal que los de sardina, con una desviación estándar de 616,12, localizándose principalmente en toda la zona costera explorada y extendiéndose hasta 30 mn, esencialmente en la zona comprendida entre la transecta ubicada al norte de Punta Lobos Sur y Punta Chileno, sector en el cual su dispersión longitudinal fue bastante contagiosa. Sin embargo, los núcleos más importantes se localizaron en la zona costera, destacando uno entre Punta Guanillo Norte a Punta Chipana Norte y otro desde el norte de Punta Chileno y el sur de Caleta Punta Arenas (Fig. 33).

Abundancia y distribución de huevos colectados en estaciones fijas

De las 91 estaciones fijas, muestreadas con red CalVET y sistema CUFES, los huevos de sardina se presentaron en 9 y 11 de ellas, respectivamente, totalizando una densidad de 59 y 219 huevos/m³. Los huevos de anchoveta en cambio se encontraron en un total de 32 y 27 estaciones, concentrando a 5.653 y 1.545 huevos/m³, respectivamente (Tabla 14).



Se aprecia en ambos tipos de muestreo una zona con ausencia de huevos de anchoveta, principalmente hacia el sector oceánico, correspondiente a cuatro transectas ubicadas hacia la zona sur. Similar situación se observó en las transectas de Punta Patache y Caleta Chanavaya, donde su distribución, y para los dos tipos de muestreo, fue escasa (Fig. 34 a).

Los huevos de sardina mostraron también similar patrón de distribución con respecto al sistema CUFES, con un predominio costero, pero con una concentración bastante más reducida, detectándose sólo un foco positivo en cada transecta costera y un foco aislado frente a Punta Lobos Sur a 30 mn (Fig. 34b).

Las otras dos especies colectadas con red CalVET, jurel y *Vinciguerria*; se presentaron en forma ocasional, en dos focos costeros los huevos de jurel y en una estación a 30 mn los de *Vinciguerria* (Fig. 34c y d).

5.10 Objetivo específico 3.2.7

"Determinar la distribución y la biomasa de anchoveta (en peso) y su varianza asociada a través del método acústico".

Calibración de sistema EK-500

La calibración electroacústica del sistema EK 500 del B/I "Abate Molina", se realizó utilizando un blanco estándar de cobre de 60 mm de diámetro diseñado para la frecuencia de 38 Khz.



Las mediciones se llevaron a cabo en Pisagua el 16 de septiembre de 1999, calibrando la frecuencia de 38 khz en los pulsos corto, medio y largo.

La tabla 6, resume los resultados obtenidos para el sistema de ecosondas SIMRAD EK-500, junto a anteriores calibraciones realizadas en la zona de estudio. Los valores de ganancia del transductor para fuerza de blanco (TS) e integración (Sa), indican un adecuado comportamiento del sistema de ecosonda e ecoinTEGRADOR a través del tiempo, al no observar variaciones importantes entre las ganancias de transductor entre las distintas calibraciones realizadas (0,12 a 0,27 dB).

Constante ecoinTEGRACIÓN de anchoveta ($t^*mn^{-2}*Sa^{-1}$)

La constante de ecoinTEGRACIÓN fue determinada a partir de la relación $TS = 20 \text{ Log } (L) - 73,50$, establecida sobre una base de 125 datos y un coeficiente de correlación de 0,93. (Fig 6a).

Se determinó un TS de -50 dB , correspondiente a la talla promedio observada en la zona de estudio, la cual incluyó información de la flota cerquera y del B/I "Abate Molina", al no apreciar diferencia entre las distintas estructuras de tallas (Figs. 35 y 36). De igual modo, se evaluó la relación longitud-peso de anchoveta obteniendo un peso a la talla de 24,2 g (Fig. 6b), calculando con ambos valores un TS_{kilo} de $-33,83 \text{ dB}$ y por ende una constante de ecoinTEGRACIÓN de $0,1922 (t^* mn^{-2}*Sa^{-1})$.

Pesca de reconocimiento

La posición de los lances de pesca se muestra en la figura 5. Las capturas obtenidas en los distintos lances de pesca y la información detallada de cada uno de ellos, se presentan en las tablas 17 y 18, respectivamente.



Los resultados de captura indican que el mayor aporte lo constituyeron las especies: langostino colorado con un 62,1% (1.662 kg), bacaladillo (*N. crockerii*) con un 14,5% (389 kg) y anchoveta con un 11,1% (274 kg). Las otras especies tales como; salpas, calamar, falso volador (*Prionotus spephanophris*), eufaúsidos, peces linternas, sardina española, y jurel, representaron el 12,3% de la captura total. Respecto a la especie langostino colorado, de acuerdo al análisis preliminar del Museo Nacional de Historia Natural, la especie correspondería a *Pleuoncodes sp.*, con características pelágicas y no al *P. Monodon*.

Por otra parte, es importante señalar, la presencia de reclutas de anchoveta en las capturas, las cuales por su tamaño y cantidad no constituyeron un aporte significativo a la captura total, extrayéndose entre caleta Hornitos y Arica.

La presencia de langostino colorado en la zona de estudio, observado a partir de la ocurrencia del evento "El Niño" 1997, fue ratificado con el alto aporte (62,1%) de esta especie a la captura total (2.676 kg.). Dada esta evidencia, es recomendable realizar estudios tendientes a determinar el grado de importancia de esta especie a nivel biológico, ecológico, como también productivo.

Capturas de la flota, contemporánea al crucero

Durante el desarrollo de este estudio (10 de agosto al 25 de septiembre de 1999), en la zona comprendida entre Arica y Pta Ballenita (26° LS), se analizaron 90 lances efectuados por la flota cerquera comercial (Fig. 5c).

La captura de anchoveta se concentró principalmente en las primeras millas. La distribución de los lances de pesca, con captura de anchoveta, y que muestra, en



general, cuatro zonas de concentración, son coincidentes con las detectadas mediante la prospección acústica (Fig. 5c y Fig. 37).

Los resultados de captura de la flota explican en parte el bajo número de lances realizados en la prospección acústica, dado la escasa presencia de anchoveta en la zona, lo cual se evidencia a través de las capturas reportadas que variaron entre 0,5 a 141 t, con un valor promedio por lance de 12,9 t. De igual modo, el número de lances sin pesca alcanzó a los 39, registrándose en 18 lances capturas de anchoveta inferiores a una tonelada (Tabla 4).

Distribución espacial de los recursos

En la zona de estudio, se detectó anchoveta, sardina y jurel. La anchoveta y sardina presentaron una distribución contagiosa, agrupándose en sectores bastante focalizados, a diferencia de jurel que presentó una distribución amplia en la zona de estudio.

a) anchoveta

Este recurso estuvo presente entre Arica y Antofagasta, desapareciendo hacia el sector sur del área de estudio. De Antofagasta al norte, la anchoveta se distribuyó en cuatro sectores, estos son: entre 5 y 10 mn frente a Pta. Coloso (23° 40' L.S.), a 3 mn de Pta. Arenas (21° 40' L.S.), a 2 mn frente Pta. Pichalo (21° 40' L.S.) y de 20-30 a 3 - 6 mn frente Arica (Fig. 37).

Las mayores concentraciones de anchoveta se localizaron frente a Antofagasta y Arica, y ellas se caracterizaron por la presencia de agregaciones del tipo cardumen.



b) Sardina

Esta especie estuvo virtualmente ausente en la zona prospectada, con excepción de dos agregaciones ubicadas a 28 mn frente a Pta. Amarilla (24° 40'LS) y 11 mn de Pta. Pichalo (Fig. 37). La sardina presentó agregaciones caracterizadas por cardúmenes de alta densidad y esporádicos, siendo un aspecto recurrente en anteriores evaluaciones acústicas.

c) Jurel

Este recurso predominó en la zona de estudio, determinando la distribución total de los recursos pelágicos, con una presencia recurrente, asociado a densidades bajas, exceptuando a 38 mn al sur de Antofagasta y 25 mn frente Arica, donde se observó un incremento importante en su densidad, respecto a lo observado en el área de estudio (Fig. 38).

Distribución batimétrica de los recursos

a) Anchoveta

En el sentido batimétrico, la anchoveta se localizó entre la superficie y 20 m de profundidad, con un 89% de los cardúmenes entre los 10 y 20 m (Fig. 39).

La distribución en profundidad del recurso estuvo limitada por las isotermas de 13 a 18°C, concentrándose el 47% de los cardúmenes entre los 17 y 18°C (Fig. 40), rango similar a lo registrado en 1997 (17 a 19°C). Respecto a la salinidad ésta varió entre 34,5 a 35,2 psu, registrando sobre el 44% de las agregaciones entre los 35,1 y 35,2 psu (Fig. 41).



b) Sardina

Batimétricamente, la sardina se ubicó entre 10 y 30 m de profundidad, asociada a temperatura de 15 a 17 °C y salinidades de 34,7 a 34,9 psu. Cabe señalar, que estos resultados deben ser tomados con reserva puesto que representan sólo dos agregaciones de sardina presente en la zona de estudio (Figs. 39 - 41).

c) Jurel

En sentido vertical, el jurel se detectó entre la superficie y 100 m de profundidad (Fig. 39), agrupando el 69% de las agregaciones entre los 10 y 30 m, observándose un leve incremento de 50 a 70 m. El mayor número de agregaciones de jurel se ubicaron entre 10 y 20 m (46%).

Las isotermas que limitaron esta distribución de jurel fueron las que se ubicaron entre los 12 y 18°C. El 37% de las agregaciones se agruparon en las isotermas de 15 a 16°C (Fig. 40). En tanto la salinidad varió entre 34,3 y 35,2 psu, sin que existiera un rango preferencial de distribución para el jurel (Fig. 41).

Estimados acústicos de la biomasa

a) Biomasa total

El resultado de la estimación acústica de biomasa para los recursos pelágicos presentes en la zona de estudio, se resume en la tabla 19.



En general, el jurel alcanzó la mayor biomasa con 63.500 t, seguido por anchoveta con 53.000 t. La escasa presencia de sardina española (dos agregaciones) impidió estimar la abundancia en esta especie.

b) Biomasa por talla

La biomasa por talla para la anchoveta se presenta en la tabla 20. La abundancia en peso y en número alcanzó a 51.674 t y $2.367,69 \cdot 10^6$, respectivamente. La diferencia entre el estimado en peso al tamaño, con respecto a la biomasa total fue de sólo un 2,5%.

Precisión de los estimados de biomasa

Los niveles de precisión medidos a través del porcentaje de error del estimado (E%) y el coeficiente de variación (CV), para los distintos métodos aplicados se presentan en la tabla 21.

Los coeficientes de variación de la biomasa estimada en anchoveta fluctuaron entre 0,23 y 0,49 (Tabla 21) y estuvieron asociados a errores entre 37,9 a 81,1%, valores que se encuentran en el rango de los alcanzados en anteriores evaluaciones de recursos pelágicos realizados en la zona de estudio.

Respecto a la situación observada en jurel, el error de estimación estuvo entre 47,4 a 65,9%, con coeficientes que variaron de 0,28 a 0,40.



Indices de presencia y densidad

El índice de densidad muestra para anchoveta un mayor grado de concentración del recurso principalmente en el sector costero, con valores de 109,5 t/mn², respecto de lo observado en jurel 96,37.

Variables oceanográficas superficiales

El análisis de las variables oceanográficas superficiales (3 m) de temperatura, salinidad y oxígeno, indicaron la existencia de un gradiente termo salino a la cuadra de Cta. Chipana, que también se visualizó en menor intensidad en la variable oxígeno. En sentido latitudinal, se observaron gradientes térmicos costeros menores.

Al comparar estos resultados con la distribución de anchoveta, se puede sugerir que los sectores donde se detectó principalmente el recurso, coinciden con las áreas donde se observó a nivel superficial valores altos de oxígeno y gradientes térmicos. Este resultado es coherente con los observado históricamente para anchoveta en la zona de estudio (Castillo *et al.*, 1996).



6. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El proceso reproductivo histórico de la anchoveta, en la I y II Región, se caracteriza por presentar una disminución de la intensidad del desove entre marzo y abril. Posteriormente, entre mayo y junio se detecta claramente el inicio del incremento de los índices lo que es una expresión del comienzo del proceso de vitelogénesis, etapa preparatoria para la ovogénesis, la cual termina con desoves de tipo fraccionado.

Cabe hacer notar que la Subsecretaría de Pesca para reducir la mortalidad por pesca del stock parental, durante el período de máxima intensidad de desove, fijó un período de veda biológica para la anchoveta y sardina, desde el límite norte del país hasta el límite sur de la II Región, entre el 26 de julio y el 12 de septiembre de 1999, ambas fechas inclusive (Decretos N° 290, 315 y 339, publicados en el D.O. el 23/7, 16/8 y 30/8 de 1999, respectivamente).

En 1999, los índices gonadosomáticos se mantuvieron altos, observándose un amplio proceso reproductivo, desde junio de 1999 a marzo del 2000, visualizándose la mayor actividad en agosto-septiembre, período en que el IGS registró un promedio de 8,1%, valor que se ubica sobre el histórico. El relativo reposo sexual se evidenció entre febrero y mayo, con un IGS promedio de 4,1, lo que indica que una proporción interesante de la población mantuvo su actividad reproductiva.

Cabe recordar que, en 1997, los índices se presentaron anormalmente bajos, visualizándose un largo período de relativo reposo sexual de enero a julio, con un promedio del IGS que alcanzó a sólo 2,7%. Posteriormente, en 1998, el relativo reposo sexual se ubicó de enero a mayo, observándose actividad reproductiva de



junio de 1998 a enero de 1999, con un máximo en septiembre-octubre, es decir, con un desfase de un mes, respecto a lo histórico.

El análisis microscópico indicó que en junio de 1999 ya existía una importante actividad reproductiva (sin presencia de atresia ovárica) que fue incrementándose, presentando altos índices de actividad de desove entre la segunda quincena de julio y primera quincena de octubre. En cambio en 1997, a pesar que entre julio y primera quincena de agosto se observaron índices de desoves importantes, también se registró un alto porcentaje de ovarios con atresia ovárica, situación anómala al iniciarse el proceso reproductivo, comportamiento que se evidencia normalmente al término del período reproductivo. Posteriormente, la presencia de atresia disminuyó en la segunda semana de agosto y septiembre de 1997, registrándose en ese período la mayor actividad de desove del período, la cual fue marcadamente menor a la visualizada en 1999.

En 1999, prácticamente no se detectó atresia ovárica, al contrario se evidenció un largo período de desove. En cambio, en 1997, se registró un evento reproductivo atrasado, con un período de reposo largo (febrero a junio), con una condición anómala, principalmente en mayo y junio, situación asociada a la presencia de atresia en los ovarios en que recién se manifestaba la vitelogénesis.

Las hembras con presencia de atresia temprana, como lo sucedido en 1997, no tuvieron la capacidad de desovar en un período cercano y la energía reproductiva la utilizaron probablemente en otros procesos (migración, alimentación, etc), sin llegar a desovar. La presencia de atresia al inicio del proceso reproductivo es una condición inusual. Este comportamiento reproductivo de la anchoveta, frente a las condiciones oceano-atmosféricas imperantes en 1997-98, fenómeno "El Niño", ya ha sido obser-



vado en otros recursos pelágicos (sardina española), el cual se caracteriza por altos índices de atresia, profundización de los cardúmenes, concentración de cardúmenes en zonas restringidas de surgencias, disminución del peso, bajo índice de grasa, etc.

En 1999, en presencia de condiciones post “El Niño”, la cual se caracterizó por presentar un ambiente relativamente estable y favorable para la anchoveta, permitió que este recurso tuviera una alta actividad de desove, comportamiento que se enmarca como una estrategia reproductiva positiva.

Una de las premisas importantes del “Método de Producción de Huevos” para que sus resultados sean confiables, es que su aplicación debe efectuarse durante el período de la máxima actividad de desove, por lo tanto, la definición del inicio del crucero es clave. El monitoreo que se realiza antes del crucero debe ser minucioso e intensivo y con una cobertura tal, que permita estudiar el proceso en toda el área de estudio. Además, la precisión de la información es vital, para tal efecto, se deben utilizar las herramientas de análisis, tanto macroscópicas (IGS) como microscópicas (Índice de Actividad de desove e Índice de Atresia Ovárica). De acuerdo a los resultados del presente estudio, la utilización de información microscópica, permitió obtener una mayor definición del desarrollo ovárico a tiempo real suficiente, lo cual ayudó a tomar una decisión acorde a los objetivos del MPH.

De acuerdo a la Propuesta Técnica, el diseño para la colección de adultos, indicó que se efectuarían 45 lances, lo cual en beneficio del estudio se incrementó a 51 lances positivos. Al respecto, es importante mencionar, que en las anteriores aplicaciones del MPH en Chile, se realizaron 50 lances (Rojas y Oliva, 1993), 40 lances (Claramunt *et al.*, 1996), 32 lances (Claramunt *et al.*, 1997), 60 lances (Oliva *et al.*, 1998) y en Perú 40 lances (Ayon, P. y B. Buitron, 1997).



Las capturas de la anchoveta, al igual que en aplicaciones anteriores, se obtuvieron principalmente en zonas costeras, las cuales estuvieron asociadas a temperaturas menores (surgencia), respecto a las áreas mas alejadas de la costa. A pesar de la baja presencia de anchoveta en la I y II Región, se logró cumplir con el número de lances necesarios para la estimación de los parámetros biológicos provenientes de la captura de adultos.

Las zonas de mayor concentración de anchoveta se ubicaron frente a Mejillones-Antofagasta, de Tocopilla a Punta Lobos y entre Pisagua y Arica, lo cual coincide con los registros acústicos. Además, la distribución de los lances efectivos fue concordante con los registros de huevos.

La figura 16, muestra una reseña histórica de la distribución y abundancia de los huevos de anchoveta detectados durante todas las prospecciones de evaluación del stock desovante de anchoveta a través del MPH (1992, 1995, 1996, 1997 y 1999). Se estandarizó a la misma escala de densidad, correspondiente a número de huevos/0,05 m².

Durante 1992, el área de estudio se ubicó entre Arica y Antofagasta, concentrándose las mayores densidades de huevos en zonas costeras, entre Arica e Iquique. Sin embargo, la transecta situada al oeste de Arica exhibió una colonización casi total. La mayor dispersión longitudinal en el desove, se observó desde el norte de Iquique hasta el norte de Tocopilla. 1992 correspondió al año que presentó el mayor número de estaciones positivas y la mayor densidad promedio por estaciones totales.

En 1995, se amplió la zona de estudio hacia el sur, alcanzando la distribución de huevos hasta el límite norte de Taltal, encontrando interesantes concentraciones, lo



que ameritó, en los cruceros posteriores incrementar el área de muestreo hasta Carrizalillo (26° L.S.). El desove mostró un cambio radical en su distribución, con una baja concentración entre Arica y Punta Lobos, con escasos focos, intensificándose las densidades desde Punta Lobos a Mejillones; y desde el sur de Antofagasta hasta el norte de Taltal, donde el desove fue más intenso y agregado.

En 1996, se observó un cambio del patrón exhibido, con respecto a los años que se analizan (1992, 1995, 1997 y 1999), evidenciándose un desove más oceánico, con el número más bajo de huevos, con una disminuida densidad promedio por estaciones totales. Por otra parte, en 1996, no se detectó la gran concentración de huevos, que se encontró, en 1995, al sur de Antofagasta, en 1995.

En 1997, se observó una similitud, con lo reportado en 1995, en la extensión latitudinal hacia el sur del área de estudio. Las concentraciones de huevos encontradas en 1995, reaparecieron al sur de Antofagasta, lo cual se atribuyó a los fuertes cambios climático-oceanográficos (fenómeno "El Niño" 1997-98) ocurridos en la zona de estudio. En 1997, destacó una gran aglomeración, situada entre Mejillones y el norte de Taltal; y otra netamente costera, entre Iquique y el norte de Tocopilla.

En 1999, se observó un patrón similar al visualizado en 1992, con una distribución que abarcó desde Arica hasta Antofagasta, destacándose una importante densidad de huevos entre Caleta Patillos (20°45'S) y Caleta Michilla (22°43'S) y dos estaciones, con valores altos de huevos, las que se escapan del promedio.

El área asociada al río Loa, se ha caracterizado por ser un foco importante de desove, situación que se repitió en 1999, observándose un desove muy costero.



En la zona ubicada frente al puerto de Arica históricamente se han observado desoves en áreas alejadas de la costa. Sin embargo, en 1999, la distribución de huevos se presentó costera.

Las aplicaciones del MPH en la zona norte de Chile, dejan en evidencia que existen marcados cambios en la extensión y localización de los focos de desove, de un año a otro, manteniéndose como una zona relevante, frente al río Loa y sus alrededores. Las diferencias interanuales de las áreas de desove han dependido de eventos climático-oceanográficos, explotación del recurso, contaminación, estado fisiológico, etc.

El "Método de Producción de Huevos" ha demostrado constituir una herramienta eficaz para la determinación de la biomasa del stock desovante de la anchoveta del norte de Chile. La mayor fuente de variabilidad en la estimación, está asociada a la determinación del parámetro producción diaria de huevos (P_o), el cual contribuye en forma relevante al incremento del coeficiente de variación del estimado, situación que fundamentalmente se genera por las características espaciales del desove de la anchoveta, distribución de parches de los huevos, corta residencia de los huevos en el mar y la falta de una definición clara de los límites geográficos del área de desove.

Durante la prospección efectuada en 1999, la actividad reproductiva se caracterizó por dos situaciones inusuales: a) la concentración de prácticamente la totalidad de los huevos al norte de la latitud $23^{\circ} 10'$ L.S. y b) la presencia de dos estaciones, con elevadas concentraciones de huevos de anchoveta, que en conjunto constituyeron el 35% de la totalidad de los huevos colectados durante el crucero (Fig. 13). Ambos hechos, contribuyeron al incremento del coeficiente de variación del parámetro P_o , que en esta oportunidad alcanzó un valor de 0,77, substancialmente mayor al reportado en estimaciones anteriores. La disminución de la variabilidad de P_o debería



plantearse a futuro sobre la base de la zonación del área total de muestreo, utilizando criterios biológicos, oceanográficos o ambos, entre otros factores. Además, esta situación puede ser abordada con la bomba de huevos, la cual permitiría ubicar con mayor precisión las áreas de mayor o menor concentración de huevos en el mar en forma continua y rápida. Esta nueva tecnología, recién introducida en 1999 en Chile, en forma experimental, necesita todavía, seguir probándose, para llegar a constituir una herramienta confiable y eficaz.

En 1999, la producción diaria de huevos en el área aumentó en un 132 y 82%, respecto a lo reportado en 1996 y 1997, presentando similitud a la estimación efectuada en 1995 y un 32% menor a 1992.

La tasa instantánea de mortalidad de huevos en 1999 (0,80), fue mayor a la reportada en 1996 (0,41) y 1997 (0,64). El valor obtenido en 1999 se sitúa como la tasa más alta de las calculadas en anteriores aplicaciones del MPH, con cierta similitud a lo reportado en 1995. Esto indica, que probablemente, la influencia de las condiciones bio-oceanográficas imperantes ("La Niña"), respecto a la sobrevivencia de los huevos, influyeron negativamente en el desarrollo de los huevos. Se adiciona a lo anterior, la concentración de los huevos a zonas restringidas a la costa.

El análisis de los parámetros de adultos, indicó que a un igual peso promedio de hembra madura, la fecundidad registrada en 1999, fue menor a la reportada en las anteriores aplicaciones del MPH en el país (Figs. 42 y 43). En cambio, la frecuencia de desove aumentó, respecto a lo registrado en 1997, acercándose a los valores calculados en 1992, 1995 y 1996. Cabe recordar, que en 1997, hubo un cambio marcado de los parámetros de adultos, observándose que tanto el peso promedio de hembra madura como también la fecundidad parcial y relativa, presentaron valores



alrededor de un 30% más bajos. Situación similar se visualizó con la frecuencia del desove, la cual bajó de un 19 a un 13%. En 1999, no se evidenció una recuperación del peso de hembra madura y tampoco de la fecundidad, manteniéndose los niveles similares a lo reportado en 1997 (Tablas 22 y 23).

La proporción sexual presentó valores similares a los calculados en 1992, 1995 y 1996, con una mayor representación de machos, comportamiento que se enmarca dentro de lo esperado, a diferencia de lo ocurrido en 1997, en que la mayor proporción sexual correspondió a las hembras.

Las alteraciones en el proceso reproductivo de la anchoveta, registrados en 1997, se relacionaron directamente con los cambios drásticos en las condiciones climático-oceanográficas producto del fenómeno “El Niño” 1997-98. Comportamiento similar se ha visualizado en otros recursos pelágicos, como la sardina (*Sardinops sagax*) durante “El Niño” ocurrido en 1982-83. En 1999, se observó una condición bioceanográfica más acorde a lo reportado en años anteriores, sin presencia del evento “El Niño”, es decir, “años normales”. Aunque en 1999, se evidenció una recuperación fisiológica de la anchoveta, persistió el bajo número de ovocitos en el ovario y el disminuido peso de las hembras maduras.

En 1997, los cambios oceanográficos alteraron en forma sustancial el proceso reproductivo de la anchoveta, observándose una disminuida condición fisiológica, evidenciada por un bajo contenido de lípidos como fuente energética para la óptima elaboración de los productos sexuales, situación que se vio reflejado en una disminución del peso gonadal, atraso en el proceso reproductivo, decremento del índice gonadosomático, presencia de atresia gonadal al inicio de la actividad reproductiva, una pérdida porcentual del peso gonadal con respecto al eviscerado,



bajo índice de actividad de desove, predominio de hembras en período reproductivo, disminución del tamaño y del peso promedio de hembra madura, y variación en las áreas de desove. Los cambios detectados en 1999, indican ausencia de atresia ovárica, con una actividad reproductiva que se ha registrado prácticamente todo el año, con una mayor intensidad en el segundo semestre, aumento en el índice gonadosomático, alto índice de la actividad del desove y registros de desoves en zonas habituales, las cuales concuerdan con las reportadas históricamente.

La Información de carácter global señaló, que la tendencia general observada desde fines de 1995 hacia un evento frío, se mantuvo hasta abril de 1997, fecha en la cual se comenzaron a visualizar anomalías positivas de la TSM en la zona ecuatorial, las cuales se incrementaron rápidamente hasta junio, disminuyendo ligeramente en julio y agosto, reactivándose nuevamente en septiembre. Los valores de temperatura observados durante el crucero MPH-1997, concordó con lo señalado por los índices globales y costeros, confirmando el desarrollo de uno de los eventos "El Niño" de mayor magnitud de los registrados. En noviembre los índices oceánicos y atmosféricos continuaron presentándose con anomalías de gran magnitud, similares a los registrados en diciembre (Boletín de Alerta Climático, CPPS, diciembre 1997).

La evolución de las condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial, indicaron que el fenómeno "El Niño" alcanzó su máximo en febrero de 1998. Este evento ha sido catalogado como muy fuerte.

A partir de junio de 1998 se observó un cambio, iniciándose en términos generales "La Niña" (evento frío). Las condiciones del fenómeno "La Niña" ha persistido desde junio de 1998, con valores de temperatura superficial del mar, menores de las normales.



Las condiciones frías del evento "La Niña" continuaron dominando el Pacífico tropical durante agosto de 1999, con anomalías en la temperatura superficial del mar entre -0,5 y -1,5°C a lo largo del ecuador. En la costa sudamericana la anomalía de temperatura fue levemente positiva, no sobrepasando 1°C, lo que fue confirmado por el crucero MPH en agosto de 1999.

En la costa norte de Chile, durante todo el período del evento "La Niña" (junio 1998 a la fecha), no se registraron anomalías negativas significativas en la TSM, sólo la salinidad presentó valores negativos levemente significativos.

La tendencia que presentan los diferentes indicadores oceánicos y atmosféricos globales para enero y febrero del 2000, es la declinación de "La Niña", con ciertos indicios de relativa normalización, lo que coincide con los resultados de la gran mayoría de los modelos predictivos efectuados en el mundo. Se pronostica el término de este evento durante la segunda mitad del año 2000 (BAC, 113).

La biomasa del stock desovante estimada a través del "Método de Producción de Huevos", en 1999 (1.118.674 toneladas), presentó un incremento en un 100 y 92%, respecto a 1996 y 1997, acercándose a los valores estimados en 1992 y 1995 (Tabla → 24). Es importante mencionar, que el estimado de biomasa tiene una influencia importante de ciertas estaciones en que los huevos estuvieron muy concentrados y con un número significativo, situación biológica cuya ocurrencia no es inusual para la anchoveta, lo cual influye directamente en el coeficiente de variación. Además, la evidencia de una alta tasa instantánea de mortalidad, estaría indicando que la sobrevivencia de los huevos, probablemente fue menor que en años anteriores, lo que incidiría en una merma presencia de larvas de anchoveta. Por otro lado, la detección de estadios de desarrollo embrionario tardío, presentes en 1999, situación



que no se observó en 1992 y 1997, podría indicar que la velocidad de crecimiento embrionaria fue lenta, producto de las menores temperaturas. Estos cambios en la velocidad del desarrollo embrionario debieran estudiarse a través de experimentación en laboratorio.

Un antecedente importante de mencionar, es que en la zona norte de Chile, la biomasa fitoplanctónica en 1998 estuvo fuertemente deprimida, con valores típicos de sistemas oligotróficos en las cercanías de la zona costera. Sin embargo, en 1999 la biomasa fitopláctónica se recuperó de manera notable, no obstante se restringió a las primeras 10 mn y en áreas específicas, cuyos centros de gravedad se ubicaron frente a la zona de Arica, entre Iquique y el río Loa y al norte de Mejillones y Antofagasta, manteniéndose la mayor parte del área bajo un régimen oligotrófico más allá de las 20 mn. La distribución de la biomasa fitoplactónica reportada, se relaciona directamente con las concentraciones encontradas, durante el crucero MPH de 1999, tanto para el módulo huevos como para los adultos.

