



**INFORME FINAL
CORREGIDO**

Evaluación del stock desovante de
anchoveta en la I y II Regiones, año 2008

FIP N° 2008-01 / Agosto-2009



**INFORME FINAL
CORREGIDO**

**Evaluación del stock desovante de
anchoveta en la I y II Regiones, año 2008**

FIP N° 2008-01 / Agosto-2009

REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

Presidente Consejo de Investigación Pesquera:
Jorge Chocair Santibáñez

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Braun Alegría

Director Ejecutivo
Mauricio Braun Alegría



FIP N° 2008-01 / Agosto-2009

JEFE DE PROYECTO
Mauricio Braun Alegría

AUTORES

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS DE ANCHOVETA

Mauricio Braun A.
Vivian Valenzuela C.
Paola Moreno G.

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

Hernán Reyes R.
Jaime Letelier P.
Milena Pizarro R.
Mauricio Braun A.

*ESTIMACIÓN DE LA PROPORCIÓN SEXUAL EN PESO
Y PESO PROMEDIO DE HEMBRAS, PRODUCCIÓN
DIARIA DE HUEVOS, PROPORCIÓN DE ESTADIOS
DE MADUREZ SEXUAL MICROSCÓPICOS,
FECUNDIDAD, FRECUENCIA DE DESOVE Y
BIOMASA DEL STOCK DESOVANTE*

Gabriel Claramunt Q.
Mauricio Braun A.
Eduardo Díaz R.
Gustavo Herrera U.
Cristian Azócar
Roberto Orellana

*DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE HUEVOS Y
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS*

Juan Saavedra N.
Mauricio Braun A.
Víctor Catasti B.
Jaime Letelier P.



I. RESUMEN EJECUTIVO

En el presente documento se informa la totalidad de las actividades realizadas en el marco del proyecto FIP N° 2008-01 “Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2008”, para dar cumplimiento a los objetivos planteados en los términos básicos de referencia. Este proyecto fue licitado al Instituto de Fomento Pesquero por el Consejo de Investigación Pesquera para el año 2008, como parte de las necesidades de investigación y la posterior adopción de medidas de administración de las pesquerías, cuyo principal objetivo es la conservación de los recursos hidrobiológicos, considerando tanto aspectos biológicos, pesqueros, económicos y sociales. Es así, que para el año 2008, se decidió continuar con la línea de investigación orientada a cuantificar mediante la aplicación del Método de Producción de Huevos, la biomasa desovante de anchoveta entre Arica (18°25’S) y Carrizalillo (26°03’S).

El crucero se desarrolló durante el período de mayor actividad reproductiva del recurso anchoveta, con el propósito de recolectar muestras de huevos y ejemplares adultos. El crucero para el muestreo de huevos abarcó una extensión longitudinal comprendida entre la costa y las 80 mn de la costa y se efectuó a bordo del PAM “Eperva 57”, perteneciente a la Empresa Pesquera Corpesca S.A. Para la recolección de los adultos participaron los barcos cerqueros industriales “Don Ernesto Ayala Marfil”, “Relámpago”, “Angamos 4” y “Atacama V”, perteneciendo los tres primeros a la Empresa Pesquera Corpesca y el último a la Compañía Pesquera Camanchaca S. A., los cuales cubrieron la zona de estudio desde las 5 mn hasta las 148 mn, asignándoles a cada uno de ellos, un rango latitudinal de operación. Trabajó además en forma conjunta en la recolección de adultos, las embarcaciones artesanales “Ike II” y “Valencia”, las que operaron dentro de las primeras 5 mn de la XV y I Regiones.



El PAM “Eperva 57” operó desde el 13 de agosto hasta el 10 de septiembre de 2008, abarcando la zona comprendida entre Arica (18°25´S) y Carrizalillo (26°03´S), realizando 44 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 10 millas, de un total de 47 programadas. De éstas, 40 transectas se realizaron de acuerdo a lo establecido en la oferta técnica del proyecto, es decir, desde la costa hasta una distancia máxima de 80 mn, cubriendo la extensión latitudinal comprendida entre el Río Lluta (18 25´S) (T1) y punta Posallaves (24 50´S) (T40). Desde punta Posallaves hacia el sur y debido a las condiciones meteorológicas imperantes, falta de autonomía y problemas mecánicos de la nave, no pudo realizarse a completitud la grilla de estaciones bio-ocenográficas. El total de estaciones zooplanctónicas recolectadas mediante la red CalVET fue de 717, cifra 10,3% menor respecto a la obtenida en agosto-septiembre de 2007.

El análisis macroscópico mediante el seguimiento del **IGS** en lo transcurrido del año 2008 (enero a segunda semana de septiembre), a partir de 7.846 hembras analizadas, cifra 8% mayor respecto a lo medido en el 2007 en igual fecha, indicó un