Las biomásas estimadas en 1996 (568.411 toneladas) y en 1997 (593.699 toneladas), presentaron una disminución considerable (50%), respecto a lo reportado en 1992 (1.052.000), en 1995 (1.223.515 toneladas) y en 1999 (1.139.000) (Tabla 22). El decremento ocurrido en esos años (1995 y 1997), se presentó como una situación de riesgo, planteándose la incertidumbre para el futuro de la pesquería de la anchoveta en la I y II Región. Además, en 1997 la situación se agudizó aún más, por la presencia del fenómeno "El Niño" 1997-98, el evento más fuerte de las últimas décadas. El pronóstico planteado fue concluyente en 1998, año en que se capturó sólo 123 mil t. de anchoveta. En 1999, se observó la recuperación del recurso, llegando a niveles de capturas "regulares" (748 mil t), con respecto a los volúmenes que se manejan al inicio



de la pesquería, correspondiente a la segunda mitad de la década de los '80. (1.300.000 t).

Es de interés recordar, que la anchoveta de la zona norte de Chile constituye la misma unidad de stock que la anchoveta de la región sur del Perú, debido a esto los organismos encargados del manejo de las pesquerías, Subsecretaría de Pesca de Chile - Ministerio de Pesca del Perú y las instituciones de investigación (IFOP-Chile e IMARPE-Perú), han fortalecido en los últimos años el trabajo e investigación conjunta y la estandarización de sus bases de datos con el propósito de proteger este importante stock pesquero. En tal sentido, en noviembre de 1999, se reunieron los investigadores en Perú, indicando que la biomasa desovante de la anchoveta mostró una tendencia creciente desde 1984 hasta 1996, lo que generó estabilidad al stock. En el período 1997-1999 se redujo el stock desovante en un 82%, respecto al valor máximo de 1993, explicada por la declinación sostenida de los reclutamientos y del stock desovante. Para 1999, se calculó una biomasa desovante de un millón de toneladas. Finalmente, se destaca que la relación entre el stock desovante y el reclutamiento es compleja, debido a que el ambiente la modifica de manera positiva o negativa (Sexto Taller de evaluación conjunta de los stocks de sardina y anchoveta del sur del Perú y Norte de Chile, 1999).

Los estimados de biomasa de anchoveta, a través del "Método Acústico" en la zona Arica-Antofagasta, han presentado importantes fluctuaciones, variando desde 0,45 millones de t en 1985 hasta una virtual desaparición de la zona norte en 1987 como consecuencia de "El Niño" 1986-87, con una biomasa de 28.900 t. Entre 1988-91, los estimados fluctuaron entre 42.000 y 70.000 t (Castillo *et al.*, 1985; Castillo *et al.*, 1987), con un notable incremento en el invierno de 1994 en que se registraron los niveles de mayor magnitud desde 1985, año en que se detectó una recuperación de



anchoveta en la zona norte, después del colapso de la pesquería en la década de los 70. La biomasa estimada en el invierno de 1997, constituyó el segundo valor más alto de la serie analizada, después de 1,3 millones de t registrados en el invierno de 1994.

En este contexto, la biomasa estimada para 1999 (53.000 t), presentó valores similares a los estimados en el período 1988-91 y muy por debajo al calculado en 1997.

Respecto a la zona Antofagasta-Coquimbo, los antecedentes históricos de estimados de biomasa de anchoveta son escasos para realizar un análisis de la evolución de este recurso. Su presencia en esta zona aparentemente es esporádica, presentándose en ciertas épocas del año en el sector centro-norte de dicha área.

La alta variabilidad observada en los estimados de biomasa de recursos pelágicos, con métodos acústicos, se explica en gran parte por su patrón de distribución, generalmente contagioso, lo cual en 1999 fue evidente para la anchoveta, agrupándose en sectores bastante focalizados.

Los coeficientes de error registrados históricamente para anchoveta han fluctuado entre 31 y 95%, observándose una tendencia a estabilizarse, a partir de 1989, entre el 40 y 60%.

En este sentido, las evaluaciones de anchoveta, exige que el muestreo se circunscriba hasta 40 mn de la costa, con una densidad de transectas superior al aplicado, privilegiando la prospección en áreas costeras incluyendo algunos sectores que eventualmente constituyan un refugio durante algunas horas del día.



La gran diferencia de los estimados de biomasa, entre el "Método de Producción de huevos" y "Método Acústico", se explica principalmente por la ex-temporalidad de los cruceros, donde el crucero acústico se efectuó después de haber terminado la colección de huevos. Por otra parte, es importante tener presente la gran dinámica que presenta la anchoveta, lo que induce a que en pocas semanas sus concentraciones cambien y si ésto se asocia a que el stock de anchoveta de la zona norte de Chile es compartido con el sur del Perú, las estimaciones pueden variar dependiendo de la temporada en que se efectúen. Además, hay que considerar que la anchoveta en 1999 se presentó muy costera, ubicándose en bahías puntuales entre la superficie y los 20 m de profundidad.

El año pesquero 1999, tuvo resultados operacionales que pueden ser catalogados, de acuerdo al enfoque y horizonte aplicado, como "bueno", respecto a los volúmenes extraídos en el mal año pesquero de 1998 y con las proyecciones estimadas para 1999, las que fueron sobrepasadas por la realidad. Por otra parte, los resultados de 1999, pueden calificarse como "regulares" si se comparan con los registros históricos recientes (1990 a 1997) (Tabla 25).

Es de interés destacar hechos, tanto de índole coyuntural como estructural, que incidieron sobre los volúmenes desembarcados por la flota cerquera en 1999:

- La escasa incidencia de anchoveta de pequeño tamaño (reclutas) en las capturas reportadas a inicios de febrero, permitió la incorporación y operación de toda la flota durante febrero y marzo, situación atípica, no observada en años anteriores. Esto se tradujo a que en ese período se extrajeran 310 mil toneladas.



- Entre abril y julio se produjo una fuerte reducción de las capturas de anchoveta (206 mil t).

- En noviembre y diciembre se obtuvieron importantes capturas de anchoveta, las que se caracterizaron por estar constituidas por ejemplares de mediano y gran tamaño, en un período que en otros años disminuían los volúmenes de las capturas al aplicarse las vedas de reclutamiento, producto de las altas tasas de captura de juveniles en esos meses.

- Por otra parte, 1999 se caracterizó por las inusuales altas capturas de sardina, hecho asociado a un período post “El Niño”, volumen que alcanzó en tres meses (marzo-mayo) a 180 mil t (en el último quinquenio la sardina no sobrepasó en el año, en la I y II Región, las 50 mil t).

- Entre agosto y octubre de 1999, se observaron los primeros efectos pesqueros derivados de la reestructuración económica y funcional, que estuvo orientada a mejorar la estrategia de gestión de las principales empresas pesqueras de la zona norte. Esto introdujo un importante cambio en la dinámica operacional de la flota, aplicando un menor esfuerzo de pesca, hacia una pesca más responsable, elementos que incidieron en las altas capturas obtenidas en los dos últimos meses de 1999 (245 mil t), asociado a una entrada de anchoveta proveniente, probablemente, de la zona sur del Perú.



- Una baja presencia de ejemplares reclutas, en la I y II Región, en el período típico de ingreso de reclutas a la pesquería, es decir, de octubre de 1999 a febrero del 2000. Este último resultado de la operación de la flota indicaría, que a pesar de existir un desove importante, las altas tasas de mortalidad natural detectadas en el crucero, serían responsables de un débil reclutamiento del stock.



7. CONCLUSIONES

- En 1999, la anchoveta capturada en la I y II Región, presentó un prolongado e intenso proceso reproductivo, con un reposo sexual disminuido y prácticamente sin presencia de atresia ovárica.
- El análisis microscópico indicó que en junio de 1999, ya existía una importante actividad reproductiva, con presencia de vitelogénicos, hidratados y folículos postovulatorios, sin presencia de atresia ovárica, evidenciándose el pleno proceso de desove entre la segunda quincena de julio y la primera quincena de octubre de 1999.
- Las zonas de mayor concentración de anchovetas, durante los cruceros, se ubicaron frente a Mejillones-Antofagasta, de Tocopilla a Punta Lobos y entre Pisagua y Arica, lo cual coincide con los registros acústicos. Además, la distribución de los lances efectivos fue concordante con los registros de huevos.
- El análisis de los parámetros de adultos, indicó que a un igual peso promedio de hembra madura, la fecundidad registrada en 1999, fue menor a la reportada en las anteriores aplicaciones del MPH en el país. En cambio, la frecuencia de desove aumentó, respecto a lo registrado en 1997, acercándose a los valores calculados en 1992, 1995 y 1996. En 1999, no se evidenció una recuperación del peso de hembra madura y tampoco de la fecundidad, manteniéndose los niveles similares a lo reportado en 1997.



- La proporción sexual presentó valores similares a los calculados en 1992, 1995 y 1996, con una mayor representación de machos, comportamiento que se enmarca dentro de lo esperado, a diferencia de lo ocurrido en 1997, en que la mayor proporción sexual correspondió a las hembras.
- La distribución espacial del desove, durante el crucero MPH, de acuerdo a la concentración de huevos, ocurrió en el rango latitudinal comprendido entre Caleta Chimba ($23^{\circ} 43' \text{ L.S.}$) y Arica, con 3 focos de abundancia:
 - a) Frente a Caleta Chimba ($23^{\circ} 55' \text{ L.S.}$).
 - b) Entre Caleta Michilla ($22^{\circ} 43' \text{ L.S.}$) y Caleta Patillos ($20^{\circ} 45' \text{ L.S.}$).
 - c) Entre Pisagua ($19^{\circ} 30' \text{ L.S.}$) y Límite norte de Chile.

Entre las latitudes 24° y 26° no se registraron huevos de anchoveta.

- La mayor concentración de huevos se detectó en la línea de estaciones de 1 mn y entre las 10 y 35 mn. La extensión longitudinal se ubicó preferentemente (91% de los huevos) de la costa hasta 40 mn.
- En 1999, la producción diaria de huevos en el área aumentó en un 132 y 82%, respecto a lo reportado en 1996 y 1997, presentando similitud a la estimación efectuada en 1995 y un 32% menor a 1992.
- La biomasa del stock desovante de la anchoveta estimada a través de la aplicación del "Método de Producción de Huevos", en la I y II Región, fue de 1.118.674 toneladas, incrementándose en un 100 y 92%, respecto a 1996 y 1997, acercándose a los valores estimados en 1992 y 1995



- La temperatura superficial presentó valores entre 13,1 y 17,8°C. Los registros observados fueron 3°C menores a los reportados en el crucero MPH de 1997, período en que se desarrollaba el evento "El Niño" y que alcanzó anomalías de hasta 4°C al norte de Iquique.
- La anomalía de TSM, presentó como valor promedio -0,3°C en el área de estudio.
- La termoclina se presentó bajo la capa de mezcla, con un grosor entre 20 y 40 m, observándose en el sector costero existencia de procesos de surgencia.
- La salinidad se ubicó entre 34,5 y 35,0 psu, con una anomalía de salinidad de -0,10 psu.
- Los valores de temperatura, durante el crucero efectuado en invierno de 1999, en la I y II Región, concuerdan con lo señalado por los índices globales y costeros, confirmando condiciones cercanas a la normalidad.
- El estimado acústico de biomasa de anchoveta alcanzó a 53.000 toneladas. El jurel a 63.500 toneladas y la escasa presencia de sardina impidió estimar la abundancia.
- La anchoveta se localizó en áreas donde se observó valores altos de oxígeno y gradientes térmicos, entre la superficie y 20 m de profundidad, con una mayor concentración entre los 10 y 20 m.



- Queda en evidencia que para la estimación de la biomasa desovante de la anchoveta, el crucero acústico debe realizarse simultáneamente al crucero del “Método de Producción de Huevos”, utilizando en lo posible la misma plataforma de trabajo, lo cual es técnicamente factible, como quedó demostrado en 1997.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGLEN, A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. FAO Fish. Rep. 300, 293-298.
- ALARCON R. y H. ARANCIBIA. 1993. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza común, *Merluccius gayi gayi* (Guichenot, 1848). Cienc. Tec. Mar. CONA 16: 33-45.
- ALDERDICE, D., and A. HOURSTON. 1985. Can. J. Fish and Aquat. Sci. 42:56-68
- ALHEIT, J. 1985. Egg production method for spawning biomass estimates of anchovies and sardines. International Council for the exploration of the sea. C. M. 1985/H:41. Pelagic Fish Committee. Session Q. Contribution N° 31. PROCOPA. 10 p.
- 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.
- ALHEIT, j. 1989. comparative spawning biology of anchovies, sardines and sprats. Rapp. P. V Reunión. Cons. Int. Explor. Mer, 191: 7-14.
- ARANCIBIA, H.; L. CUBILLOS; J. REMMAGGI Y R. ALARCON. 1994. Determinación de la talla de madurez sexual y fecundidad parcial de la sardina común *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano de Chile. Biología Pesquera 23: 11-17.



- ARENAS, P., J. HUNTER Y L. JACOBSON. 1996. Sardine Symposium 1995. CALCOFI. Reports Volume 37. 129-208.
- 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. 1996. Biomasa desovante 1995 del stock norte-centro de la anchoveta peruana *Engraulis ringens*, estimada por el Método de Producción de Huevos. Inf. Inst. Mar del Perú N° 119: 14-20.
- 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 86. 1997. Boletín de Alerta Climático. Diciembre 1997. CPPS.
- BAKUN, A and PARRISH. 1980. IOC. Workshop Rep. 30: 67-104.
- BERLINSKY, D.; M. FABRIZIO; J. O' BRIEN and J. SPECKER. 1995. Age-at-maturity estimates for atlantic coast female striped bass. Transactions of American Fisheries Society 124: 207-215.
- BINDMAN, A. G. 1986. The 1985 spawning biomass of the northern anchovy. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 27: 16-24.



- BLANCO, J. L. y M. DIAZ. 1985. Características oceanográficas y desarrollo de “El Niño” 1982-83 en la zona norte de Chile. *Inv. Pesq. (Chile)* 32: 53-60.
- BLANCO, J. L. 1996. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile. Informe interno. IFOP.
- BLAXTER, J. AND J. HUNTER, 1982. The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.* 20: 201 – 223.
- BRAUN, M. 1995. Determinación de la distribución espacial y la abundancia de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel. En: Evaluación Hidroacústica de los Stocks de Sardina Española, Anchoveta y Jurel en la Zona Norte, I a IV Regiones. Informe Final - Proyecto FIP.
- BRAUN, M. 1996. Ictioplancton. En: Evaluación Hidroacústica de los Recursos Anchoveta, Jurel y Sardina Española de las regiones I a IV. Informe Final FIP 95-03. 165 pp Figuras y Tablas.
- BRAUN, M., J. BLANCO Y V. VALENZUELA. 1997. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Primer Informe de Avance FIP 95-05. 80 pp Tablas y Figuras.
- BRAUN, M., J. BLANCO, H. MILES, J. OSSES Y J. CASTILLO. 1999. Monitoreo acústico estacional de las condiciones bioceanográficas en las Regiones I y II (Etapa I). Pre - Informe Final. FIP 98-08. 99 pp + Tablas y Figuras.



- BRYLINSKI, J. M. 1986. Méthode de detection des gradients faunistiques: les coupes FCT. Repartition du zooplancton au large du cap Griz-Nez (France). Ocanol. Acta . 9 (4). 457-467 pp.
- BUITRON, B. Y M. PEREA. 1996. Frecuencia de desove de la anchoveta peruana *E. ringens* en agosto y septiembre 1995. Informe N° 119. IMARPE: 27-33.
- CASTILLO, J., P. BRIONES Y J. CORDOBA. 1987. Distribución y abundancia de sardina española, jurel y anchoveta en primavera de 1987. Programa de Investigaciones Pesqueras Recursos Pelágicos - Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Chile: 89 p. anexos.
- CASTILLO, J., M. BRAUN y J.L. BLANCO. 1993. Cuantificación estacional de la biomasa de los recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica, Zona Norte. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos - Zona Norte. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. 54 p. + anexos.
- CASTILLO, J, M. A. BARBIERI and A. GONZALEZ. 1996. Relationship between sea surface temperature, salinity, and pelag fish distribution off northern Chile. ICES Journal of Marine Science Symposium Edition. Vol 53, N°2 : 139-146.
- CASTILLO, J., M. A BARBIERI, J. CORDOVA, S. LILLO y U. PARKER: 1996. Evaluación y distribución de recursos. En : Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, sardina y jurel en las regiones I a IV . Informe Final Proyecto FIP 95-03, IFOP. 161 p+anexos



- CASTILLO, J., M.A. BARBIERI, A. CORDOBA, S. LILLO Y U. PARKER. 1996. Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española en las Regiones I a IV . Informe Final. Proyecto FIP 95-03. Inst. Fom. Pesq. Chile. 165 p + anexos.
- CASTILLO, J., M. ESPEJO, S. LILLO y J. CORDOBA. 1997. Evaluación y distribución espacial del reclutamiento de anchoveta. En: Estimación del reclutamiento de anchoveta en las regiones I y II. Informe Final de proyecto FIP 96-02. Inst., Fom., Pesq., (Valparaíso-Chile). 126 p + anexos.
- CASTILLO, J., M. ESPEJO Y S. ROSALES. 1999. Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta en las Regiones I y II, 1998. Informe de Avance. Proyecto FIP 98-07. Inst. Fom. Pesq. Chile. 19 p + anexos.
- CASTILLO, J. M: ESPEJOS, M. A. BARBIERI, V. CATASTI, J. L. BLANCO, J. OSSES, Y P. BARRIA. 1999. Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta en las regiones I y II, 1998. FIP 98-07. IFOP, Chile, 166 pag + figuras.
- 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 + anexo.
- CLARAMUNT, G., G HERRERA, P. PIZARRO, J. PIZARRO, R. ESCRIBANO, M. OLIVA, A. OLIVARES 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 96-01. Fondo de Investigación Pesquera. Universidad "Arturo Prat" Iquique. 75 p anexo.

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

CÓRDOVA J., M. A. BARBIERI, S. LILLO, 1998: Evaluación Hidroacústica de jurel: En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (161p)+anexo figs.

CUNHA, E., A. FARINHA, I. FIGUEREIDO and M. 1988. Determinação da biomassa de reprodutores de sardinha pelo Metodo de Produção de Ovas. In: Bases para o Estudo da Variabilidade do Recrutamento da Sardinha na Costa Portuguesa. Projecto JNICT Nº 87344.

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

ESPEJO, M. Y J. CASTILLO. 1997. SIMBAD un nuevo enfoque de procesamiento de datos acústicos. En Resúmenes XVII. Congreso de Ciencias del Mar. 186 - 187 pp.

FOOTE, K. 1983. Journal of the Acoustical Society of America, Mantaining precision calibrations with optimal cooper spheres.

FOOTE. K. 1981. Echo sounder measurements of backscattering cross sections of elastic spheres. Fisker og Havet Ser, B, 1981 (6): 1 - 107.



- FOOTE, K., H. KNUDSEN, G. VESTNES, D. MAC LENNAN AND J. SIMMONDS. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.
- FOOTE, K. AND J. RIVOIRARD. 1992. Geostatistical analysis of acoustic survey data on O-group herring in Fjord. ICES C.M. 1992/ D:10. 14 p.
- FRANCIS R.I.C.C. 1984. Variability in hidroacuscctic biomass estimate (comment). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 825-826.
- FRONTIER, S. 1983. Stratégies D'échantellonnage de E'cologie. Les Presses de L'Universite Laval Quebec.
- GARCIA, A., N. PEREZ, C. PORTEIRO and P. CARRERA. 1991. Estimate of the sardine spawning stock biomass off the Galician and Cantabrian coasts. ICES, C.M. 1991/H: 35. 11 p. + anexos.
- GUZMAN, O.,J. CASTILLO; S. LILLO; P. PINEDA; L. RODRÍGUEZ E Y. GIAKONI. 1983. Estudio de recursos pelágicos. Programa Monitoreo de los Recursos Pelágicos I. Prospección zona Arica-Coquimbo (18°30'- 30°00'S). Corporación de Fomento de la Producción (AP 83-82) Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile.
- HANSEN, R., W. MADOW Y W. HUWITZ. 1953. Sample survey methods and theory. Volume I and II. Methods and applications: Jhon Wiley and Sons, INC.
- HEWITT, R. and 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 Jolla, Ca. U.S.A. 46 p.

HEWITT, R. 1985. The 1984 spawning biomass of the northern anchovy. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 26: 17-25.

HIRT, L. and S. FLORES. 1994. Reproducción de *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881) Osteichthyes, Prochilodontidae y escala de maduración de ovarios. B. Inst. Pesca. 21 (único): 83-94.

HOP, H; M. GRAHAM and V. TRUDEAU. 1995. Spawning energetics of arctic cod (*Boreogadus saida*) in relation to seasonal development of the ovary and plasma sex steroid levels. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 541-550.

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.R., N.C.H. LO and R.J.H. 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. 1985. Preservation of northern anchovy in formaldehyde solution. 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: 63-65.

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.

HUTCHINGS, L. 1992. Sc. Afr. J. Mar. Sci. 12: 297-318.

ICES 1987: Calibration of acoustic instruments for the fish density estimation. A practical guide. ICES. Cooperative Research Report. 144. Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.

IMARPE. 1995. Biomasa desovante de la anchoveta y condiciones oceanográficas. Crucero 9408-10 BIC SNP-1 y bolicheras. 33p. + anexos.

KIMURA D.K. AND LEMBERG N.A. 1981. Variability of line intercept density estimates (a simulation study of the variance of hydroacoustic biomass estimate). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1141-1152.

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.



- LILLO, S. Y M. ESPEJO. 1991. Distribución y abundancia de sardina, jurel, anchoveta y caballa en primavera de 1991. En: Evaluación directa de recursos pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica. Zona Norte. Informe de Proyecto. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile: 57-81.
- 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.
- MAC LENNAN, D. AND J. SIMMONDS. 1992. Fisheries Acoustics. Published by Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK. 325 p.
- MACEWICZ, B. and R. HUNTER. 1993. Spawning frequency and batchfecundity 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.
- MACCHI, G.; I. ELIAS and G. BURGOS. 1995. Histological observations on the reproductive cycle of the argentinian sandperch, *Pseudoperca semifasciata* (Osteichthyes, Pinguipedidae). Sci. Mar. 59 (2): 119-127.



- MANICKCHAND, S. and N. EHRHARDT. 1996. Spawning frequency, fecundity and spawning potential of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* in Trinidad, west Indies. Bulletin of Marine science. 58 (1): 156-164
- 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. Chile. 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. Chile. 135 p.
- MICROIMAGES, 1997. TNTmips. The map and image processing system: User's Guide, NE, USA.
- MILTON, D., G. BISHOP and N. RAWLINSON. 1994. Fish Bulletin. 92: 102-121.
- 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.



- 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.
- PARKER, K. 1980. A direct method for estimating northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning biomass. Fish. Bull., U.S. 78: 541-544.
- PENNINGTON, N. and P. BERRIEN. 1984. J. Plankton Res. 6: 809-879.
- PEREZ, N., A. GARCIA, N. LO and C. FRANCO. 1989. The egg production method applied to the spawning biomass estimation of sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) in the north atlantic spanish coasts. ICES, C. M. 1989/H. 23. 20 p.
- PEREZ, N.; I. FIGUEREIDO and A. SANTOS. 1989. Batch fecundity of *Sardina pilchardus* of the Iberian Peninsula. International Council for the exploration off the Sea. C. M. 1989/H:17. Pelagic Fish Committee. 9 p.
- PEREZ, N.; I. FIGUEREIDO and B. Macewicz. 1991. The spawning frequency of sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum) off the Atlantic Iberian Coast. En prensa. 16 p.



- PETITGAS, P. 1993. Geostatistiques à la biologie des peches maritimes. These de doctorat., Centre de Geostatistiques, Fontainebleau. 211 p.
- PETITGAS, P. 1993. Geostatistics for fish stock assessments: a review and on acoustic application. ICES J. mar. Sci., 50: 285-298.
- 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 R.P. HEWITT. 1984. The 1983 spawning biomass of the northern anchovy. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 25: 16-27.
- PICQUELLE, S.J. and G. STAUFFER. 1985. Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. 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.
- PNUD-CCPS/FAO 1992. Ejercicio de estandarización e inter-calibración de métodos acústicos para evaluar los recursos pelágicos. RLA/88/011, Callao, Perú 47 p.
- POWER, J. H. y L. N. May. 1991. Satellite observed sea surface temperatures and yellow fin tuna catch and effort in the Gulf of Mexico. Fish. Bull., 89 (3-4): 429-439.



- RAJ, D. 1968. Sampling Theory. Mc Graw-Hill Book Company.
- REDDY, R., V. Lyne, R. Gay, A. Easton y S. Clarke. 1995. An application of satellite-derived sea surface temperatures to southern bluefin tuna and albacore off Tasmania, Australia. *Sci. Mar.*, 59 (3-4): 445-454.
- ROBOTHAM, H. AND J. CASTILLO. 1990. The bootstrap method: an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustic techniques. *Rapp. P.-v. Reún. Cons. int. Explor. Mer*, 189: 421 - 424.
- ROJAS, O. y J. OLIVA. 1993. Evaluación del Stock Desovante de Anchoqueta de la Zona Norte por el Método de Producción de Huevos. Programa de evaluación directa de recursos pelágicos de la zona Norte. Convenio Empresas Pesqueras del Norte e Instituto de Fomento Pesquero. 50 p.
- SANTANDER, H. 1980. IOC Workshop Rep. 28: 255-274.
- SANTANDER, H., P.E. SMITH y J. ALHEIT. 1982. Determinación del esfuerzo de muestreo requerido para el estimado de producción de huevos de anchoqueta, *Engraulis ringens*, frente al Perú. *Bol. Inst. Mar Perú, Callao*. 7(1): 16p.
- SANTANDER, H., J. ALHEIT and P.E. SMITH. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoqueta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicación del " Método de Producción de Huevos ". *Bol. Inst. Mar Perú, Callao*. 8: 209-250.



- SANTIAGO, J. Y A. SANZ. 1989. Egg production of the Bay of Biscay anchovy in 1987 and 1988, and spawning stock size estimates. ICES C. M. 1989/H. 25 p.
- SANZ, A., MOTOS Y A URIARTE. 1989. Daily fecundity of Bay of Biscay anchovy population in 1987. ICES C. M. 1989/H. 42 p.
- SEBER, G.H.F. 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.
- SERRA, R. 1976. Escala de madurez sexual para sardina española (*Sardinops sagax musica*, Girard) y anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns) y jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*, Nichols). Invest. Pesq. Instituto de Fomento Pesquero. 24: 1-20.
- SHOTTON, R. 1979. Acoustic survey design. In: Meeting on Hydroacoustical methods for the estimation of marine fish population. Cambridge, MA, USA. 25- 29 June 1979.
- SHOTTON R. Y BAZIGOS G.P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic survey. Rapp.P.V. Reun. Cns. Int. Explor. Mer. 184: 34-57.
- SIMMONDS, E. J. 1984. A comparison between measured and theoretical equivalent beam angles for seven similar transducer. J. Sound Vib., 97: 117-128.



- SIMMONDS E. JOHN, N. WILLIAMSON, F. GERLOTTO AND A. AGLÉN. 1991. Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. ICES C.M. 1991. 113 p.
- SIMPSON, J Y E. GIL. 1967. Maduración y desove de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en Chile. Bol. Cient. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago-Chile. 4: 55 p.
- SIMRAD 1991. SIMRAD EK-500 Scientific echo sounder operator manual.
- SMITH, P. E. Y S. L. RICHARDSON. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Doc. Téc. Pesca (175): 107 p.
- 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.
- STEUERT, B. et B. RAMCHARRUM. 1995. La fécondité du listao (*Katsuwonus pelamis*) de l'ouest de l'océan Indien. Aquat. Living Resour. 8: 79-89.
- SUKHATME,P.V. 1962. Teoría de encuestas por muestreo con aplicaciones. Fondo de Cultura Económica. México-Buenos Aires. 495 p.



THOMPSON, S.K. 1992. Sampling. John Wiley and Sons, inc.

TORRES, A., C. MARTINEZ Y J. OLIVA. 1985. Migraciones de la sardina española en el Pacífico Suroriental, durante el fenómeno El Niño 1982-83 y en 1984. Invest. Pesq. (Chile) 32 : 95-100.

VOLTER, K. M. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 1985. 428 p.

WALLACE, R. and K. SELMAN. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Amer. Zool. 21:325-343.

WITTHAMES, P. and M. WALKER. 1995. Determinacy of fecundity and oocyte atresia in sole (*Solea solea*) from the channel, the North Sea and the Irish Sea. Aquat. Living Resour. 8: 91-109.

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., M.A. BARBIERI, A. GONZALEZ, O. PIZARRO, M. BRAVO, R. CANALES Y S. SALINAS. 1994. Sea surface thermal structure associated to the pelagic fish resources distribution in northern Chile. Proceeding of the Second Thematic Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

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, destacando 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, con 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. Resumen de información básica utilizada

AÑOS	1993	1994	1995	1996	1997	1998	TOTAL
Nº Total Estaciones	161	166	159	34	35	35	590
Nº Total Estaciones Positivas	78	84	71	9	15	3	260
Factor Elevador	2,06	1,98	2,24	3,7	2,16	11,67	2,27

TABLA 3. Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.

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 torción 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. Posición geográfica de los lances efectuados durante el crucero de adultos, en la I y II Región, agosto - septiembre de 1999.

Lance	Fecha	Latitud	Longitud	Captura	Lances Efectivos
1	10/08/99	18°27' S	70°20' W	3 t	X
2	11/08/99	18°27' S	70°20' W	5 t	X
3	12/08/99	18°27' S	70°20' W	S/P	
4	13/08/99	20° 48,5 S	71°10' W	S/P	
5	13/08/99	18°27' S	70°30' W	S/P	
6	14/08/99	20° 48,5 S	71°10' W	S/P	
7	17/08/99	18°41' S	70°52' W	100 k	X
8	17/08/99	18°42' S	70°29' W	100 k	X
9	18/08/99	18°44' S	70°30' W	100 k	X
10	18/08/99	24°49' S	70°35' W	S/P	
11	18/08/99	23°41' S	70°30' W	3 t	X
12	18/08/99	18°27' S	70°20' W	0,5 t	X
13	18/08/99	18°35' S	70°23' W	15 t	X
14	19/08/99	19°39' S	70°25' W	100 k	X
15	19/08/99	19°04' S	71°01' W	100 k	X
16	19/08/99	19°06' S	71°01' W	200 K	X
17	19/08/99	23°32' S	70°29' W	2 t	X
18	19/08/99	23°03' S	70°25' W	50 t	X
19	19/08/99	18° 20' S	70°27' W	S/P	
20	20/08/99	19°24' S	70°22' W	100 k	X
21	20/08/99	21°38' S	70°15' W	S/P	
22	20/08/99	21°15' S	70°07' W	30 t	X
23	23/08/99	19°50' S	70°16' W	200 k	X
24	24/08/99	21°53' S	70°17' W	10 k	X
25	24/08/99	21°43' S	70°16' W	100 k	X
26	24/08/99	21°26' S	70°10' W	50 k	X
27	24/08/99	18°27' S	70°21' W	S/P	
28	25/08/99	20°23' S	70°20' W	100 k	X
29	25/08/99	25°38' S	70°39' W	S/P	
30	25/08/99	24°20' S	70°35' W	S/P	
31	25/08/99	18°27' S	70°21' W	S/P	
32	26/08/99	23°11' S	70°35' W	S/P	
33	26/08/99	22°32' S	70°16' W	S/P	
34	26/08/99	21°59' S	70°12' W	20 k	X
35	9/09/99	26° 00' 22" S	71°22' 91" W	S/P	
36	9/09/99	25° 59' 75" S	70° 40' 40" W	S/P	
37	10/09/99	23°38' 80" S	70°33' 68" W	264 k	X
38	10/09/99	23°32' 93" S	70°26' 95" W	75 k	X
39	11/09/99	23°19' 88" S	71°12' 68" W	S/P	

Cont. Tabla 4

40	11/09/99	22°58' 94" S	70°22' 07" W	S/P	
41	12/09/99	21°46' 68" S	70°10' 81" W	S/P	
42	12/09/99	21°45' 69" S	70°11' 30" W	S/P	
43	13/09/99	21°40' 40" S	70°11' 88" W	S/P	
44	13/09/99	18°43' S	70°25' W	S/P	
45	14/09/99	21°04' 23" S	70°12' 89" W	S/P	
46	14/09/99	21°15' S	70°15' W	S/P	
47	14/09/99	21°12' S	70°10' W	75 t	X
48	14/09/99	21°17,5 S	70°11' W	35 t	X
49	14/09/99	21°17,5 S	70°11' W	35 t	X
50	14/09/99	18°37' S	70°23' W	30 k	X
51	15/09/99	20°29' 53" S	70°22' 64" W	S/P	
52	15/09/99	21°12' S	70°10' W	40 t	X
53	15/09/99	21°01' S	70°15' W	S/P	
54	15/09/99	21°04' S	70°12' W	10 t	X
55	15/09/99	21°17,5 S	70°15' W	S/P	
56	15/09/99	21°04' S	70°13' W	103 t	X
57	15/09/99	21°04' S	70°13' W	23 t	X
58	15/09/99	21°04' S	70°13' W	43 t	X
59	15/09/99	21°15' S	70°10' W	38 t	X
60	15/09/99	21°04' S	70°13' W	47 t	X
61	15/09/99	21°15' S	70°10' W	57 t	X
62	16/09/99	19°53' 00" S	70°13' 40" W	S/P	
63	16/09/99	21°01' S	70°15' W	141 t	X
64	16/09/99	21°01' S	70°15' W	82 t	X
65	17/09/99	19°13' 63" S	70°23' 36" W	S/P	
66	18/09/99	18° 27' 77" S	70°32' 66" W	854 k	X
67	20/09/99	21°15' S	70°15' W	93 t	X
68	20/09/99	21°15' S	70°15' W	72 t	X
69	21/09/99	18°27' S	70°28' W	10 k	X
70	21/09/99	21°39' S	70°23' W	15 t	X
71	21/09/99	21°39' S	70°15' W	20 t	X
72	21/09/99	21°39' S	70°15' W	20 t	X
73	21/09/99	21°39' S	70°14' W	1 t	X
74	21/09/99	21°35' S	70°11' W	10 t	X
75	21/09/99	18°27' S	70°23' W	20 t	X
76	22/09/99	18°27' S	70°25' W	7 t	X
77	23/09/99	21°01' S	70°30' W	20 t	X
78	23/09/99	18°27' S	70°23' W	27 t	X
79	24/09/99	18°27' S	70°23' W	8 t	X
80	24/09/99	21°02' S	70°51' W	S/P	
81	24/09/99	20°48,5 S	71°20' W	S/P	
82	24/09/99	20°45,547 S	71°27,204 W	S/P	

Cont. tabla 4

83	24/09/99	21°01' S	70°46' W	S/P
84	25/09/99	20°57' S	70°43' W	S/P
85	25/09/99	20°56' S	70°41' W	S/P
86	25/09/99	20°56' S	70°40' W	S/P
87	25/09/99	20°57' S	70°40' W	S/P
88	25/09/99	20°56,454 S	70°42,184 W	S/P
89	25/09/99	20°48,5 S	70°40' W	S/P
90	25/09/99	20°56' S	70°40' W	S/P

k: kilos

t: toneladas

S/P : Sin Pesca

TABLA 5. 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 vacíos intraepitelial que se tiñen intensamente con alcian blue.</p>
EDAD DIA 2 (> 48 h)	<p>Estructura de aspecto glomerular con marcada degeneración celular. Epitelio desorganizado, perdiendo la disposición lineal de sus células. Lámina tecal hipertrofiada, capilares sanguíneos desarrollados. Lumen ocluido o ausente, células sin individualidad aparente y en avanzado estado degenerativo: forma irregular núcleos picnóticos, micropicnosis, citoplasma vacuolado, representando la fase terminal de degeneración del epitelio columnar. Abundantes espacios con material granular alcian blue fuertemente positivo. Notoria infiltración linfocitaria.</p>

TABLA 6. Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y Sv (coeficiente de dispersión volumétrica) 38 KHz:

LUGAR	FECHA	LONGITUD DE PULSO (mseg)					
		GANANCIA TRANS TS			GANANCIA TRANS Sv		
		corto	medio	largo	corto	medio	Largo
Mejillones	19/11/96	26,72	27,92	27,92	26,93	27,68	27,99
Valparaíso	18/04/97	26,81	27,5	27,59	27,31	27,68	27,83
Valparaíso	29/12/97	26,81	27,73	27,73	27,23	27,46	27,91
Valparaíso	21/11/98	26,9	27,35	27,2	27,13	27,18	27,33
Talcahuano	15/05/99	26,96	27,78	27,58	27,24	27,69	27,68
Valparaíso	21/07/99	26,47	27,62	27,69	27,26	27,54	27,49
Pisagua	16/09/99	26,60	27,51	27,68	27,15	27,45	27,25
Valor Promedio		26,75	27,63	27,63	27,17	27,53	27,64
Desviación		0,16	0,18	0,20	0,12	0,17	0,27

TABLA 7. Categorías por densidad.

Categorías	Intervalo (t/mn^2)	Clasificación de densidad
I	1 - 75	Muy baja
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Regular
IV	301 - mayor	Muy densa

TABLA 8. Índice gonadosomático de anchoveta, 1998-99.

	I Y II REGION			
	1998		1999	
	INDICE GONADOSOMATICO	DESVIACION ESTANDAR	INDICE GONADOSOMATICO	DESVIACION ESTANDAR
ENERO			7,4	2,7
FEBRERO	3,7	1,5	3,6	3,0
MARZO	4,7	2,2	4,8	2,8
ABRIL	3,1	1,7	3,7	2,8
MAYO	3,8	1,9	4,2	2,1
JUNIO	5,4	2,2	5,4	1,8
JULIO	6,0	1,9	5,8	2,3
AGOSTO	5,9	1,9	8,4	2,7
SEPTIEMBRE	7,1	2,4	7,8	2,4
OCTUBRE	6,7	2,6	7,2	2,4
NOVIEMBRE	5,8	3,2	6,7	2,6
DICIEMBRE	5,5	2,8	6,3	2,6

TABLA 9. Evolución semanal de la actividad reproductiva microscópica de la anchoveta en la I y II Región, 1999.

SEMANA	PERIODO	IAD	IAO
25	21/06 - 27/06	37	0
26	28/06 - 04/07	21	0
27	05/07 - 11/07	25	1,6
28	12/07 - 18/07	15	0
29	19/07 - 25/07	28	0
30	26/07 - 01/08	34	0
31	02 /08 - 08/08	26	0
32	09/08 - 15/08	38	0
33	16/08 - 22/08	34	0
34	23/08 - 29/08	14	0
35	30/08 - 05/09	28	0
36	06/09 - 12/09		SIN CAPTURA
37	13/09 - 19/09	37	0
38	20/09 - 26/09	27	1,2
39	27/09 - 03/10	44	0
40	04/10 - 10/10	53	0
41	11/10 - 17/10	41	0
42	18/10 - 24/10	26	0
43	25/10 - 31/10	48	0
44	01/11 - 07/11	37	0
45	08/11 - 14/11	26	8
46	15/11 - 21/11	28	2
47	22/11 - 28/11	44	4

IAD: Índice de actividad de desove

IAO: Índice de atresia ovárica

TABLA 10

DENSIDAD PROMEDIO Y CONSTANCIA DE HUEVOS DE ANCHOVETA.
CRUCEROS MPH INVIERNO 1992, 1995, 1996, 1997 y 1999.

ESPECIE	AÑO	NUMERO ESTACIONES		NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES		CONSTANCIA FRECUENCIA %
		TOTALES	POSITIVAS		TOTALES	POSITIVAS	
<i>Engraulis ringens</i>	1992	542	212	10974	20	52	39.1
	1995	578	208	7555	13	36	36.0
	1996	752	176	6718	9	38	23.4
	1997	800	209	8054	10	39	26.1
	1999	598	132	7582	13	57	22.1

Fuente: 1992, 1997, 1999 IFOP
1995, 1996 G. Claramunt, Com. personal

TABLA 11

Abundancia promedio y rangos de huevos de anchoveta en invierno de los años 1992, 1995, 1996, 1997 y 1999.

	1992	1995	1996	1997	1999
N° Total Estaciones	542	578	752	800	598
N° Estaciones positivas	212	208	176	209	132
N° Huevos	10974	7555	6718	8054	7582
Promedio	52	36	38	39	57
Mínimo	1	1	1	1	1
Máximo	331	1539	611	947	1649
Desv. Estándar	73.61	126.38	79.83	96.54	176.5
CV(%)	1.42	3.48	2.09	2.51	3.07

TABLA N° 12
 DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES CRUCERO MPH 1999
 HUEVOS

ESPECIE	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD		CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
			PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS		
Sardinops sagax	11	111	0.2	10	1.8	1.4
Engraulis ringens	132	7582	13	57	22.1	95.1
Otras especies	102	277	0.5	3	17.1	3.5
Total Huevos	245	7970	13	33	41.0	100.0

LARVAS

ESPECIE	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE LARVAS	DENSIDAD		CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
			PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS		
Sardinops sagax	7	29	0.05	4	1.2	1.2
Engraulis ringens	216	1324	2	6	36.1	56.3
Otras especies	366	998	2	3	61.2	42.5
Total Larvas	589	2351	4	4	98.5	100.0

Tabla 13 Índice larval de Abundancia Sardina Invierno 1983-1999.

Año	L	VarL	VarlogL	LI	LS
83	1.74E+12	3.92E+23	0.1218	5.13E+11	2.97E+12
84	6.08E+11	2.77E+11	0.0000	2.81E+11	9.34E+11
85	2.43E+11	7.71E+21	0.1227	7.05E+10	4.15E+11
86	8.40E+11	5.66E+22	0.0768	3.77E+11	1.30E+12
87	6.38E+11	1.41E+23	0.2974	-9.76E+10	1.37E+12
88	5.22E+11	2.19E+22	0.0773	2.32E+11	8.12E+11
89	3.03E+11	9.61E+21	0.0996	1.11E+11	4.95E+11
90	2.34E+11	5.46E+21	0.0951	8.97E+10	3.79E+11
91	4.60E+10	8.73E+20	0.3454	-1.17E+10	1.04E+11
92	1.70E+11	1.34E+21	0.0453	9.82E+10	2.41E+11
93	1.07E+11	2.08E+21	0.1669	1.76E+10	1.96E+11
94	1.24E+11	2.08E+21	0.1269	3.43E+10	2.13E+11
95	4.90E+10	1.96E+20	0.0785	2.16E+10	7.64E+10
96	2.00E+10	1.93E+20	0.3937	-7.29E+09	4.72E+10
97	3.30E+10	6.83E+20	0.4288	-1.40E+10	8.06E+10
98	2.90E+10	4.17E+20	0.4027	-1.09E+10	6.91E+10
99	1.58E+11	1.47E+22	0.4630	-7.91E+10	3.96E+11

donde:

L = Índice de abundancia larval

VarL = Varianza del Índice Larval

VarlogL = Varianza del logaritmo de L

LI = Límite inferior

LS = Límite superior

Tabla 14

Número de huevos (m³) de sardina y anchoveta colectados con red CaIVET y sistema CUFES

	En Estación			En Ruta		
	Sardina CUFES	CaIVET	CUFES	Anchoveta CUFES	CaIVET	Anchoveta CUFES
N° Estación	91	91	91	91	91	181
N° Est. (+)	11	9	27	32	34	76
N° Huevos	219	59	1545	5653	1114	24213
Promedio	20	7	57	177	33	319
Mínimo	1	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5
Máximo	111	23	346	1267	433	2629
DE	32.27	7.13	102.32	365.26	74.86	616.12
CV(%)	1.61	1.02	1.80	2.06	2.27	1.93

Tabla 15 Ecuaciones de Calibración para huevos de anchoveta y sardina colectados con red CaIVET y sistema CUFES

	Malla(μ)		r ²
	CaIVET (150)	No transformado CUFES(500) Ecuación	
<i>Engraulis ringens</i>		CUFES = 0,232 * CaIVET + 2,5612 (0,20 - 0,25) (-3,78 - 8,90)	0.77
<i>Sardinops sagax</i>		CUFES = 4,060 * CaIVET - 0,2321 (3,73 - 4,38) (-1,18 - 0,72)	0.87
	Transformado Ecuación		
<i>Engraulis ringens</i>		ln(CUFES+1) = 0,732 * ln(CaIVET+1) + 0,028 (0,67 - 0,79) (-0,10 - 0,15)	0.86
<i>Sardinops sagax</i>		ln(CUFES+1) = 1,353 * ln(CaIVET+1) + 0,051 (1,21 - 1,49) (-0,02 - 0,13)	0.81

Valores entre paréntesis límites confianza de los parámetros estimados (95%)

TABLA 16. Resultados del análisis de regresión para los modelos ajustados entre la fecundidad parcial con el peso corporal y la longitud total.

ESTADISTICOS	PESO CORPORAL		
	LINEAL	EXPONENCIAL	POTENCIAL
A	105,443	8,345	6,170
B	498,599	0,041	1,006
N	187	187	187
R2	0,540	0,500	0,500
Sa	816,019	0,072	0,230
Sb	34,124	0,003	0,074
Syx	2917,740	0,259	0,258
MSE	8513196,630	8632708,790	8690431,390

ESTADISTICOS	LONGITUD TOTAL		
	LINEAL	EXPONENCIAL	POTENCIAL
A	-28765,490	5,913	-0,031
B	2711,767	0,227	3,456
N	187	187	187
R2	0,540	0,520	0,520
Sa	2731,6829	0,239	0,654
Sb	182,901	0,016	0,242
Syx	2894,829	0,253	0,252300
MSE	8380032,710	8594623,570	8546046,510

Tabla 17. Captura total (k) estimada por lance y especie. Crucero acústico en el B/I "Abate Molina".

Lance	Fecha	Anchoveta	Langostino colorado	Salpa	Calamar	Recluta anchoveta	Falso Volador	Bacaladillo	Eufausido	Pez Linterna	Sardina española	Jurel	Total
1	10/09/99	261		1	1	1							264
2	10/09/99	8	3	1			62					1	75
3	11/09/99												S/C
4	11/09/99				1			389					390
5	12/09/99								30				30
6	12/09/99								43				43
7	13/09/99		244		1	24					1		270
8	14/09/99		330										330
9	15/09/99		111							69			180
10	16/09/99		120							106			120
11	17/09/99		14										120
12	18/09/99	5	840									9	854
Total		274	1662	2	3	25	62	389	73	175	1	10	2676

TABLA 18. Zonas de pesca y captura total estimada de los lances con red de mediana. Crucero acústico.

Lance	Fecha	Zona de pesca	Posición Inicio			Posición Final			Hora		Captura total		Hora Colección
			Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Inicio lance	Fin lance	Estimada	Colección			
1	10/09/99	10' Cta. Coloso	23°42' 50"	70°33' 54"	23°38' 80"	70°33' 68"	18:07	19:07	264 k	19:37			
2	10/09/99	10' La Chimba	23°34' 98"	70°27' 65"	23°32' 93"	70°26' 95"	21:20	21:55	75 k	22:10			
3	11/09/99	20' Pta. Teta	23°21' 21"	71°12' 97"	23°19' 88"	71°12' 68"	10:13	10:40	S/P	10:50			
4	11/09/99	5' Chacaya	23°00' 71"	70°23' 13"	22°58' 94"	70°22' 07"	18:07	18:40	390 k	19:00			
5	12/09/99	10' Pta. Urcu	21°48' 06"	70°10' 71"	21°46' 68"	70°10' 81"	21:59	22:30	30 k	22:30			
6	12/09/99	10' Pta. Urcu	21°47' 44"	70°10' 76"	21°45' 69"	70°11' 30"	23:06	23:36	43 k	23:50			
7	13/09/99	5' W Pta. Arenas	21°41' 65"	70°12' 44"	21°40' 40"	70°11' 88"	19:55	20:20	270 k	20:30			
8	14/09/99	5' San Marcos	21°06' 45"	70°12' 51"	21°04' 23"	70°12' 89"	19:01	19:40	330 k	20:05			
9	15/09/99	15' Playa Blanca	20°30' 41"	70°24' 55"	20°29' 53"	70°22' 64"	1:07	1:28	180 k	1:45			
10	16/09/99	5' Cta. Buena	19°50' 92"	70°13' 38"	19°53' 00"	70°13' 40"	3:20	4:00	120 k	4:20			
11	17/09/99	10' Cta. Camarones	19°12' 39"	70° 23' 14"	19°13' 63"	70°23' 36"	22:59	23:25	120 k	23:55			
12	18/09/99	10' W Arica	18°24' 37"	70°31' 55"	18° 27' 77"	70°32' 66"	16:50	17:50	854 k	18:20			

k: kilos

S/P : Sin Pesca

TABLA 19. Estimados acústicos de biomasa, densidad (ρ) e índice de densidad (ID) de anchoveta y jurel. Crucero MPH-9910.

Especie	Area (mn ²)	Biomasa (t)	ρ (t/mn ²)	ID (t/mn ²)
Anchoveta	2.341,9	53.000	22,63	109,55
Jurel	13.039,2	63.500	4,87	96,37

TABLA 20. Estimado acústico de la abundancia (número) y de la biomasa (t) de anchoveta por talla. Crucero MPH 99-10

Talla (cm)	Abundancia (N ^o * 10 ⁸)	Biomasa (t)
11,5	0,00	0,00
12,0	20,38	263,08
12,5	35,24	510,79
13,0	290,67	4.709,21
13,5	408,60	7.368,17
14,0	459,04	9.177,50
14,5	343,07	7.576,98
15,0	294,40	7.158,72
15,5	207,14	5.527,86
16,0	194,36	5.675,97
16,5	97,87	3.118,80
17,0	16,92	586,95
17,5	0,00	0,00
TOTAL	2.367,69	51.674,05

TABLA 21. Varianza V(B), coeficiente de variación (CV) y error (%) del estimado de anchoveta y jurel. Crucero MPH 99-10.

Especie	CONGLOMERADO			ESTRATO AGRUPADO			BOOSTRAP		
	V(B) x 10 ⁸	E(%)	CV	V(B) x 10 ⁸	E(%)	CV	V(B) x 10 ⁸	E(%)	CV
Anchoveta	6,829	81,08	0,49	1,494	37,93	0,23	1,792	42,14	0,25
Jurel	6,481	65,87	0,40	3,358	47,41	0,28	3,593	51,07	0,31

TABLA 22

Resumen de promedios por lances: Longitud total (cm), fecundidad parcial (N° de ovocitos), peso corporal (g).
 Número de: hembras maduras, hembras hidratadas, hembras FPO1, hembras FPO2. Peso total de las 30 primeras
 hembras maduras (g), número de machos y hembras del muestreo de proporción sexual.

LANCE	DIA	POSICION		LONG TOTAL	FEC. PARCIAL	PESO CORP.	HEMBRAS MADURAS	HH	FPO1	FPO2	PESO TOTAL	NUMERO MACHOS	NUMERO HEMBRAS	
		SUR	WESTE											
1	10/Aug	18°27'	70°20'	14.2	10,223	20.3	30		6		21.8	126	74	
2	11/Aug	18°27'	70°20'	14.8	11,487	22.8	30		14	1	24.2	141	59	
3	17/Aug	18°41'	70°52'	16.1	13,904	27.7	30		6	3	29.6	137	63	
4	17/Aug	18°42'	70°29'	14.3	8,189	16.2	30		4		17.4	95	105	
5	18/Aug	18°44'	70°30'	13.7	8,128	16.1	30		6	2	17.3	93	107	
6	18/Aug	23°41'	70°30'	15.1	11,802	23.5	30		8	14	24.7	90	110	
7	18/Aug	18°27'	70°20'	13.9	9,040	17.9	30		12	1	19.3	135	65	
8	18/Aug	18°35'	70°23'	14.5	10,548	20.9	30		11	5	22.3	135	65	
9	19/Aug	19°39'	70°25'	15.0	8,980	17.8	30		4	1	19.2	123	77	
10	19/Aug	19°04'	71°01'	16.1	14,641	29.2	30	25	3	1	32.8	111	89	
11	19/Aug	19°06'	71°01'	13.9	9,145	18.1	30	6	3	2	20.0	145	55	
12	19/Aug	23°32'	70°29'	14.8	10,924	21.7	30		1		23.7	143	57	
13	19/Aug	23°03'	70°25'	15.0	11,182	22.2	30	5	5	11	23.6	109	91	
14	20/Aug	19°24'	70°22'	13.7	8,563	17.0	30		2	11	18.0	114	86	
15	20/Aug	21°15'	70°07'	15.4	12,205	24.3	30	2	9	1	25.8	124	76	
16	23/Aug	19°50'	70°16'	13.5	8,525	16.9	30		2	1	18.0	102	98	
17	24/Aug	21°53'	70°17'	14.6	9,935	19.7	30		1	1	21.4	100	100	
18	24/Aug	21°43'	70°16'	14.4	10,012	19.9	30			9	21.2	55	145	
19	24/Aug	21°26'	70°10'	14.3	10,156	20.2	30	17	7		22.0	165	35	
20	25/Aug	20°23'	70°20'	14.3	9,270	18.4	30		2	1	20.1	122	78	
21	26/Aug	21°59'	70°12'	15.0	11,351	22.6	30		2	5	24.2	81	119	
22	10/Sep	23°38'	70°33'	15.3	12,745	25.4	30		11	13	27.0	70	130	
23	10/Sep	23°32'	70°26'	15.4	12,888	25.6	30		2	1	27.1	44	156	
24	14/Sep	21°12'	70°10'	13.8	9,212	18.3	30		9	3	19.3	133	67	
25	14/Sep	21°17'	70°11'	13.9	10,245	20.3	30		7	2	21.6	111	89	
26	14/Sep	21°17'	70°11'	13.7	9,725	19.3	30		7	9	20.4	131	69	
27	14/Sep	18°37'	70°23'	15.7	12,351	24.6	30		1	4	26.5	48	152	
28	15/Sep	21°12'	70°10'	14.0	10,003	19.9	30		3	8	21.0	166	34	
29	15/Sep	21°04'	70°12'	13.4	8,210	16.3	30		14	6	17.1	158	42	
30	15/Sep	21°04'	70°13'	13.5	8,640	17.1	30		12	4	18.8	112	88	
31	15/Sep	21°04'	70°13'	13.4	8,634	17.1	30		13	4	18.3	139	61	
32	15/Sep	21°04'	70°13'	13.4	8,195	16.2	30		14	5	17.3	131	69	
33	15/Sep	21°15'	70°10'	14.3	10,136	20.1	30		13	4	21.5	119	81	
34	15/Sep	21°04'	70°13'	14.5	10,766	21.4	30		14	5	22.8	114	86	
35	15/Sep	21°15'	70°10'	13.2	7,471	14.8	30		14	6	15.8	122	78	
36	16/Sep	21°01'	70°15'	14.8	11,739	23.3	30		10	13	24.6	115	85	
37	16/Sep	21°01'	70°15'	16.0	14,121	28.1	30		9	3	30.0	131	69	
38	18/Sep	18° 27'	70°32'	14.3	10,206	20.3	30		4	6	21.5	43	157	
39	20/Sep	21°15'	70°15'	15.5	13,254	26.4	30		11	4	28.2	155	45	
40	20/Sep	21°15'	70°15'	16.0	14,297	28.5	30	1	15	5	30.5	144	56	
41	21/Sep	18°27'	70°28'	14.5	10,933	21.7	30	1	5	1	23.0	55	145	
42	21/Sep	21°39'	70°23'	15.0	11,846	23.5	30	2	1	1	25.4	68	132	
43	21/Sep	21°39'	70°15'	14.8	12,225	24.3	30	1		1	26.0	105	95	
44	21/Sep	21°39'	70°15'	14.0	9,471	18.8	30		1		20.0	96	104	
45	21/Sep	21°39'	70°14'	14.5	10,416	20.7	30			2	22.1	72	128	
46	21/Sep	21°35'	70°11'	15.2	12,566	25.0	30		2		26.7	111	89	
47	21/Sep	18°27'	70°23'	15.2	11,963	23.8	30		7		25.5	131	69	
48	22/Sep	18°27'	70°25'	14.2	9,543	18.9	30		20	3	20.1	46	154	
49	23/Sep	21°01'	70°30'	15.3	12,860	25.6	30		5	3	27.7	120	80	
50	23/Sep	18°27'	70°23'	14.7	10,399	20.9	30		4	7	22.9	81	119	
51	24/Sep	18°27'	70°23'	15.4	12,180	24.2	30		20		25.9	158	42	
							1530	60	356	193			5672	4528

Tabla 23.

Parámetros del Método de Producción de Huevos, determinado para especies del género *Engraulis*. (Po* A: Producción diaria de huevos en el área del cruce; W: Peso promedio de hembras maduras; F: Fecundidad; R: Proporción de hembras; S: Fracción diaria de hembras desovantes; B: Biomasa desovante estimada; VAR: Varianza; CV: Coeficiente de variación).

ECOSISTEMA	AÑO	Po* A	VAR	CV	W	VAR	CV	F	VAR	CV	R	VAR	CV	S	VAR	CV	B*10 ³	VAR	CV(B)	Z	VAR	CV	
California	80	26.34		0.11	17.44		0.055	7,751		0.075	0.48		0.12	0.14		0.13	870		0.23	0.45			Staurer y Piquella, 1980
	81	20.96		0.101	13.37		0.039	8,328		0.058	0.5		0.063	0.11		0.12	635		0.18	0.14			Blindman, 1986
	82	13.51		0.237	18.83		0.019	10,845		0.047	0.47		0.081	0.12		0.04	415		0.26	0.16			Piquella y Hewitt, 1983a
	83	17.25			11.2			5,297			0.55			0.09			652		0.21	0.18			Piquella y Hewitt, 1983b
	84	12.98			12.02			5,485			0.58			0.16			309		0.17	0.17			Hewitt, 1985
	85	16.95	4.11E+24	0.156	14.49	0.105	0.02	7,343	114,500	0.048	0.61	0.0004	0.032	0.12	0.00024	0.13	522		0.19	0.29	7.00E-03	0.29	Blindman, 1986
	81	64.96	3.05E+26	0.289	25.84	0.4494	0.026	15,401	432,000	0.043	0.56	0.0007	0.046	0.16	0.0001	0.08	1,204	1.17E+11	0.28	1.04		0.27	Santander y Maksonado, 1985
	85	138.08			27.73			14,614		0.5		0.51		0.06			8,575						Santander et al., 1984
	90	30			26.74			13,487			0.51			0.05			2,139						Guzmán et al., 1995
Chile (Norte)	94	151.2	1.30E+26	0.093	23.25	0.18	0.084	12,723	57,901	0.019	0.53	0.002	0.064	0.08	0.0003	0.23	6,859	3.11E+24	0.26	1.14			Guzmán et al., 1995
	95	190.9	9.39E+26	0.16	25.59	1.22	0.043	12,701	295,900	0.042	0.54	0.0005	0.042	0.12	0.00046	0.18	5,910	9.08E+23	0.16	0.63	2.90E-02	0.27	Ayon, P., 1996
	92	80.05	1.18E+26	0.18	20.7	0.0746	0.013	14,917	58,162	0.016	0.48	0.0002	0.032	0.16	0.000099	0.06	1,052	3.64E+10	0.19	0.59			Rojas y Ojeda, 1993
	95	40.16		0.37	29.16	0.5428	0.025	15,405	181,901	0.028	0.42	0.0006	0.058	0.18	0.00007	0.05	1,223	2.14E+11	0.38	0.73	1.08E-01	0.45	Claramunt et al., 1996
	98	17.66	1.53E+13	0.237	30.04	0.5728	0.025	19,658	318,400	0.029	0.46	0.0013	0.077	0.18	0.00048	0.13	568	2.57E+10	0.28	0.41	1.88E-02		Claramunt et al., 1997
	97	22.48	2.38E+26	0.41	21.65	0.1395	0.0172	12,102	55,619	0.019	0.512	0.0002	0.0298	0.133	1.98E-05	0.031	584	5.87E+10	0.41	0.64	0.1884	0.68	Oliva et al., 1998
	85	34.84		0.2	14.2			7,981			0.48			0.06	0.1		616		0.4	0.22	3.00E-05		Shelton et al., 1993
	86	53.56		0.25	11.7			5,627			0.55			0.02	0.08		2,001		0.21	0.28	6.96E-05		Shelton et al., 1993
	87	42.85		0.15	11.01			6,490			0.56			0.03	0.09		1,606		0.12	0.26	8.01E-05		Shelton et al., 1993
Bahía de Buzay	88	46.6		0.33	12.02			5,878			0.55		0.04	0.13		0.12	2,048		0.35	0.4	1.29E-04		Shelton et al., 1993
	89	18.74		0.29	9.05			9,045			0.48		0.09	0.06		0.15	513		0.35	0.06	1.30E-04		Shelton et al., 1993
	90	40.31		0.51	6.97			6,967			0.55		0.03	0.17		0.18	1,843		0.56	0.13	1.75E-03		Shelton et al., 1993
	87	2.2		0.32	33.81			15,904		0.06	0.54		0.06	0.32		0.18	29.4		0.48	0.26	1.75E-03	0.16	Sanz et al., 1989
	88	5.02		0.21	29.23			15,763		0.05	0.57		0.05	0.29		0.07	63.5		0.31	0.18	6.62E-04	0.14	Santiago y Sanz, 1989
	89	0.73		0.4	29.65			12,977		0.04	0.54		0.07	0.26		0.1	11.9		0.41	0.18	3.18E-05	0.03	Motos y Santiago, 1989
	90	5.02		0.15	19.69			7,039		0.05	0.53		0.04	0.28		0.04	97.2		0.17				Motos y Lizarza, 1991
	90	0.46		0.223	14.25	0.338	0.041	8,008	78,593	0.018	0.54	0.0022	0.086	0.38	0.0011	0.1	4.2	1.21E+06	0.26	0.57	6.10E-02	0.44	Palomas y Peribona, 1993
	93	71		0.42	13.18			6,180		0.02	0.57		0.05	0.13		0.13	2,105		0.77				Palomas et al., 1996
Argentina (Norte)	94	78.8		0.21	13.35			8,939		0.04	0.55		0.06	0.1		0.28	2,150		0.87				Sanchez et al., 1996
	95	48.2		0.52	16.48			6,935		0.05	0.52		0.05	0.12		0.32	1,894		0.75				Sanchez et al., 1996
	93	19.6		0.28	17.88			5,028		0.07	0.62		0.06	0.16		0.22	708		0.93				Sanchez et al., 1996
	94	53.8		0.3	26.36			16,428		0.13	0.43		0.16	0.22		0.14	1,075		0.82				Sanchez et al., 1996
	95	45.9		0.45	20.96			9,874		0.09	0.47		0.12	0.19		0.14	1,062		0.49				Sanchez et al., 1996
Chile Norte	99	40.99	1.01E+27	0.77	22.7	0.1039	0.1421	10,800	85,163	0.275	0.46	0.00057	0.0517	0.17	4.20E-05	0.039	1,118	7.82E+11	0.79	0.8			Oliva et al., 2000

TABLA 24

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

ANOS	PESO (g)	FECUNDIDAD PARCIAL (Nº ovocitos)	FRECUENCIA DE DESOVE (%)	PROPORCIÓN SEXUAL (%)	PRODUCCION DE HUEVOS (Po * A 10 ¹² huevos día)	BIOMASA STOCK DESOVANTE (t)
1992	21	14,917	0.16	0.48	60.05	1,053,000
1995	29	15,405	0.18	0.42	40.16	1,223,000
1996	30	19,658	0.17	0.46	17.66	568,000
1997	22	12,102	0.13	0.52	22.48	593,699
1999	23	10,600	0.17	0.46	40.99	1,118,674

Tabla 25. Captura (t) de anchoveta y total de especies, en la I y II Región
1996 - 1999

	I REGION							
	1996		1997		1998		1999	
	ANCHOVETA	CAPTURA TOTAL						
ENERO	133101	146775	98220	103428	9690	14058	217	1519
FEBRERO	36182	52150	98431	101104	9795	10896	149187	153755
MARZO	16986	24887	52719	53702	26645	13635	63493	130892
ABRIL	31629	89674	50744	55283	17038	34227	30787	63186
MAYO	59517	106149	199770	213723	15761	19420	36451	120304
JUNIO	88486	99613	281580	282159	663	16032	49344	94709
JULIO	107471	113662	119870	120636	153	863	38022	46540
AGOSTO	19754	37130	12452	14848	3116	609	2	62
SEPTIEMBRE	41397	74072	32846	32858	5800	4903	9405	9827
OCTUBRE	52442	53614	31902	73460	1843	6178	34381	34574
NOVIEMBRE	47829	56226	25983	143491	3070	1958	43990	70201
DICIEMBRE	25557	55001	39018	90087		3662	117528	117746
TOTAL	660351	908953	1043535	1284779	93574	126441	572807	843315

	II REGION							
	1996		1997		1998		1999	
	ANCHOVETA	CAPTURA TOTAL						
ENERO	33993	44435	16552	25890		570		1827
FEBRERO	23268	31947	20318	31376	19001	27759	72755	74465
MARZO	57424	72224	19757	24403	2097	3684	21959	34146
ABRIL	11150	44515	37289	39961	2634	3311	31212	74694
MAYO	8233	23879	67134	67509	608	1165	4817	16661
JUNIO	3554	4974	51828	52188	1402	2068	10414	14900
JULIO	95	1786	17097	20484	325	739	5092	7813
AGOSTO	7643	14080	4072	10171	1272	1504	33	33
SEPTIEMBRE	2480	13231	4168	6824	16	912	1694	3830
OCTUBRE	23683	52114	11986	18107	1531	2563	2228	3267
NOVIEMBRE	4904	22063	3336	7188	227	952	6798	6845
DICIEMBRE	1111	5240	2076	2986		1766	18396	18889
TOTAL	177538	330508	255613	307087	29113	46993	175398	257370

	I Y II REGION							
	1996		1997		1998		1999	
	ANCHOVETA	CAPTURA TOTAL	ANCHOVETA	CAPTURA TOTAL	ANCHOVETA	CAPTURA TOTAL	ANCHOVETA	CAPTURA TOTAL
ENERO	167094	191210	114772	129318		14628	217	3346
FEBRERO	59450	84097	118749	132480		38655	221942	228220
MARZO	74410	97111	72476	78105	11892	17319	85452	165038
ABRIL	42779	134189	88033	95244	29279	37538	61999	137880
MAYO	67750	130028	266904	281232	17646	20585	41268	136965
JUNIO	92040	104587	333408	334347	17163	18100	59758	109609
JULIO	107566	115448	136967	141120	988	1602	43114	54353
AGOSTO	27397	51210	16524	25019	1425	2113	35	95
SEPTIEMBRE	43877	87303	37014	39682	3132	5815	11099	13657
OCTUBRE	76125	105728	43888	91567	7331	8741	36809	37841
NOVIEMBRE	52733	78309	29319	150679	2070	2910	50788	77046
DICIEMBRE	26638	60241	41094	93073	3070	5428	135924	136635
TOTAL	837859	1239461	1299148	1591866	122687	173434	748205	1100685



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

FIGURAS

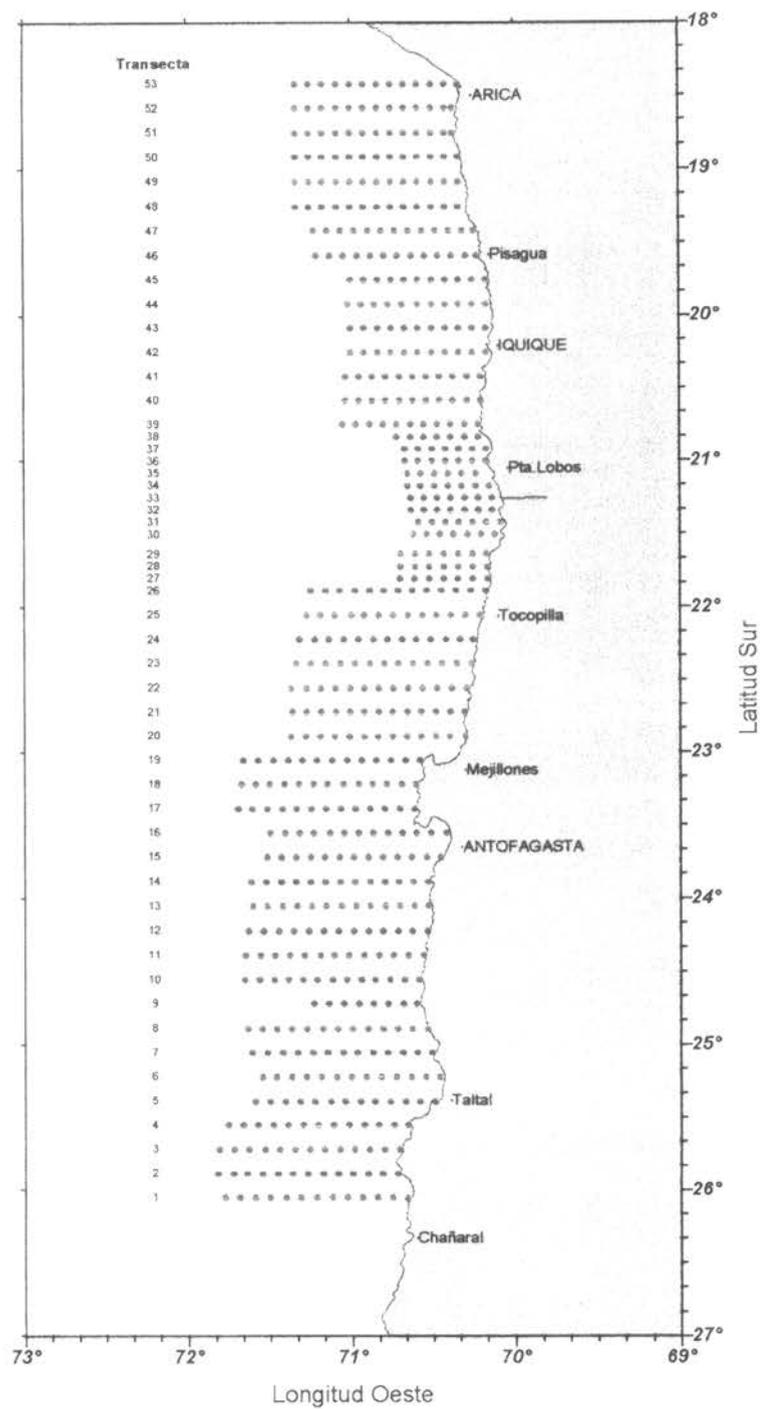


Figura 1. Ubicación de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero 424(3)99CP. Invierno 1999.

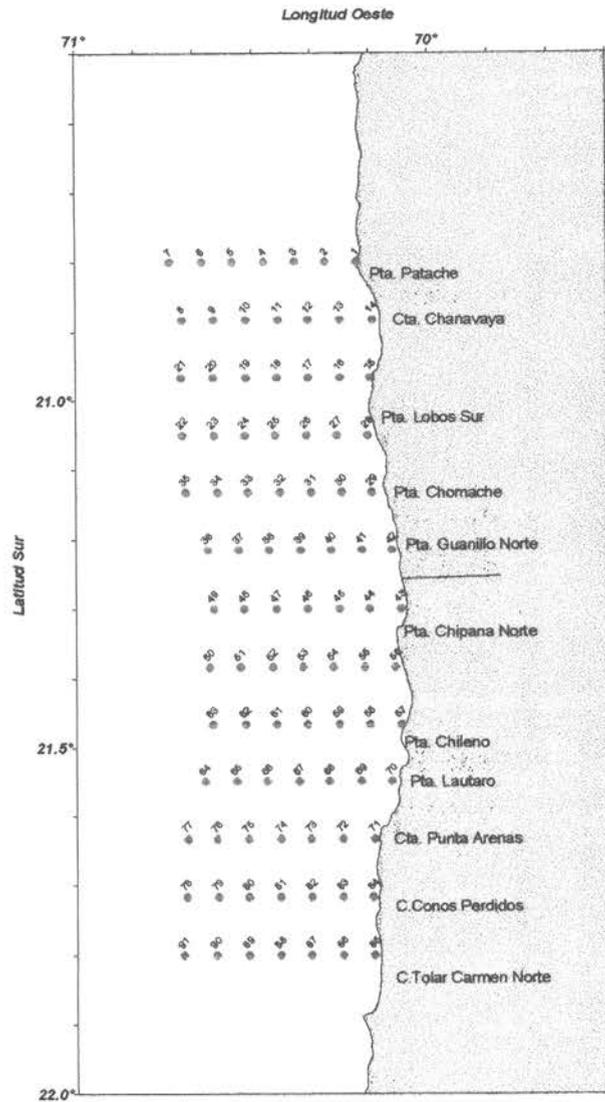


Figura 2. Zona de prospección de la CUFES. Crucero MPH 424(3)99 CP. Invierno 1999.

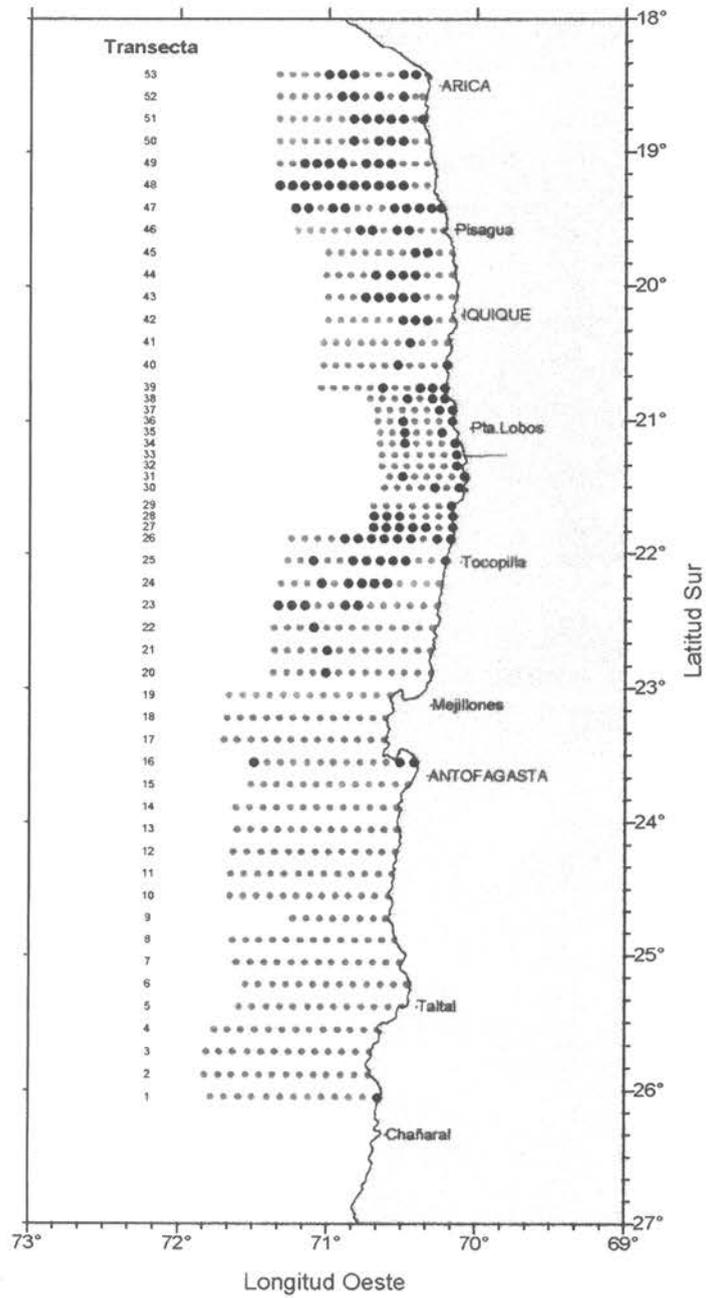


Figura 3. Distribución geográfica de las estaciones planctónicas positivas y negativas (negro = estaciones positivas, con huevos; rojo = estaciones negativas, sin huevos). Crucero 424(3)99 CP. Invierno 1999.

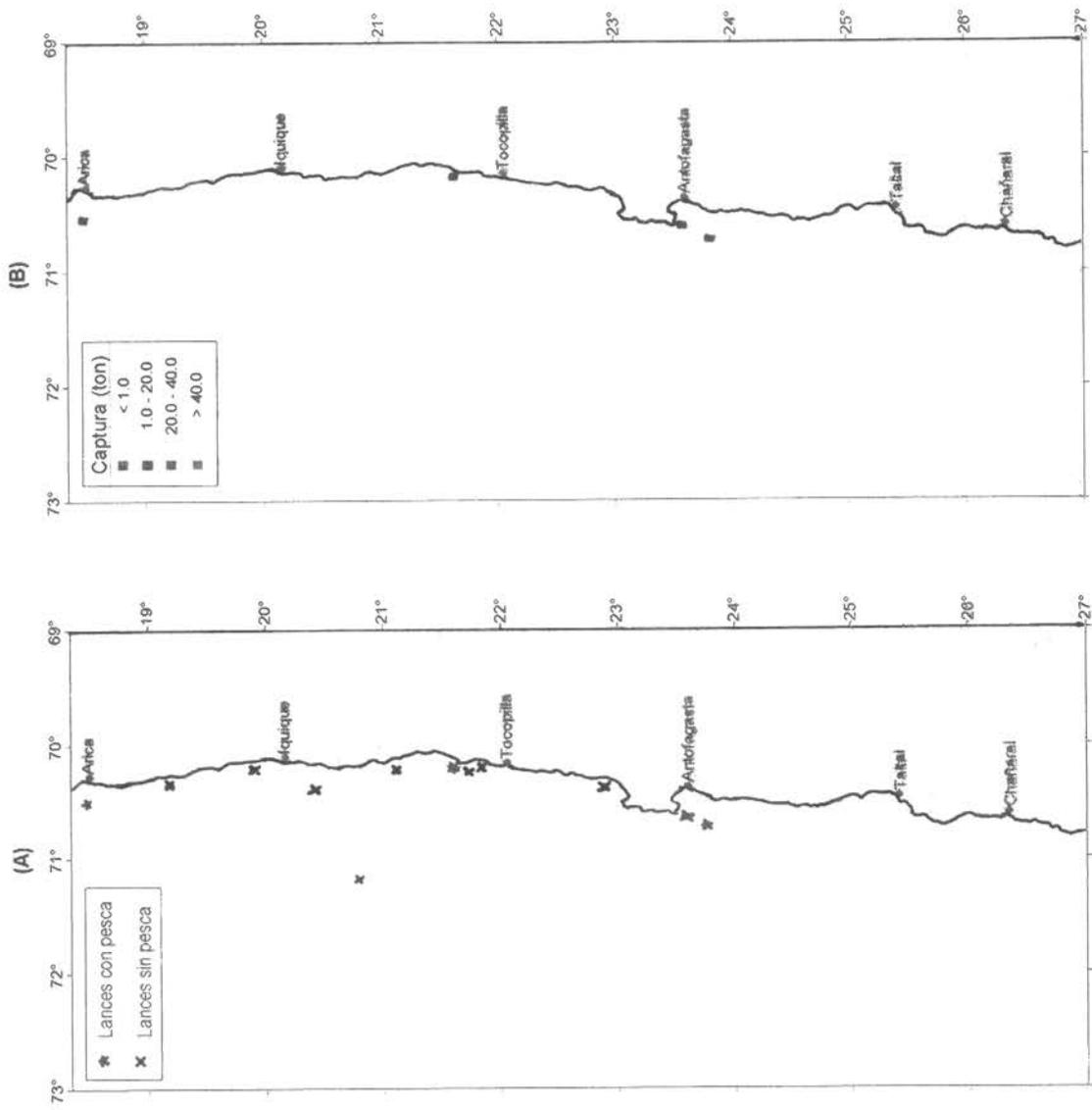


Figura 4. Distribución espacial de los lances con pesca y sin pesca (A) y las capturas de anchoveta (B) obtenidas en el crucero MPH, B/I "A. Molina", I y II Región.

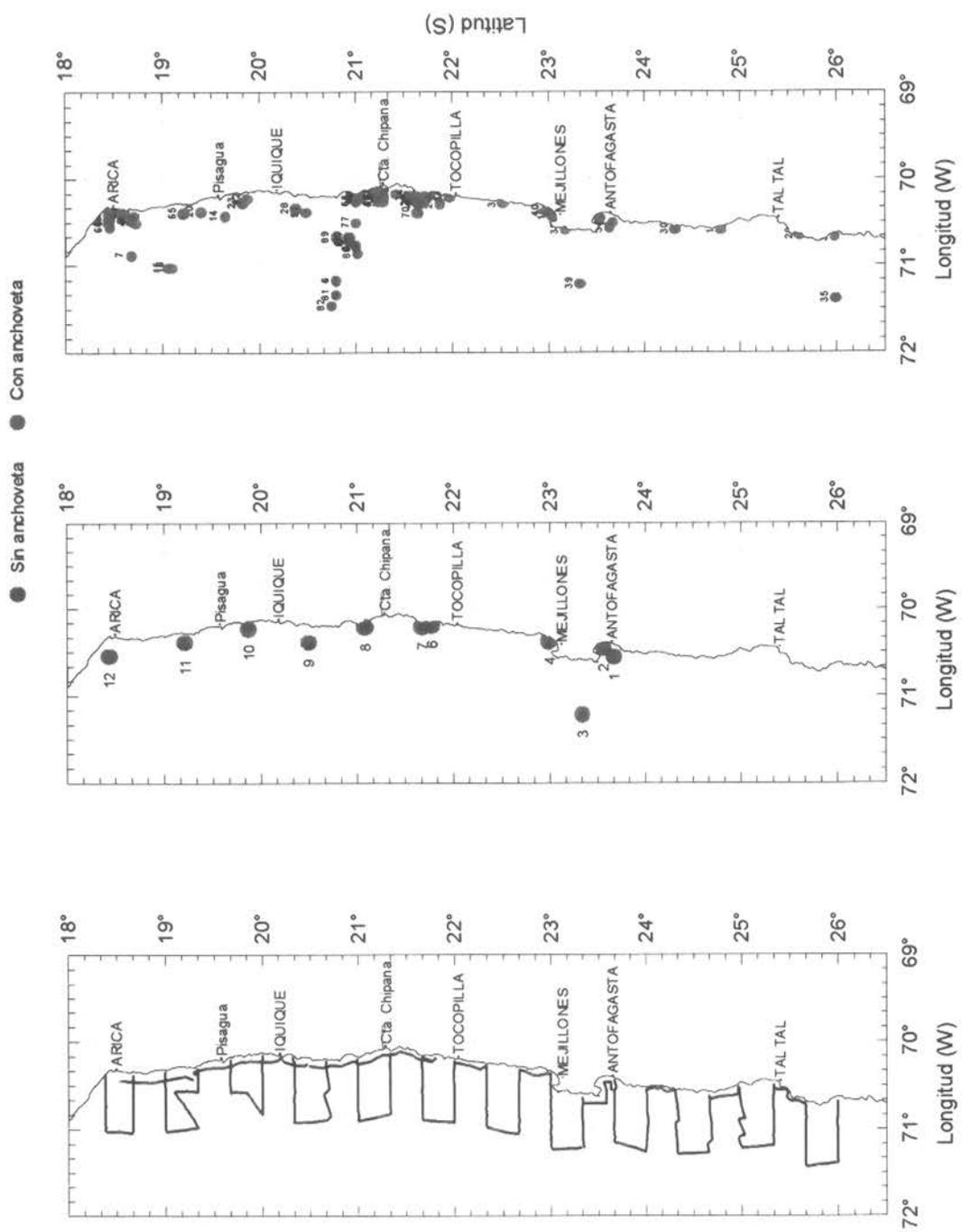
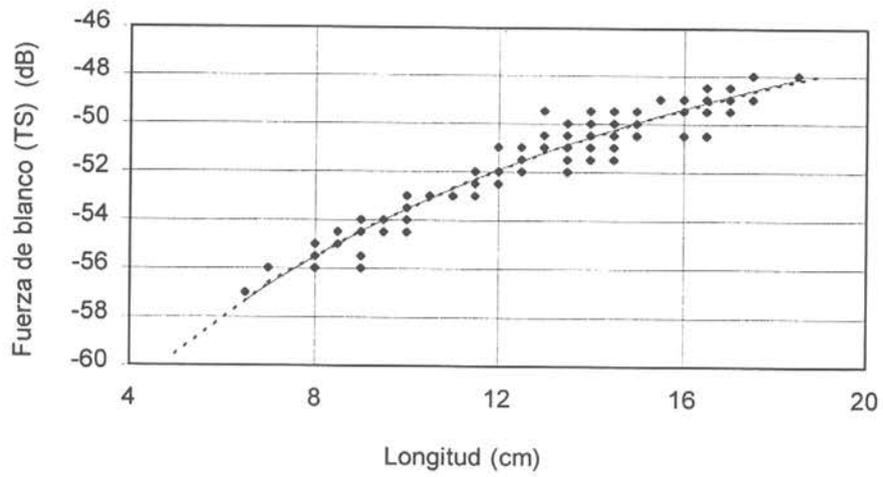


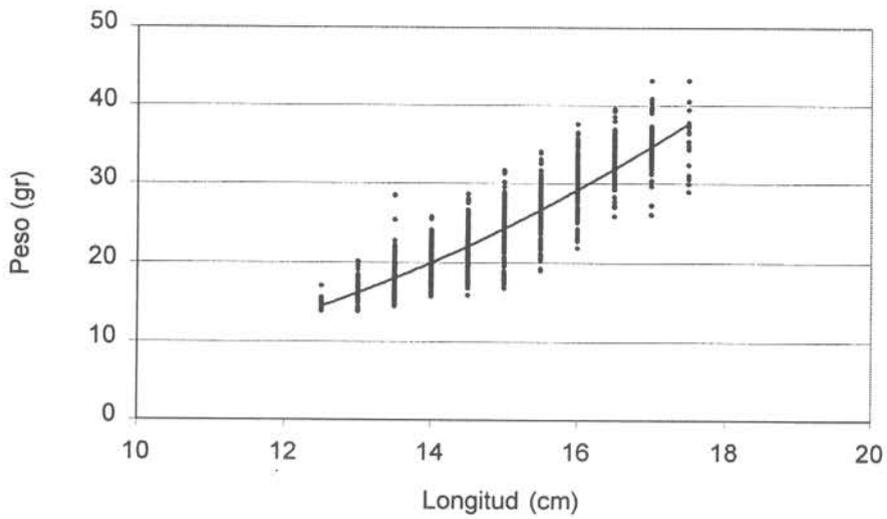
Figura 5.- Distribución de: a.- transectas, b.- lances de pesca realizados con el B/I Abate Molina y c.- lances de pesca realizados por barcos pesqueros. Crucero MPH-9909.

A



$$TS = 20,00 * \log(L) - 73,50 \quad (\text{dB}) \quad R^2 = 0,9262$$

B



$$\text{Peso} = 0,011187 * L^{2,837518} \quad (\text{gr}) \quad R^2 = 0,8363$$

Figura 6.- A) Relación TS / Longitud y B) relación Peso / Longitud.

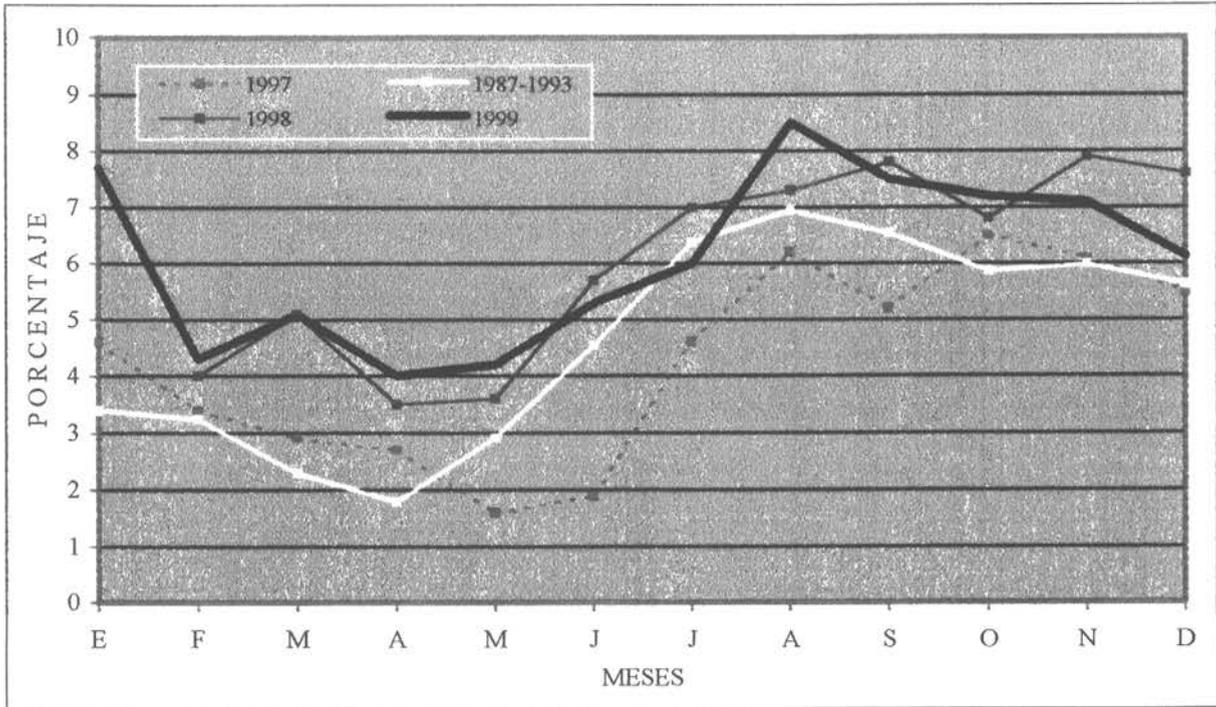


Figura 7. Evolución mensual del índice gonadosomático de la anchoveta en la I y II Región.

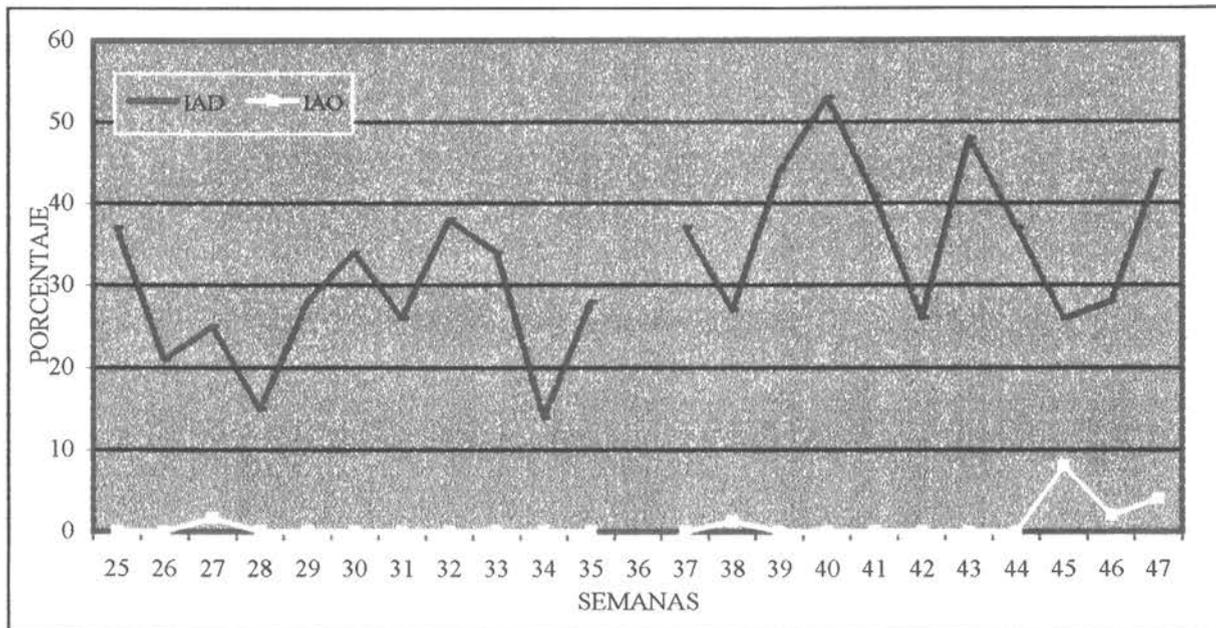


Figura 8. Evolución semanal de los índices de actividad de desove (IAD) y atresia ovárica (IAO).
01 de junio al 28 de noviembre de 1999.

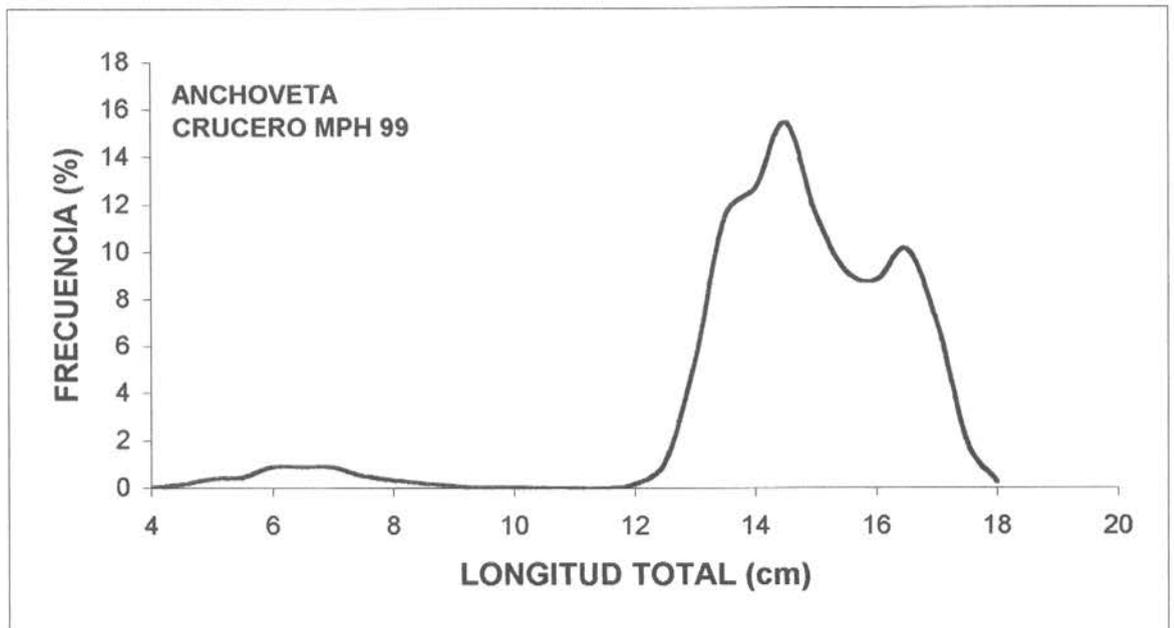


Figura 9. Distribución de tamaños de la anchoveta en la I y II Región, agosto - septiembre de 1999.

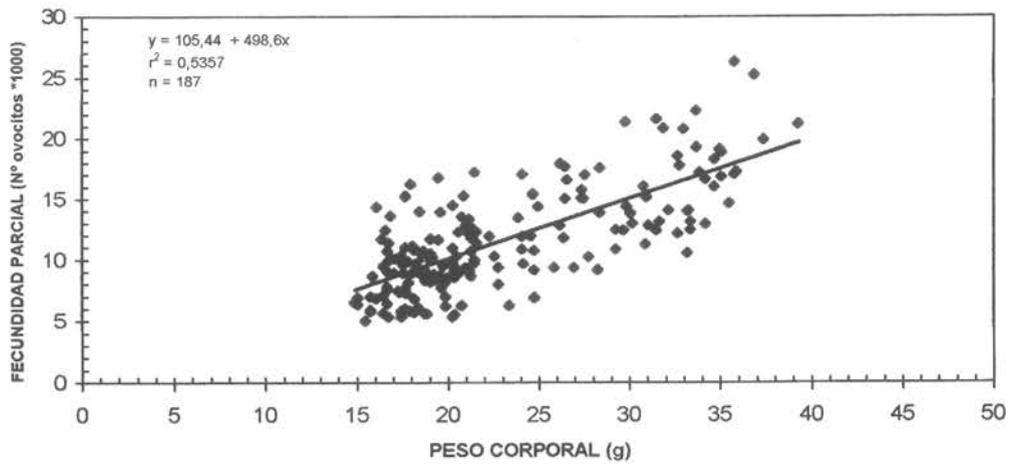


Figura 10. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de hembras hidratadas de anchoveta.

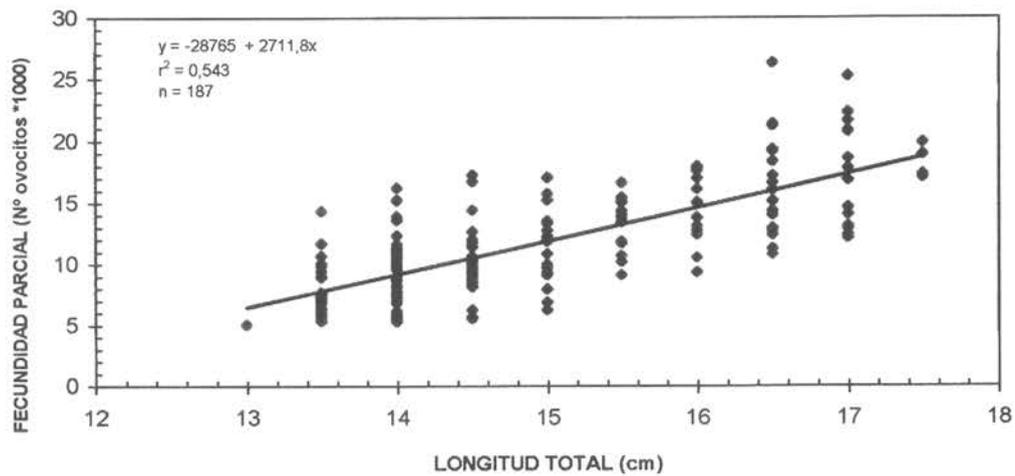


Figura 11. Regresión entre la fecundidad parcial y la longitud total de hembras hidratadas de anchoveta.

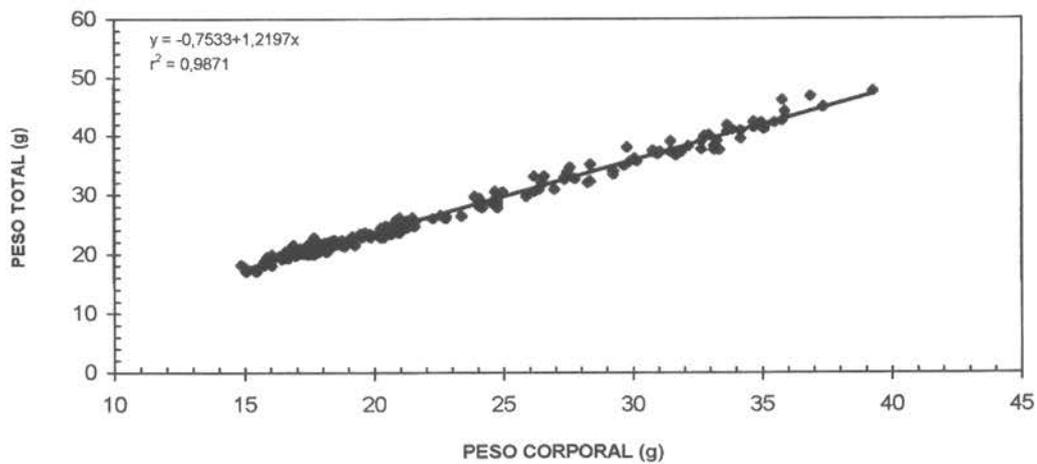


Figura 12. Regresión entre el peso total y el peso corporal (peso total-peso gónada) de la anchoveta.

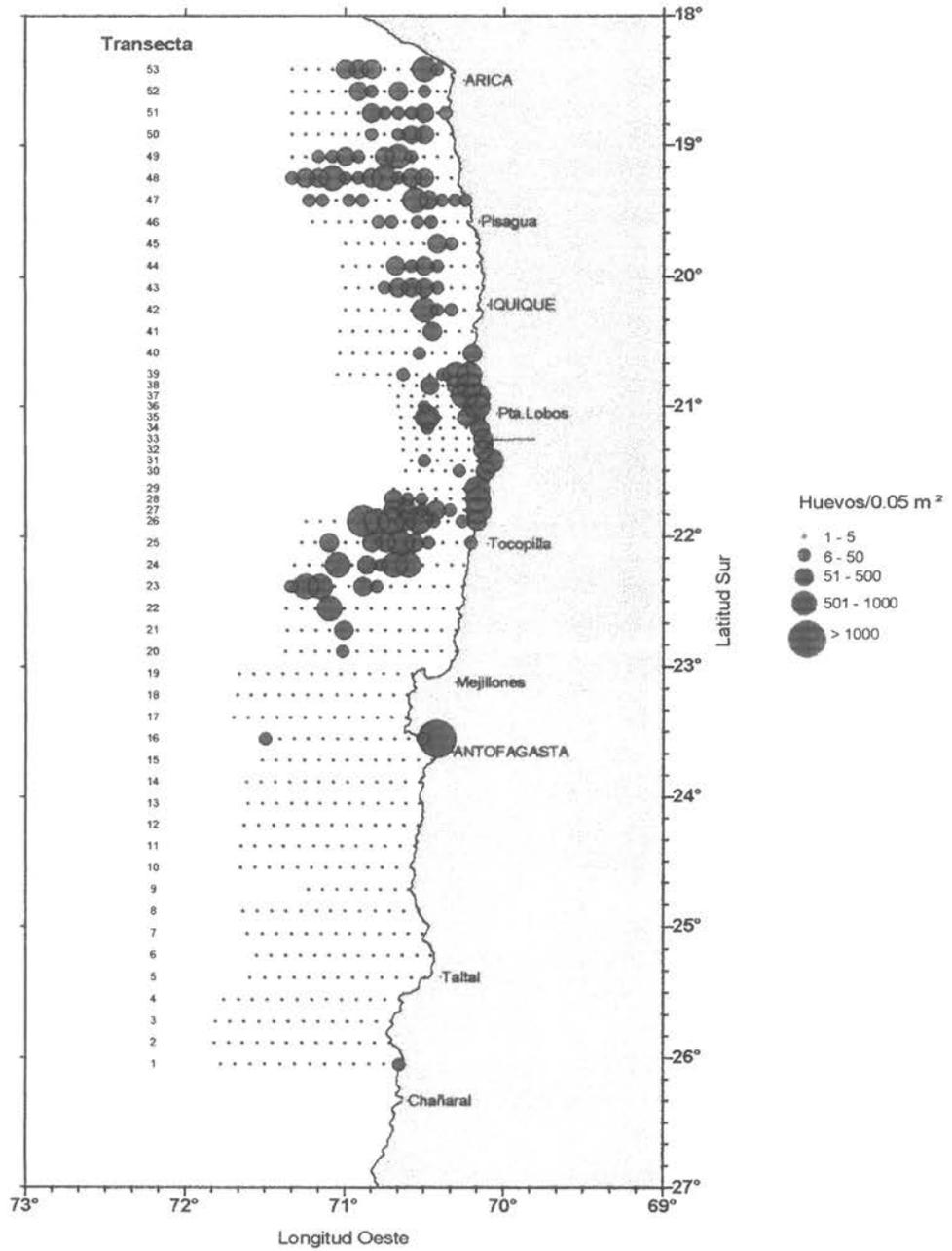


Fig. 13. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero 424(3)99 CP. Invierno 1999.

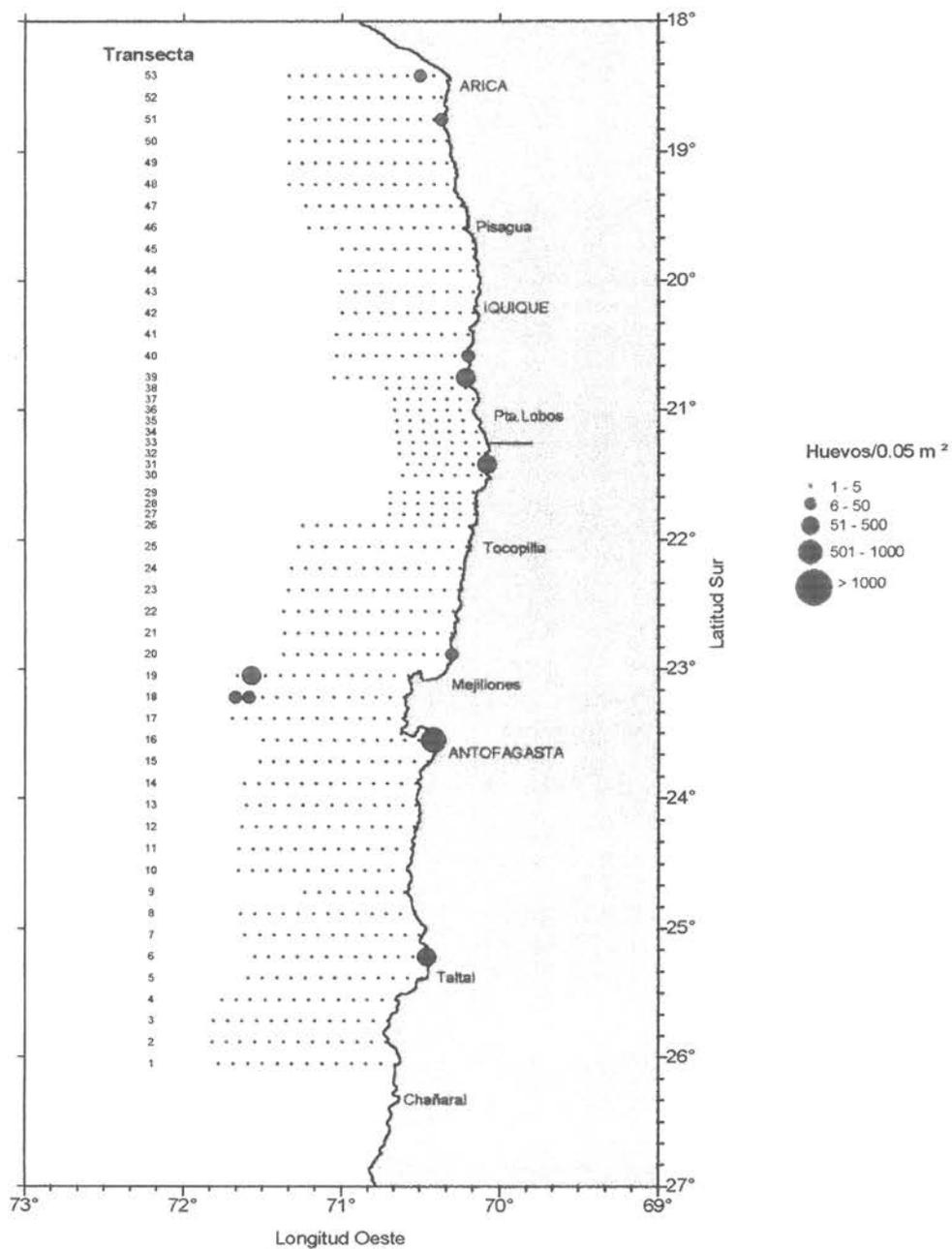


Figura 14. Distribución y abundancia de huevos de sardina. Crucero 424(3)99 CP. Invierno 1999.

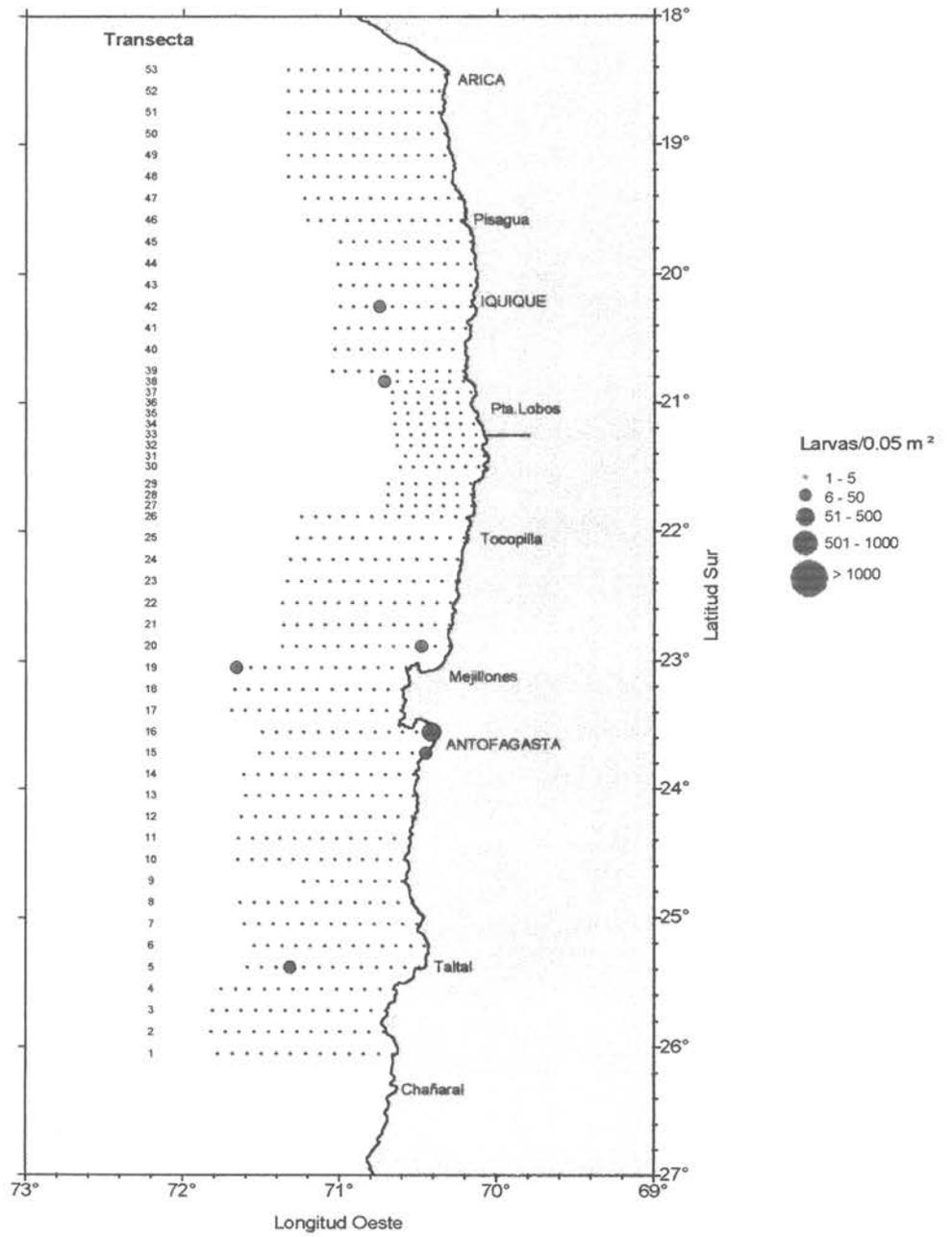


Figura 15. Distribución y abundancia de larvas sardina. Crucero 424(3)99 CP. Invierno 1999.

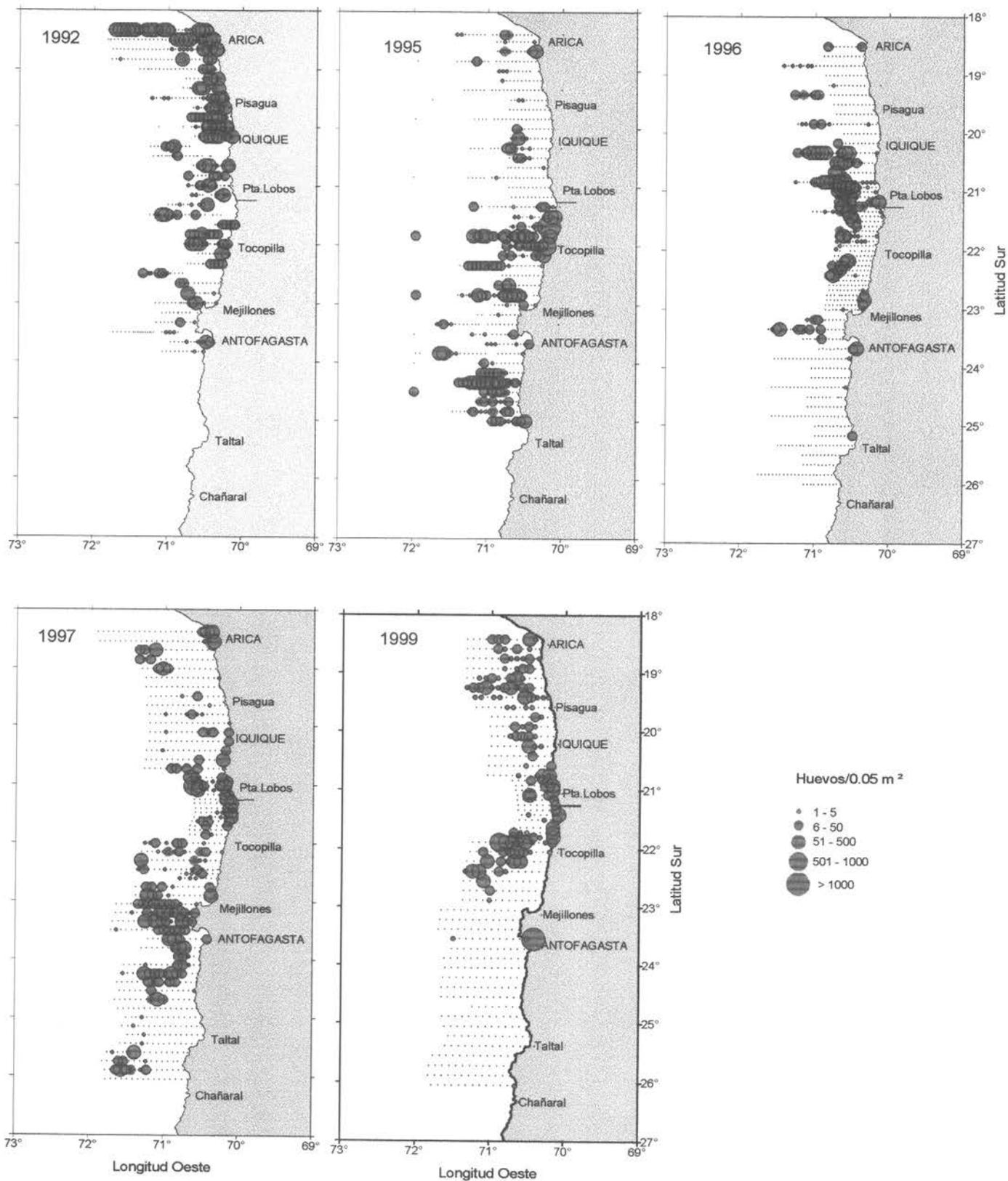


Figura 16. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta de las cinco prospecciones realizadas entre 1992 y 1999 a través del Método de Producción de Huevos.

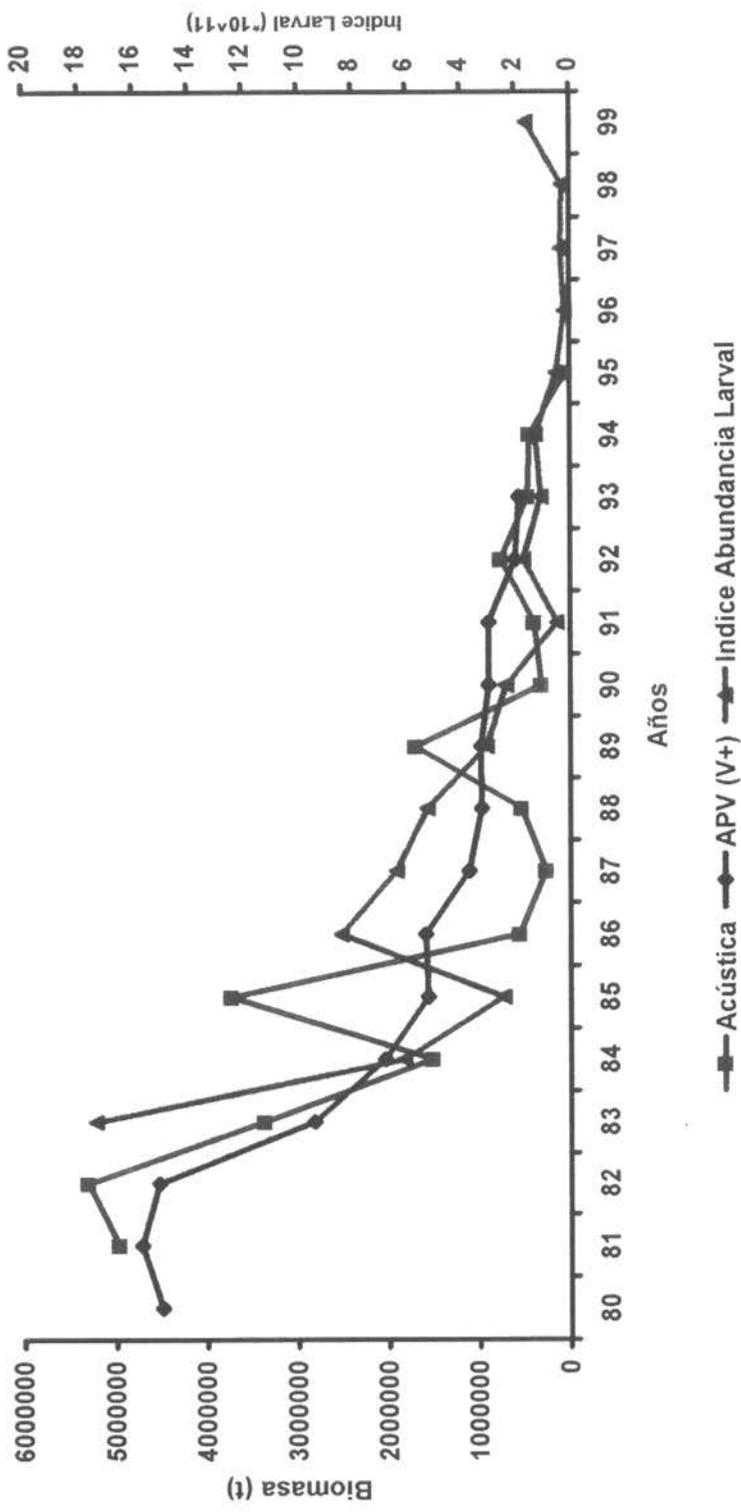


Fig.17. Comparación entre el índice de abundancia larval y la biomasa total estimada por método acústico y biomasa parental (V+) cuantificada por APV para el stock de sardina en la zona norte de Chile, (1980-1999).

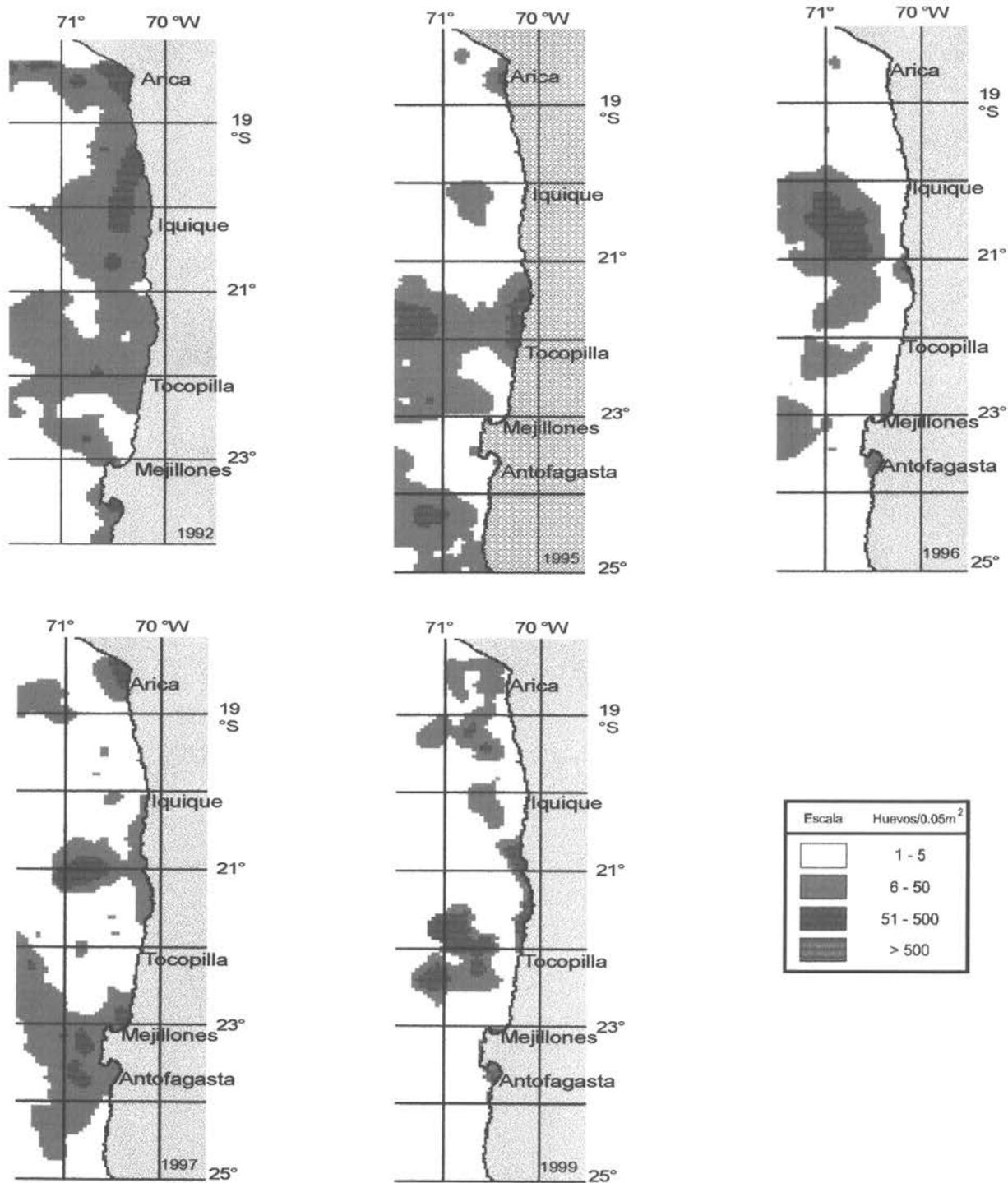


Figura 18. Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta entre los años 1992 y 1999 a través del método de Producción de huevos.

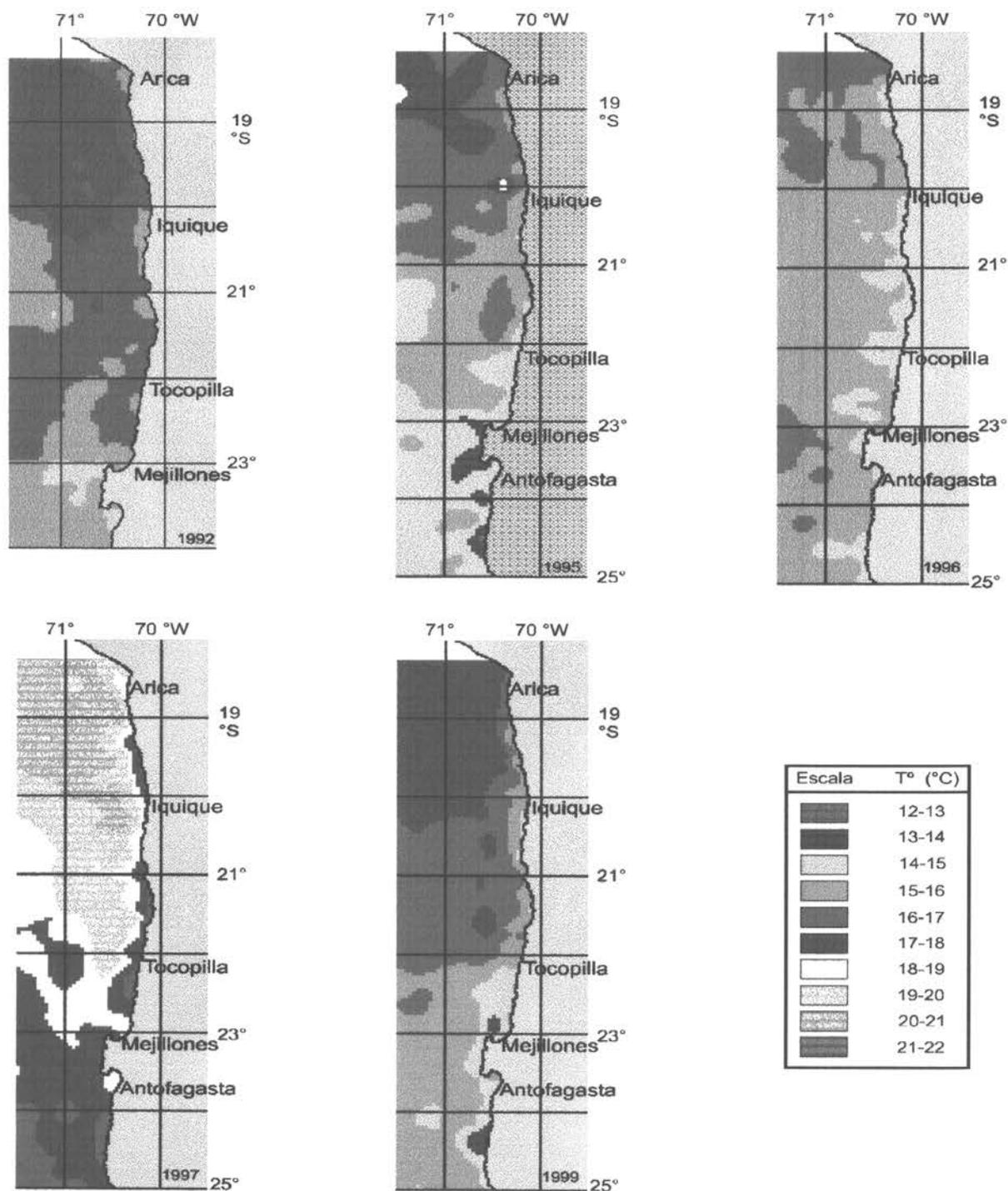


Figura 19. Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial (°C) entre los años 1992 y 1999 a través del Método de producción de huevos.

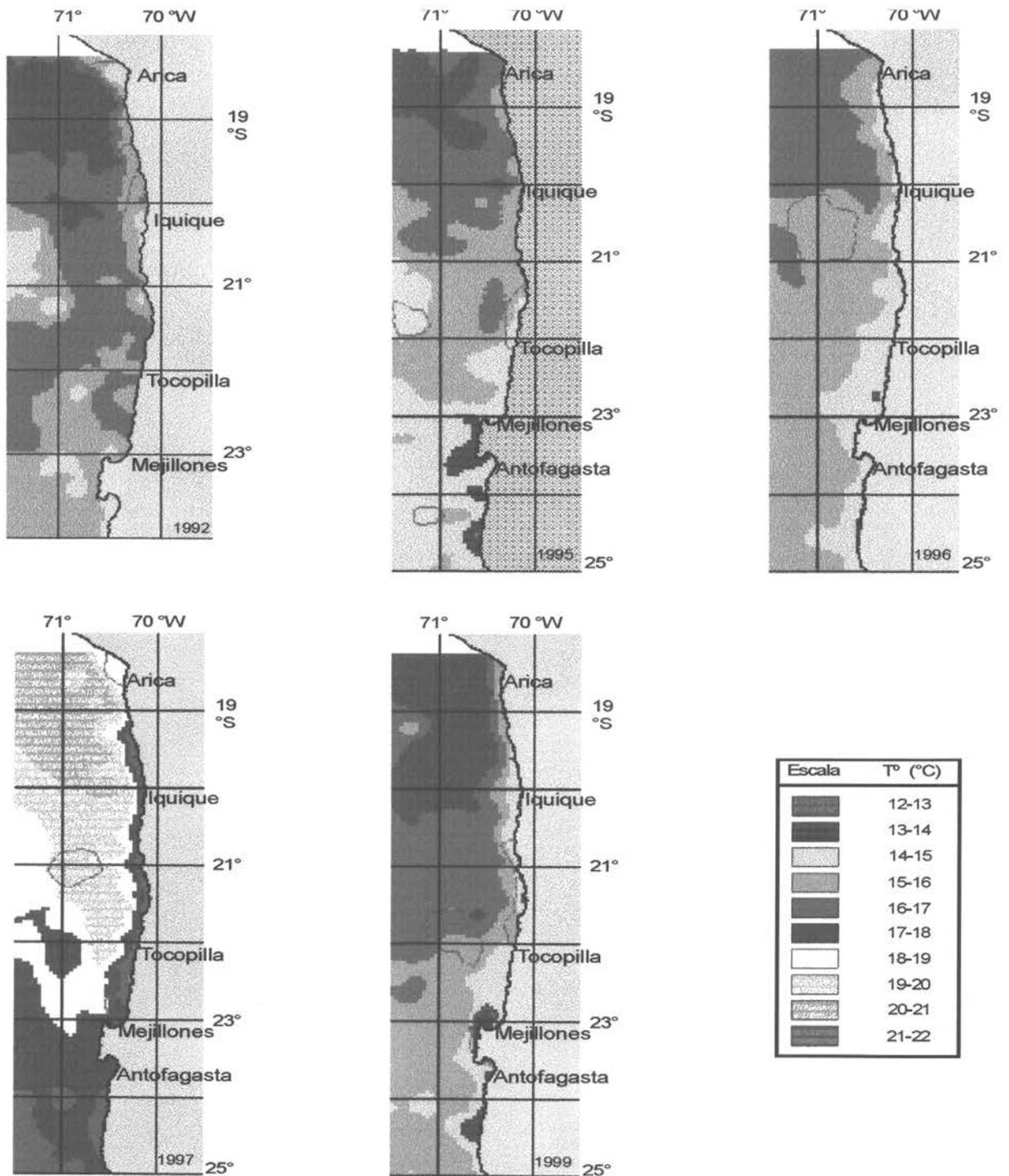


Figura 20. Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m de profundidad (°C) entre los años 1992 y 1999 a través del Método de Producción de huevos.

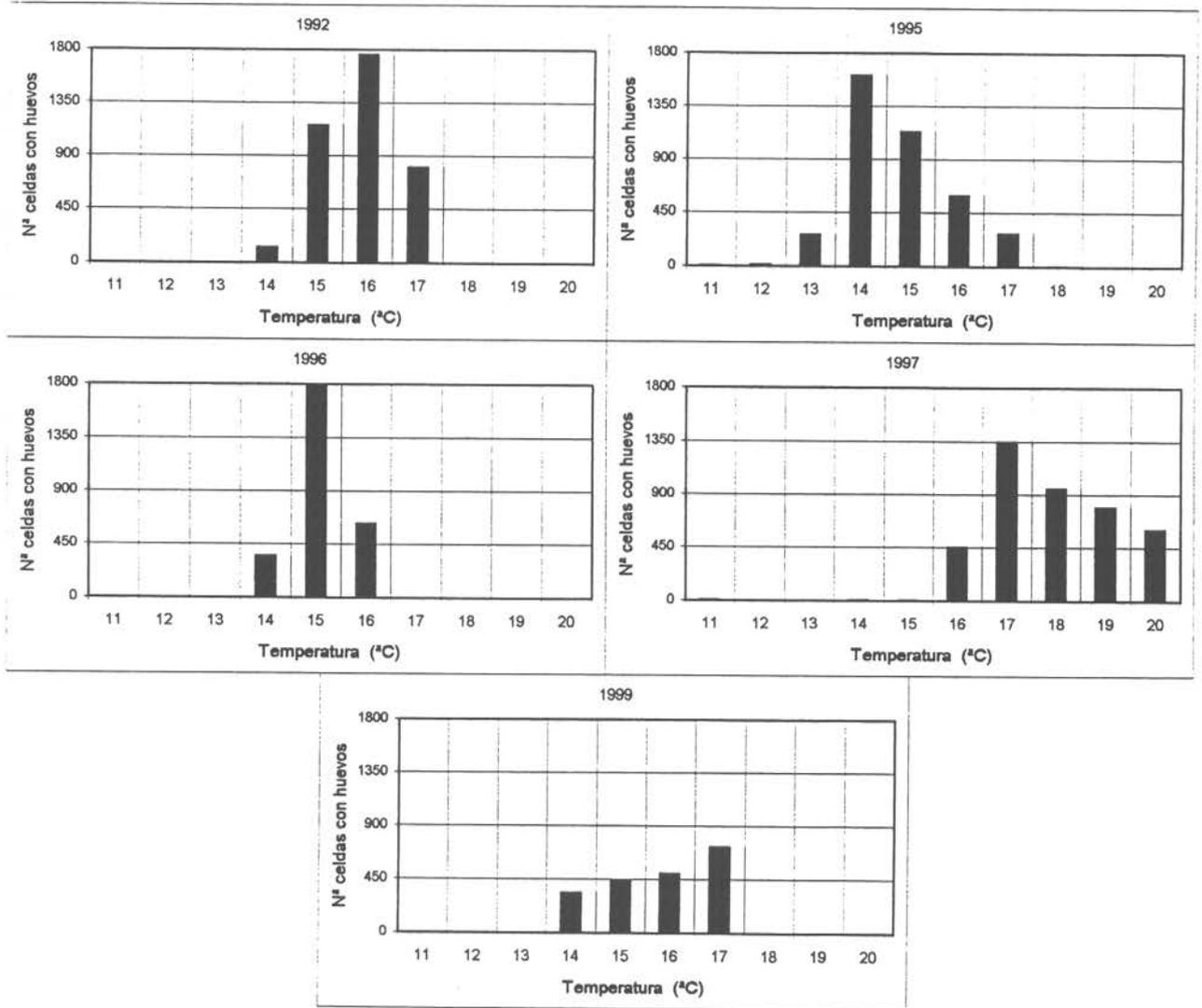


Figura 21. Número de celdas con huevos respecto de la temperatura superficial del mar (°C).

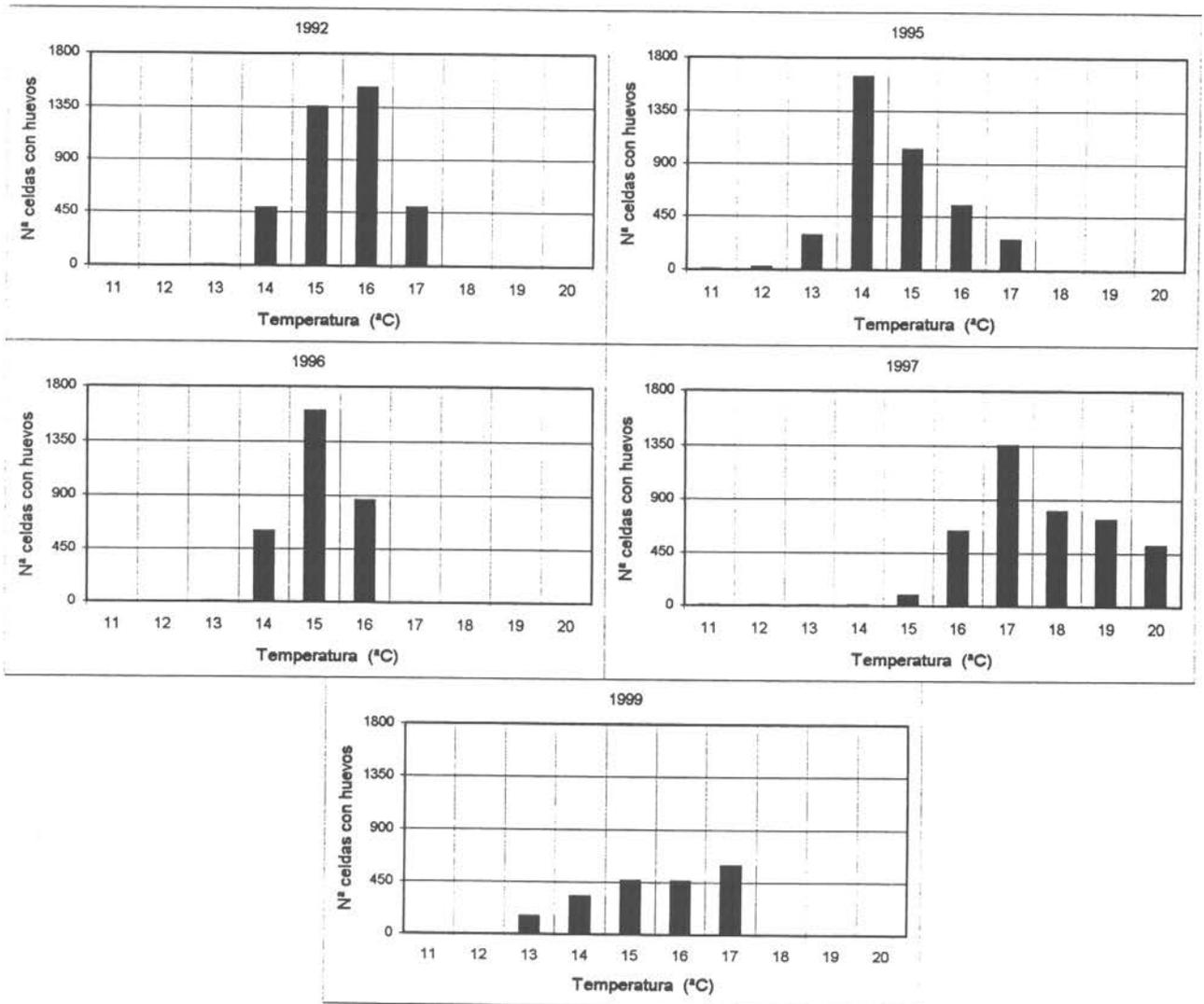


Figura 22. Número de celdas con huevos respecto de la temperatura de 10 m de profundidad (°C).

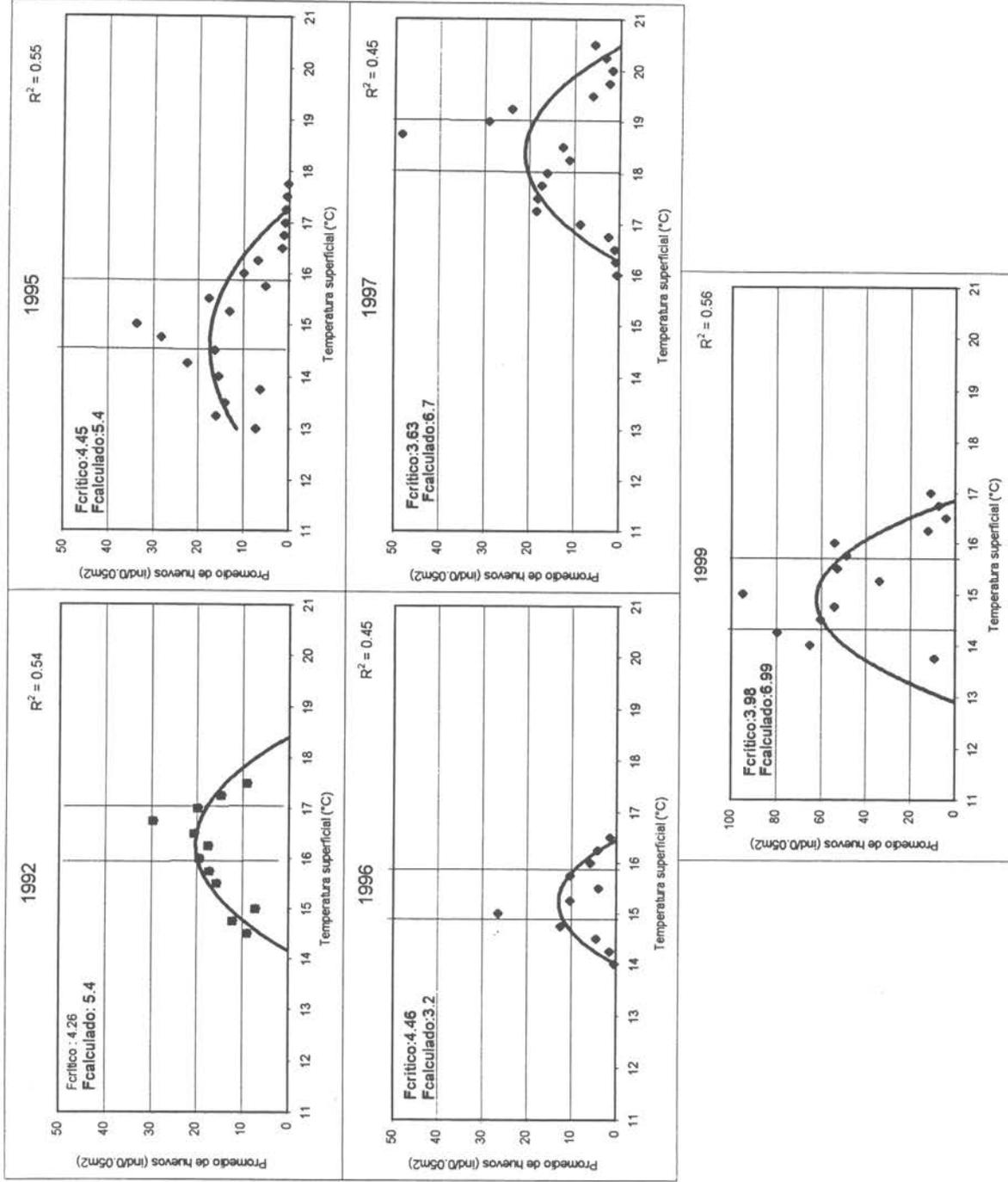


Figura 23. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto de la temperatura superficial (°C).

"Rango óptimo" de densidad de huevos de anchoveta respecto a la variable ambiental.

H0: No hay regresión

H1: Hay regresión

Fcrítico < Fcalculado0: No hay regresión

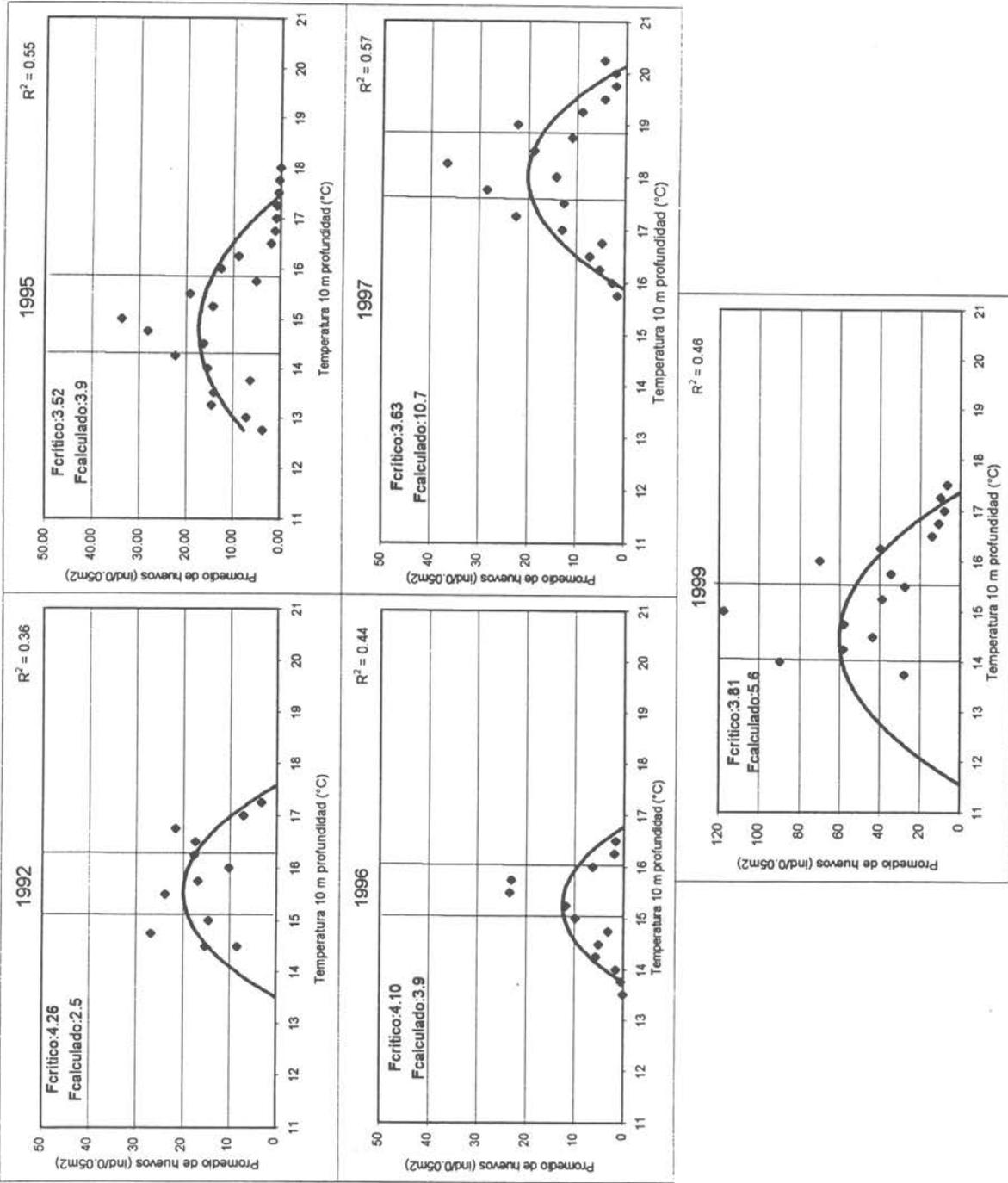


Figura 24. Relaciones entre el promedio de los huevos de anchoveta respecto de la temperatura a 10 m de profundidad (°C).

----- "Rango óptimo" de densidad de huevos de anchoveta respecto a la variable ambiental.

- H0: No hay regresión
- H1: Hay regresión
- F_{crítico} < F_{calculado}: No hay regresión

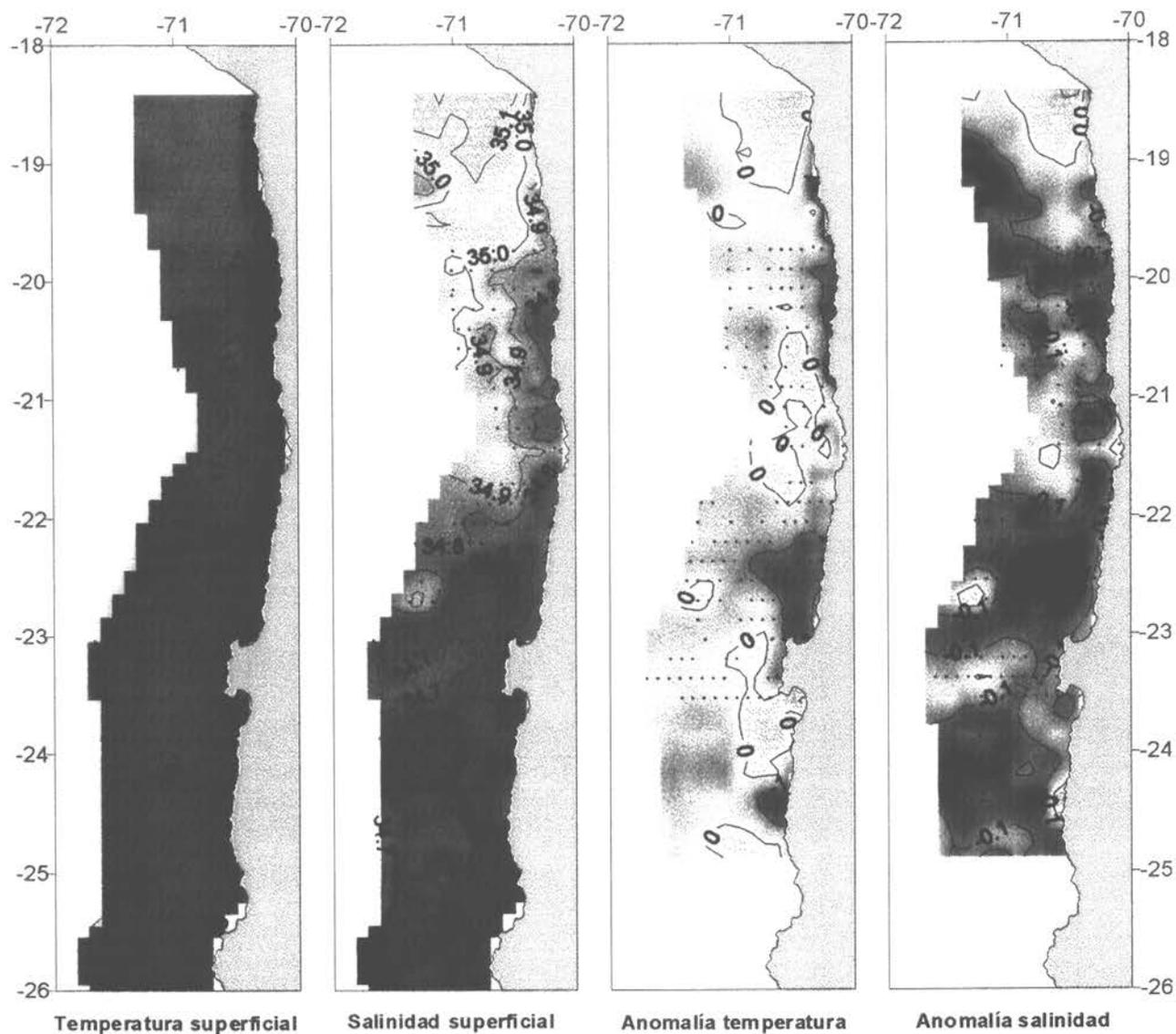


Figura 25. Distribución superficial de temperatura, salinidad, anomalía de temperatura y anomalía de salinidad. Crucero MPH 9908 - Agosto 1999.

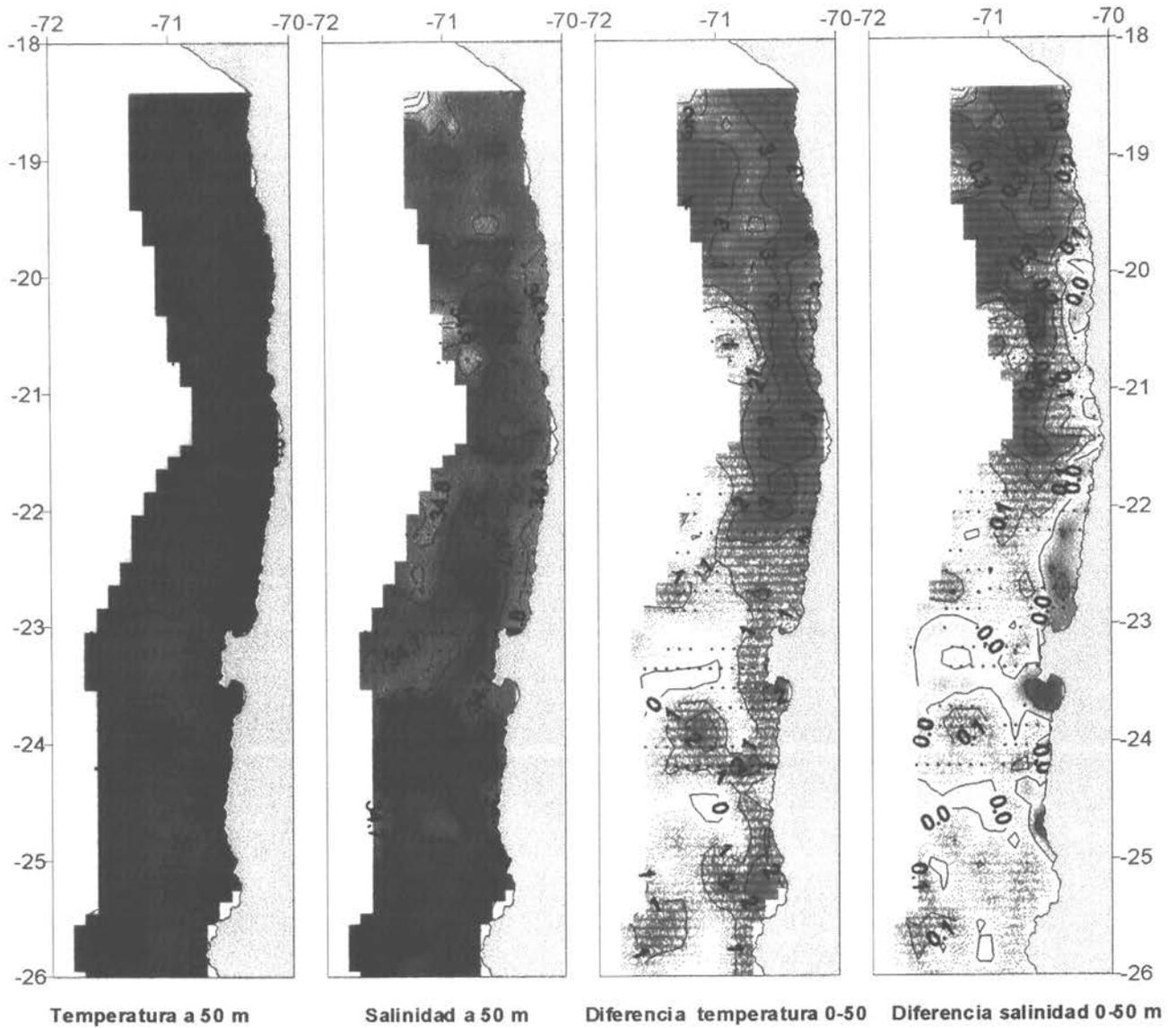


Figura 26. Distribución de temperatura y salinidad a 50 m de profundidad y diferencia de temperatura y salinidad entre superficie y 50 m. Crucero MPH 9908 - Agosto 1999.

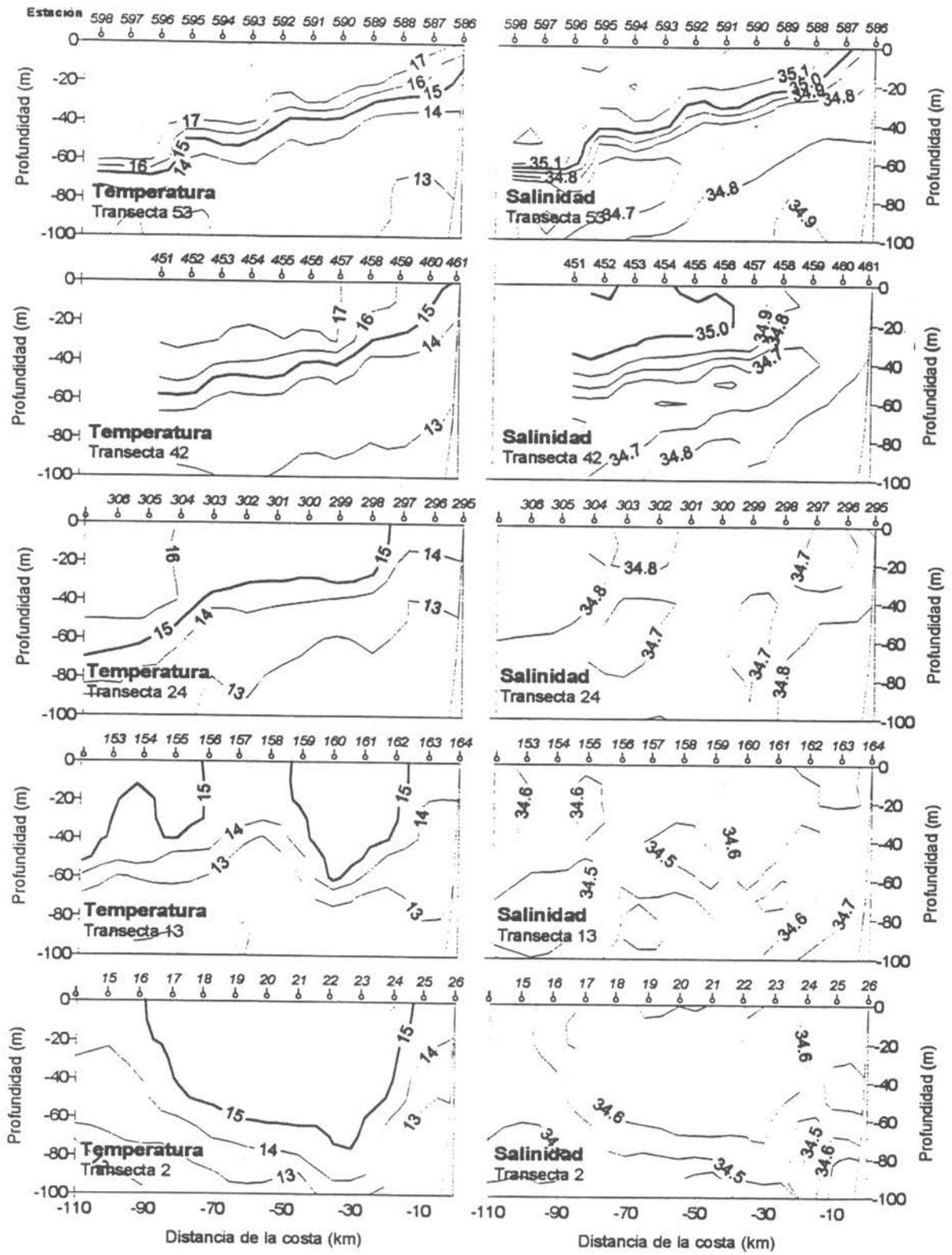


Figura 27.- Distribución vertical de temperatura y salinidad en las transectas 53 (18°25'S), 42 (20°15'S), 24 (22°13'S), 13 (24°03'S) y 2 (25°53').

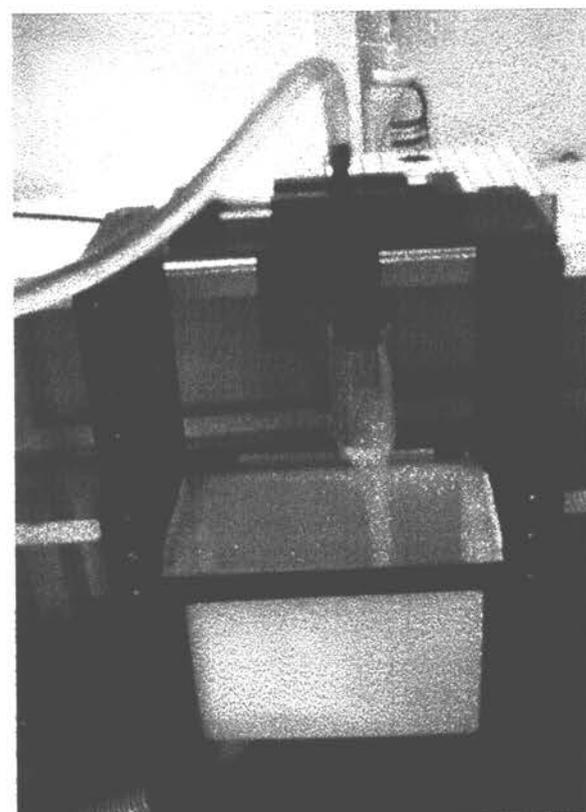
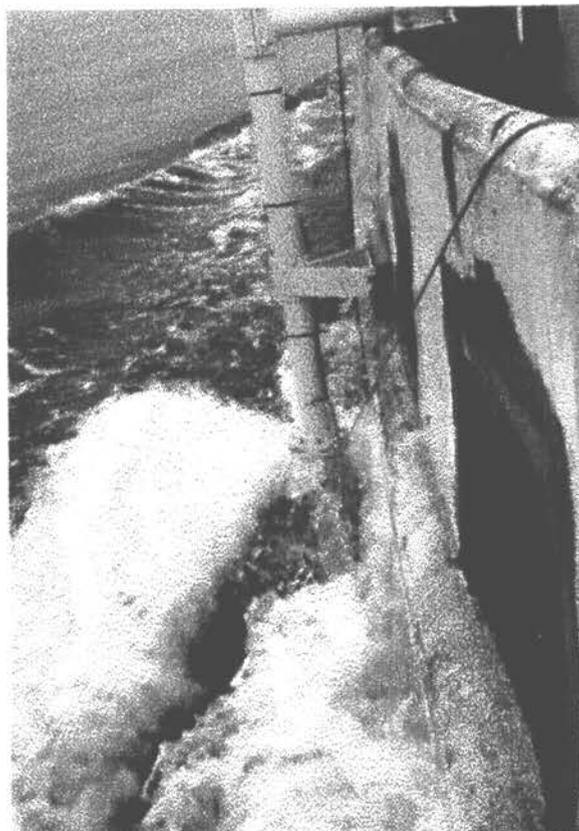


Fig. 28 Sistema CUFES

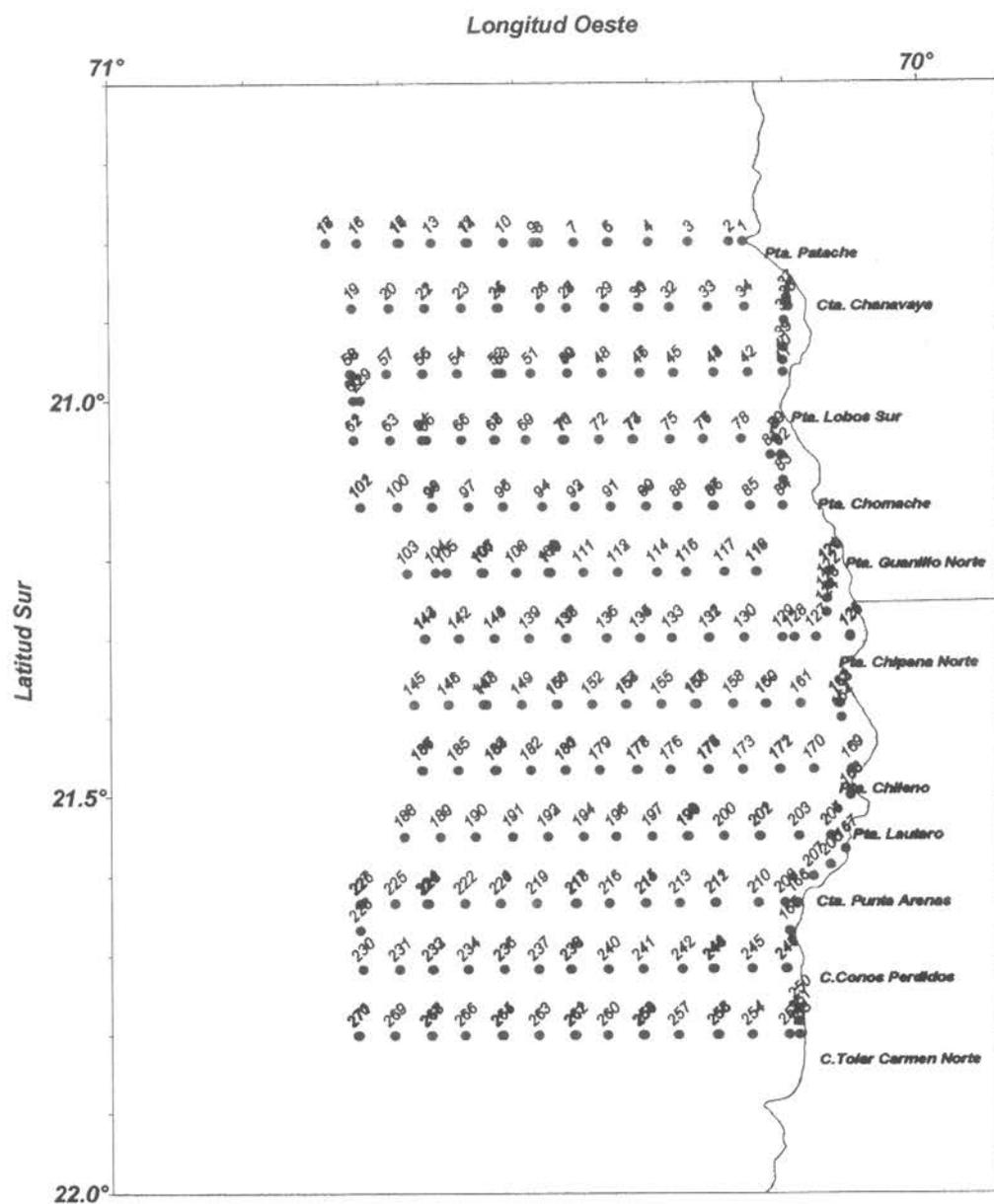


Figura 29.- Ubicación geográfica estaciones CUFES. Crucero MPH 424(3)99 CP. Septiembre 1999.

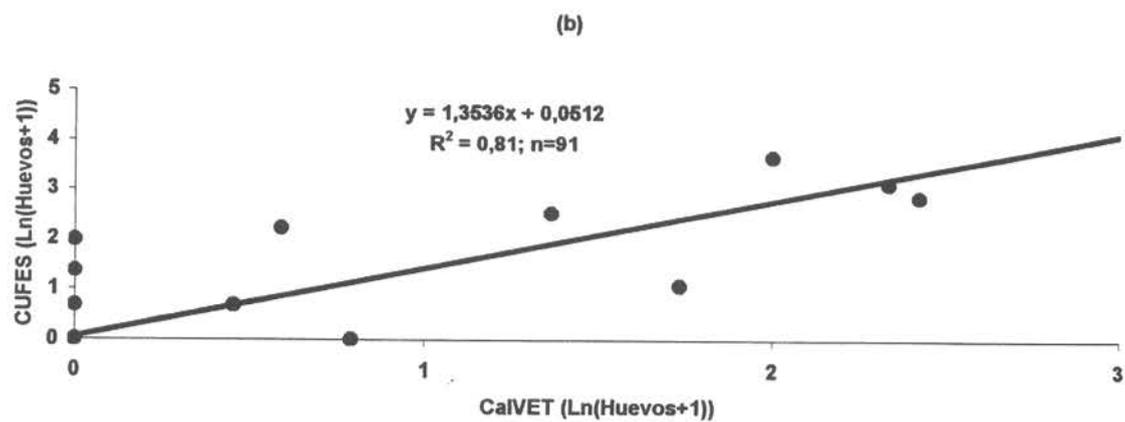
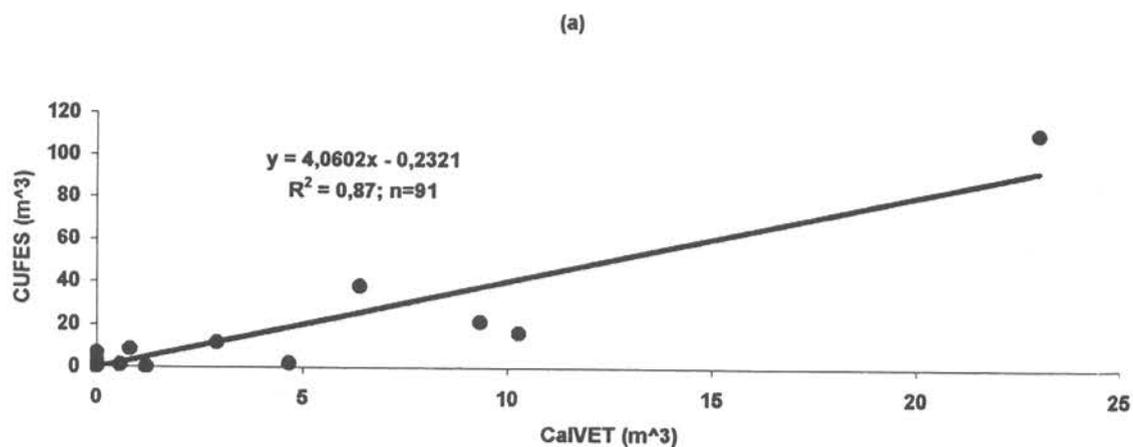


Fig. 30 Curvas de calibración para huevos de sardina colectados con red CalVET y sistema CUFES, (a) datos no transformados y (b) datos transformados.

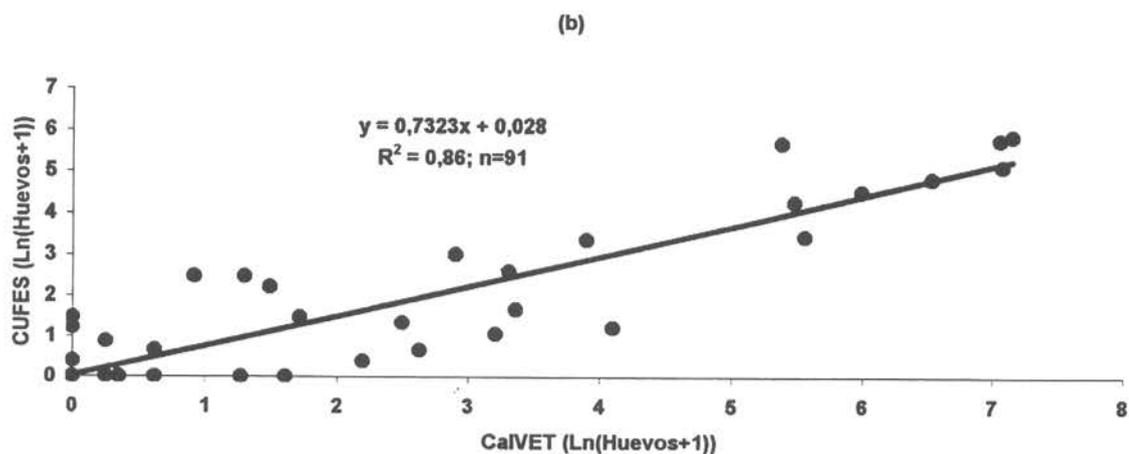
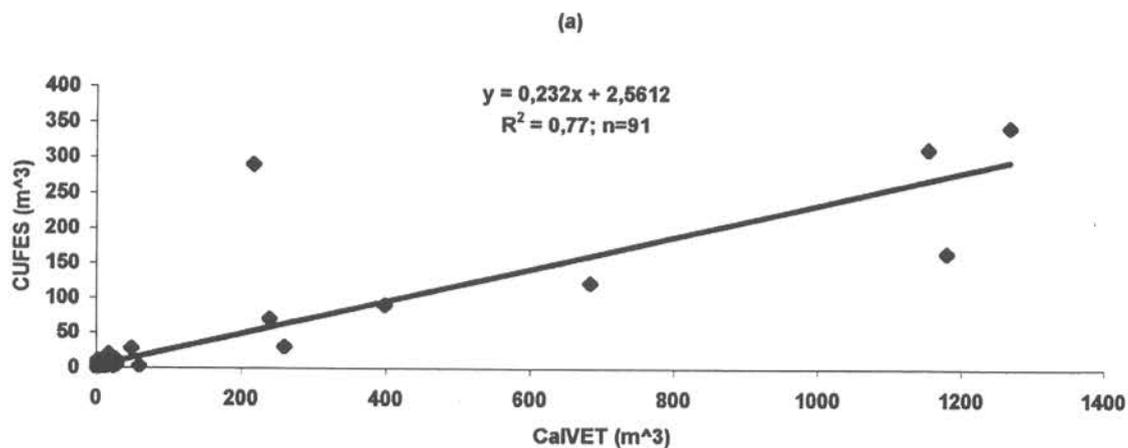


Fig. 31 Curvas de calibración para huevos de anchoveta colectados con red CalVET y sistema CUFES, (a) datos no transformados y (b) datos transformados.

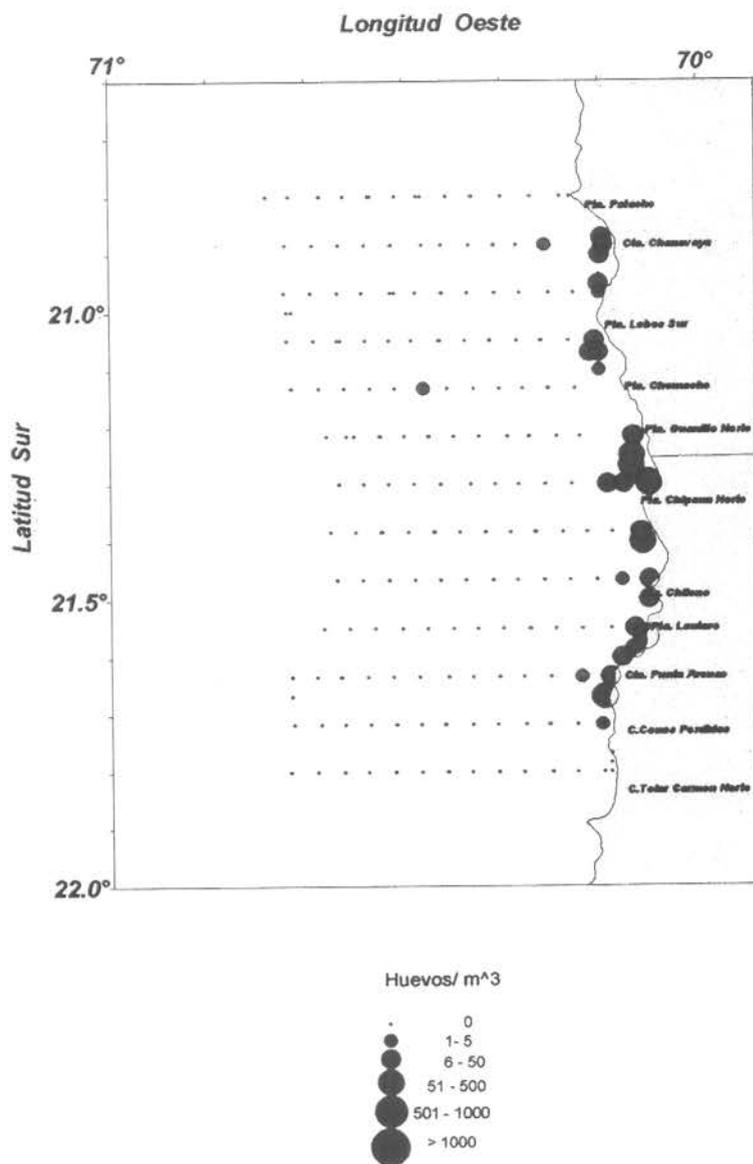


Figura 32.- Distribución y abundancia espacial de huevos de sardina, *Sardinops sagax* mediante el uso de la CUFES (huevos/m³) Septiembre 1999.

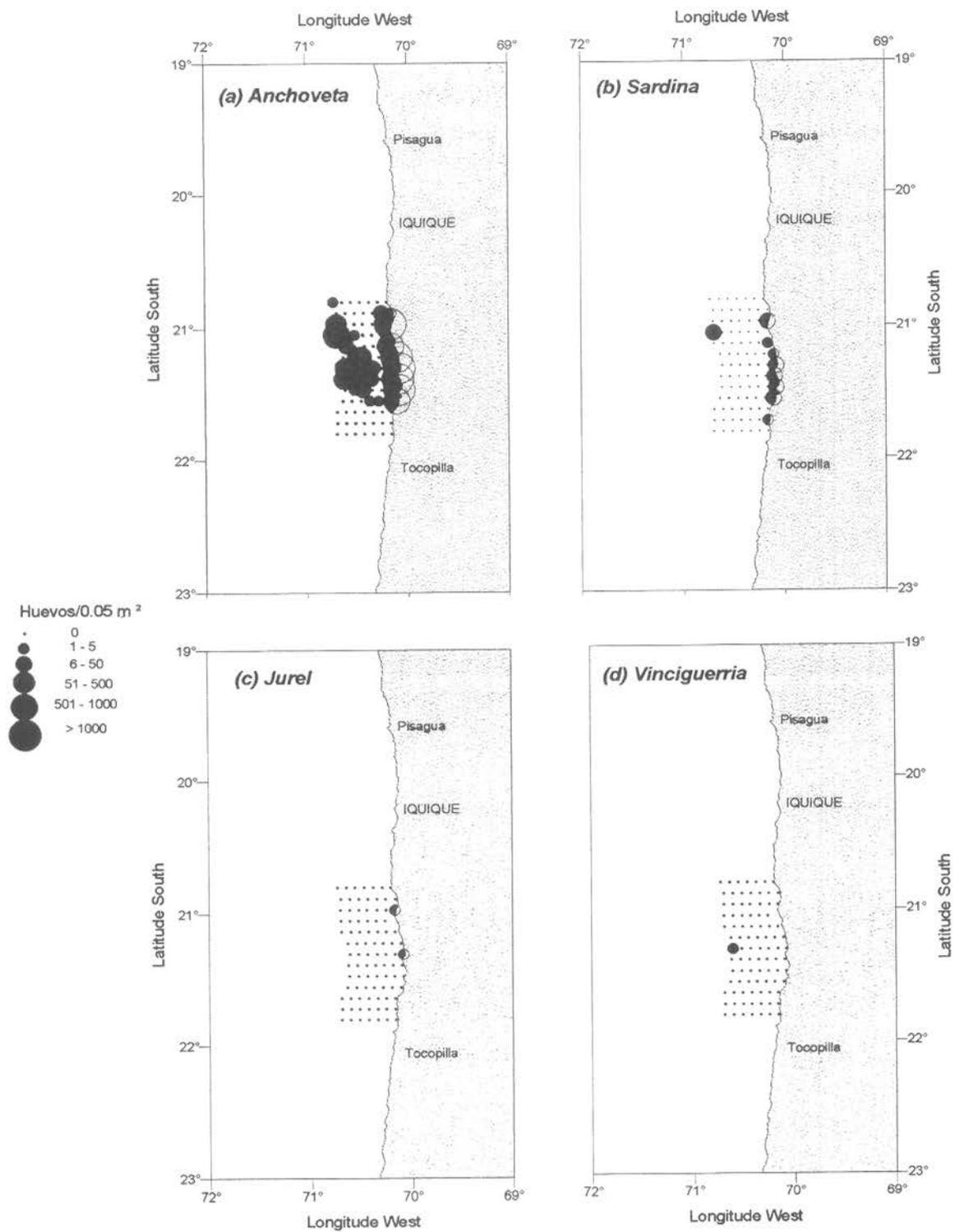


Figura 34.- Distribución y abundancia de huevos de (a) Anchoveta, (b) Sardina, (c) Jurel y (d) Vinciguerria. Septiembre 1999. red CALVET.

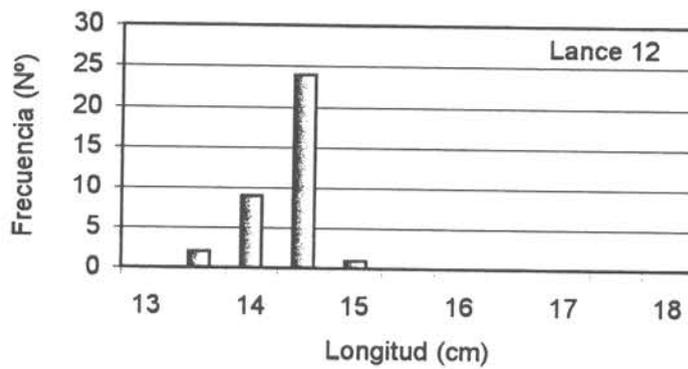
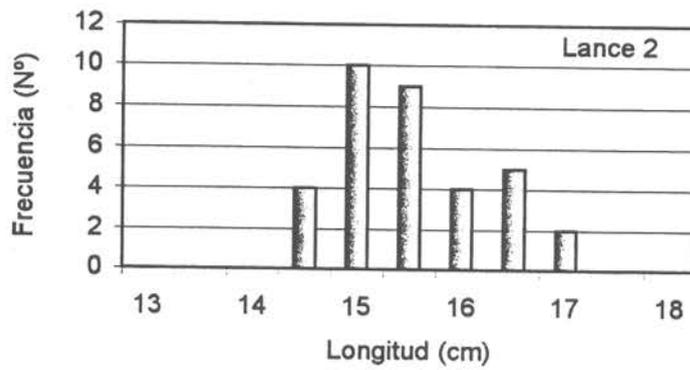
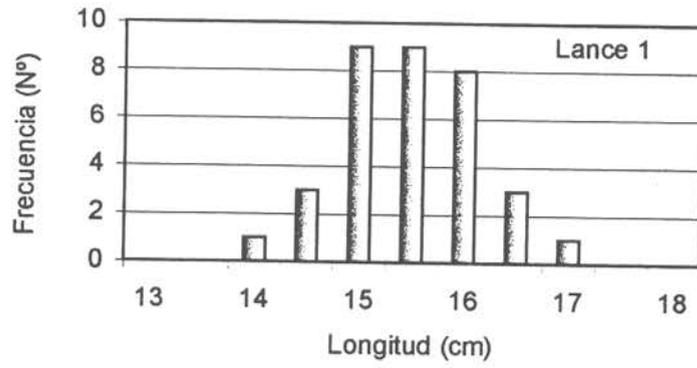


Figura 35.- Estructura de tallas de Anchoqueta B/I "Abate Molina". Cucrero MPH-9909.

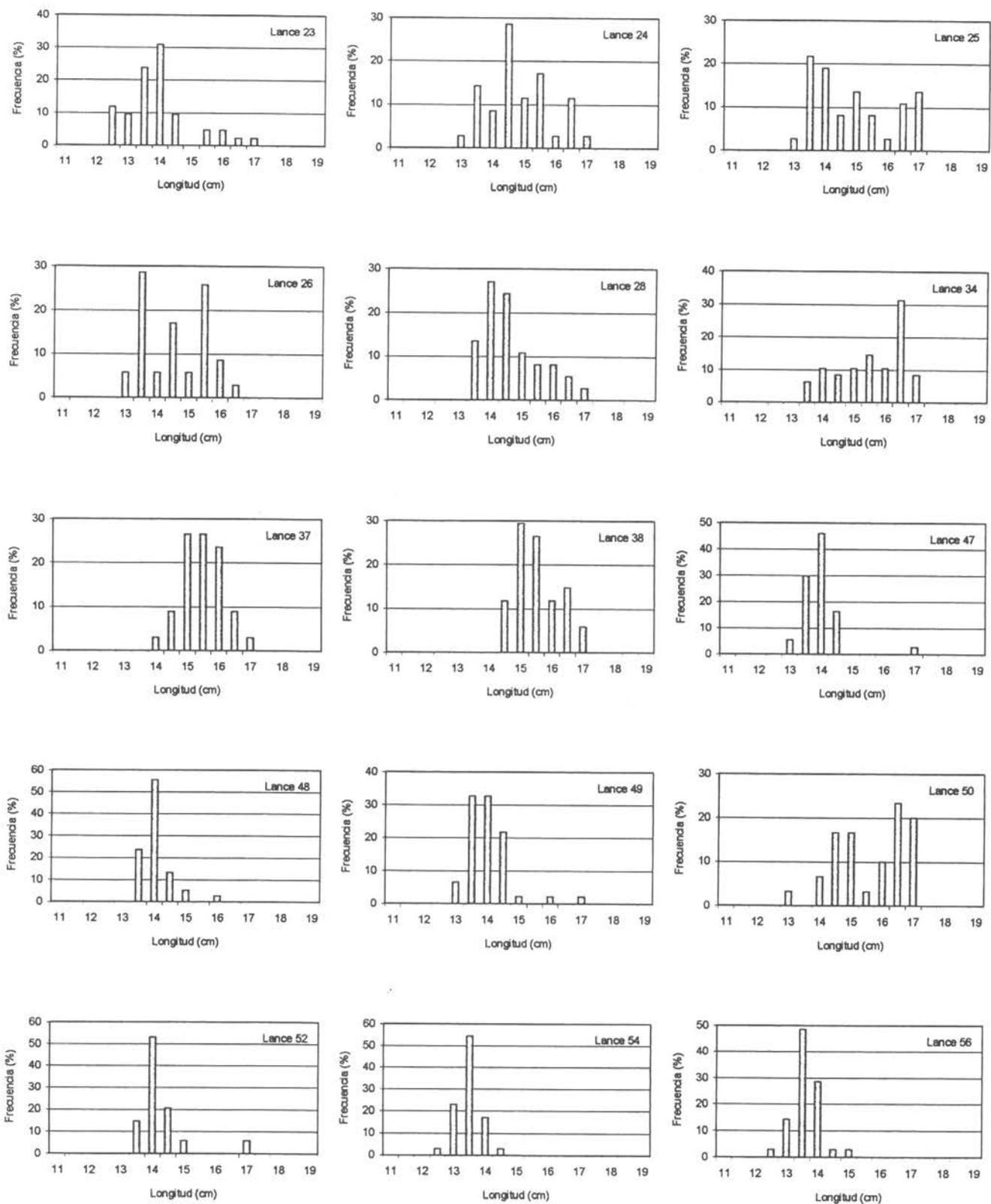


Figura 36.- (Continuación) Estructura de tallas de Anchoveta de la Flota Pesquera. Crucero MPH-9909.

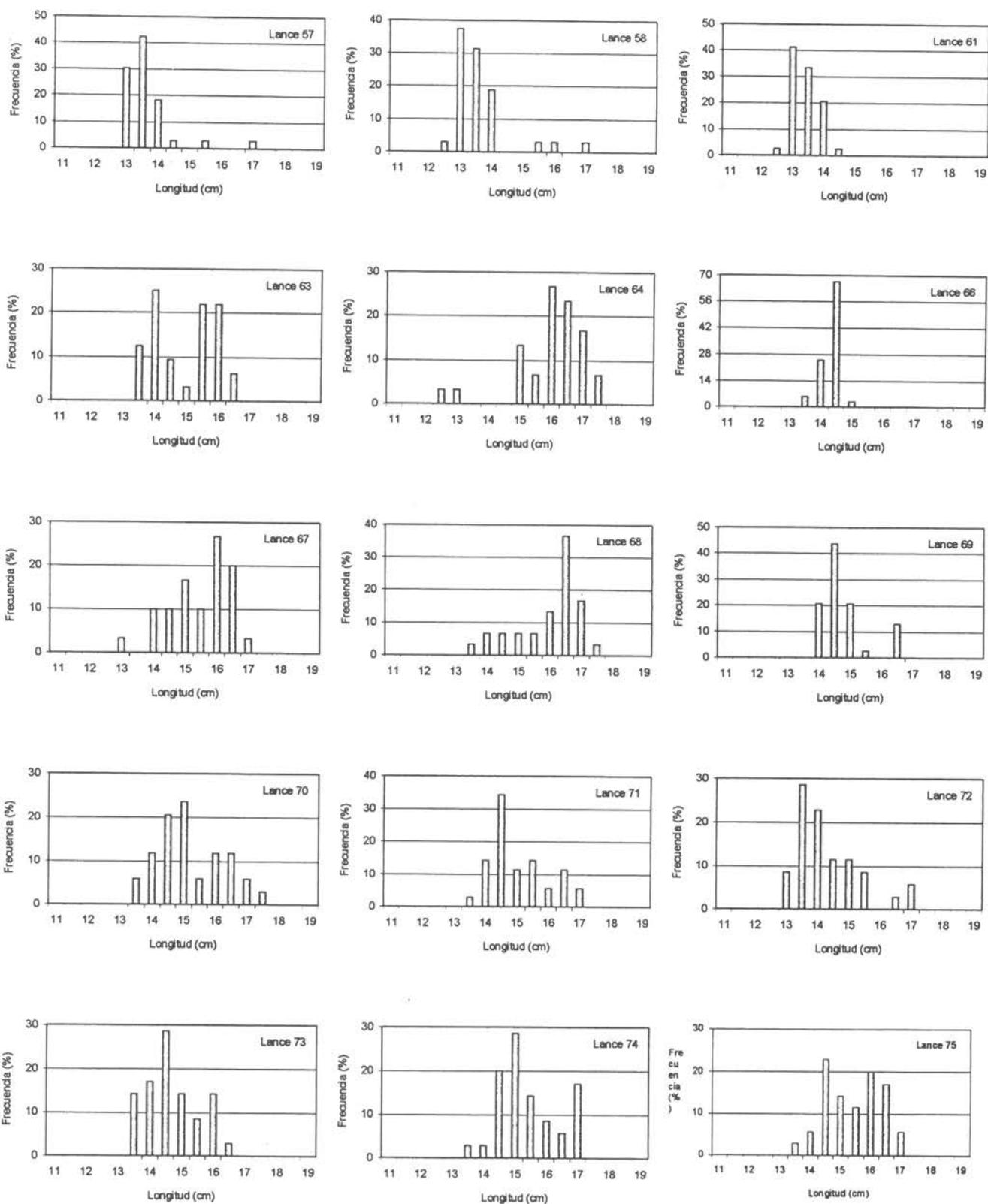


Figura 36.- (Continuación) Estructura de tallas de Anchoveta de la Flota Pesquera. Crucero MPH-9909.

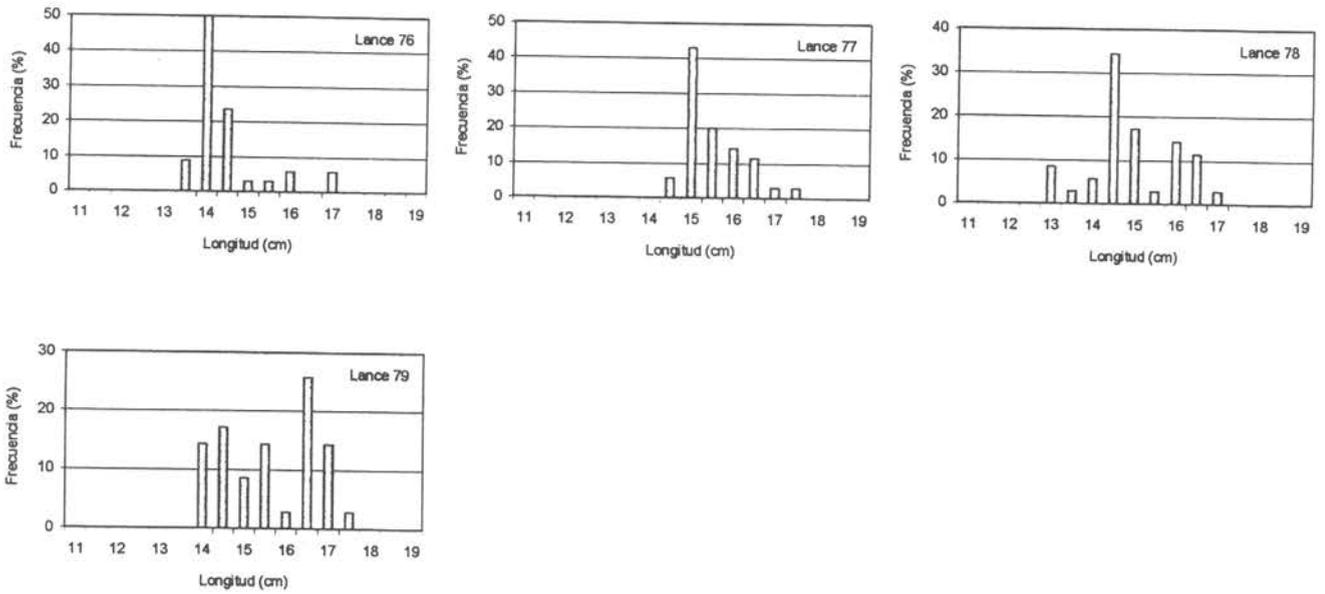
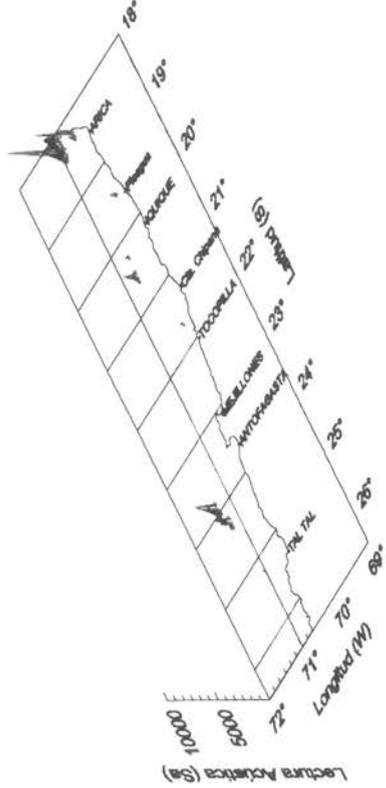
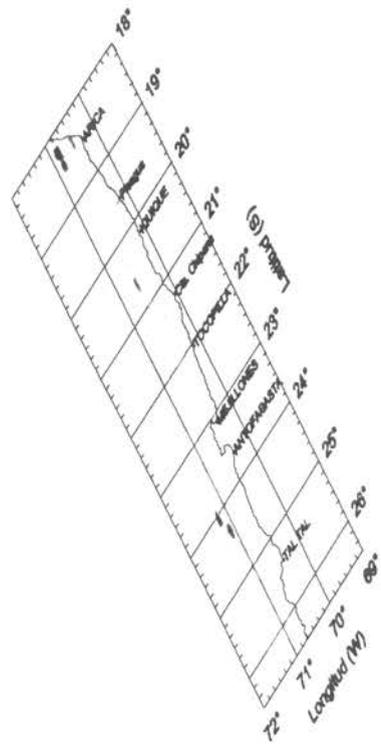
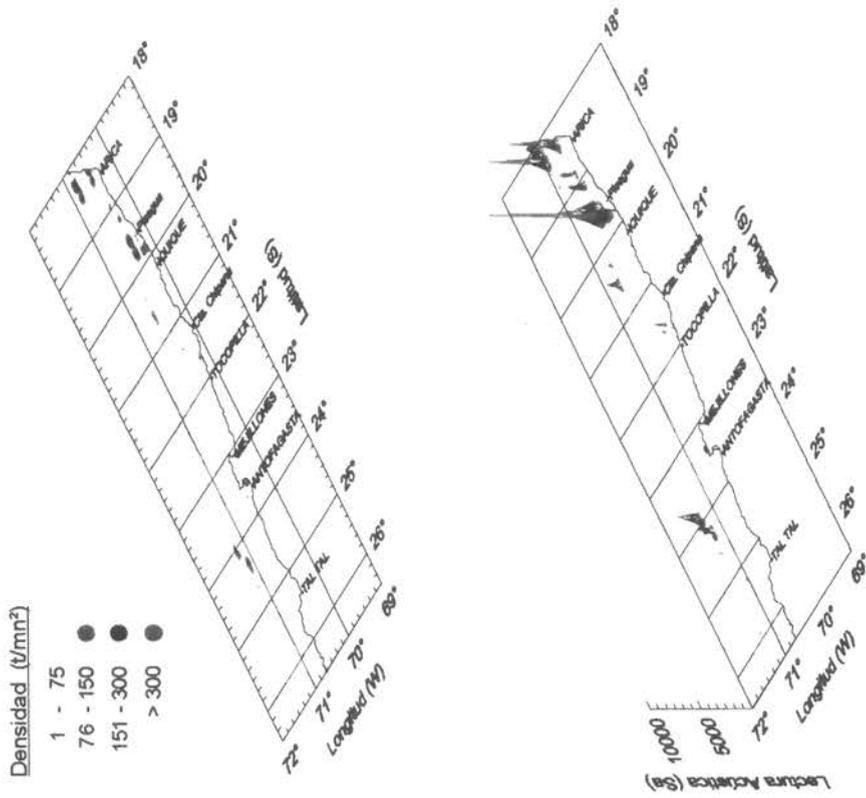


Figura 36.- (Continuación) Estructura de tallas de Anchoveta de la Flota Pesquera. Crucero MPH-9909.



Total

Jurel

Figura 38. - Distribución espacial de Jurel y Total. Crucero MPH 9909

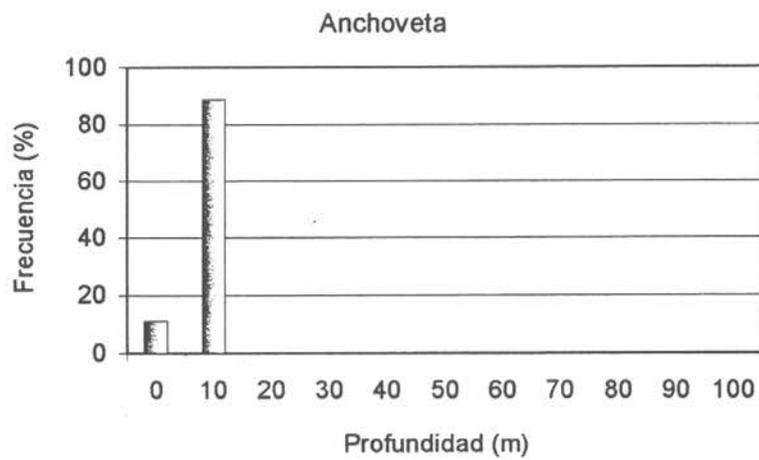
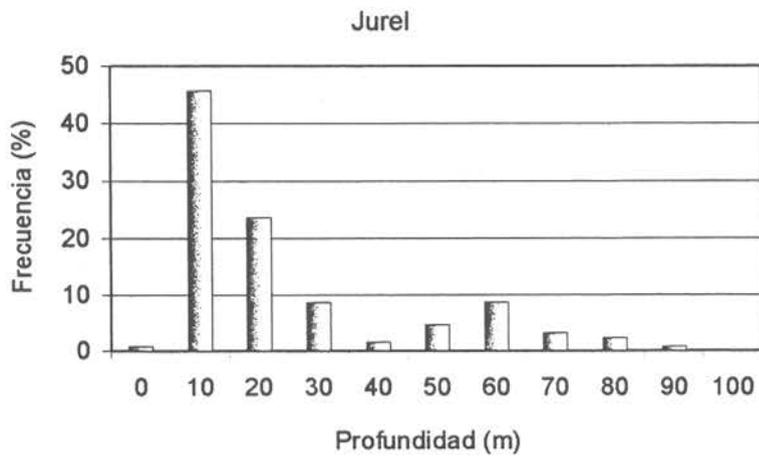
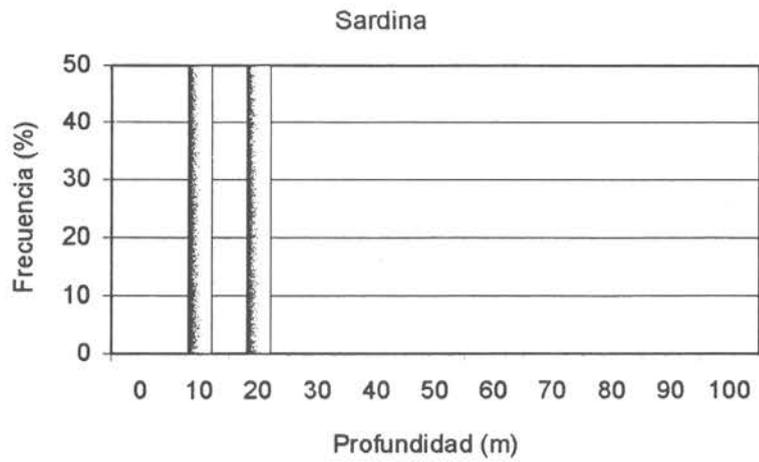
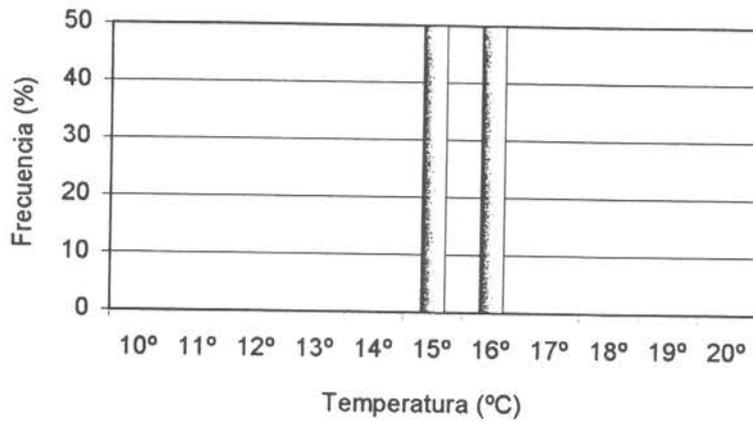
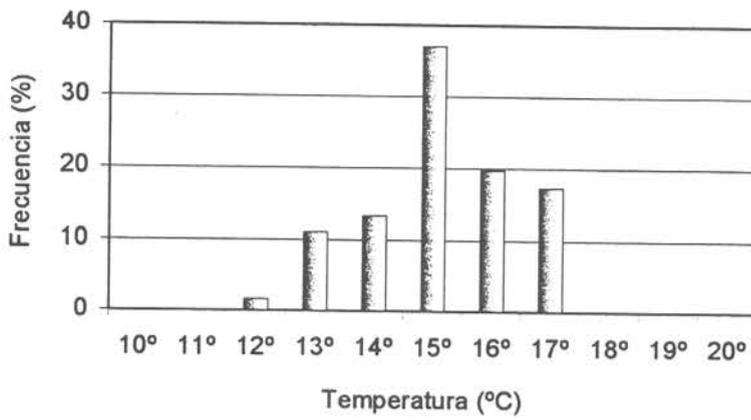


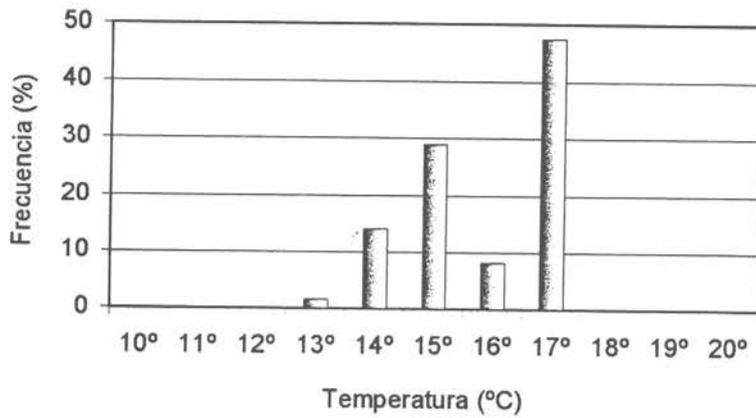
Figura 39.- Distribución batimétrica de los recursos. Crucero MPH-9909.



Sardina

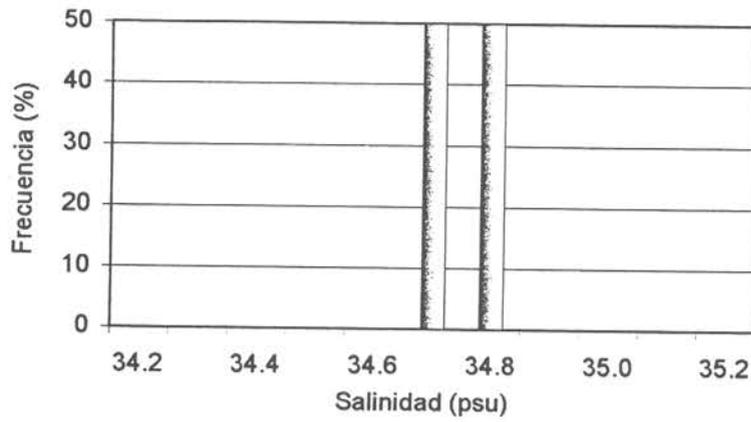


Jurel

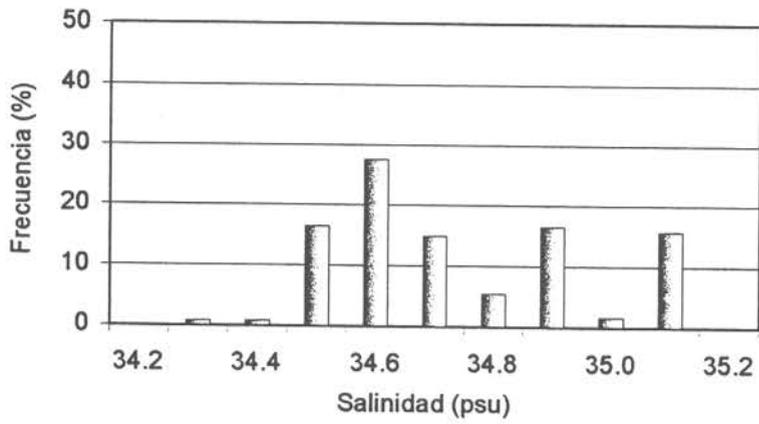


Anchoveta

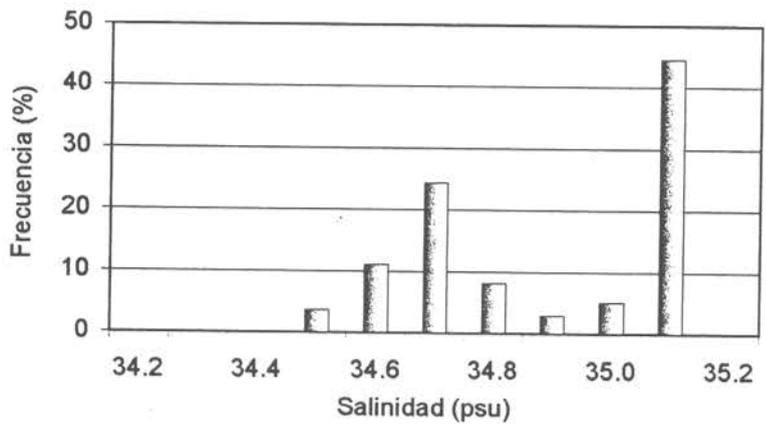
Figura 40.- Distribución de los recursos respecto de la temperatura (°C). Crucero MPH-9909.



Sardina



Jurel



Anchoveta

Figura 41.- Distribución de los recursos respecto de la salinidad (psu). Crucero MPH-9909.

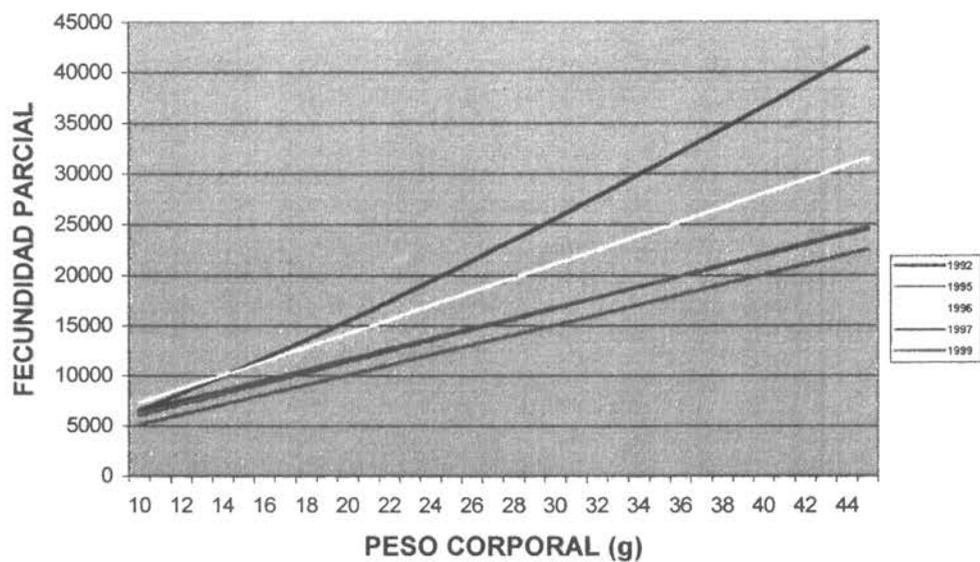


Figura 42. Regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal de la anchoveta en la I y II Región.

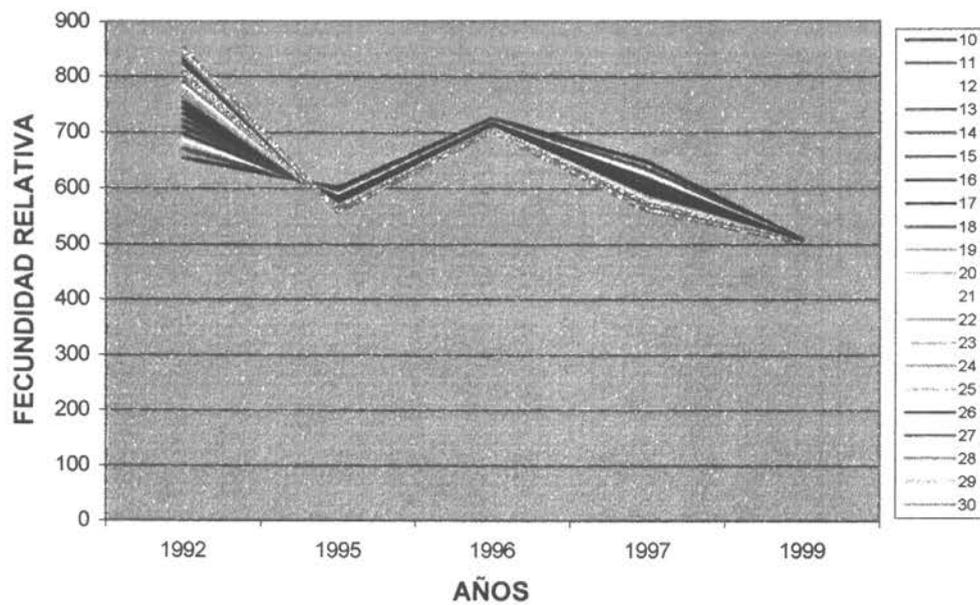


Figura 43. Fecundidad relativa de la anchoveta, en la I y II Región. (series: peso corporal en gramos).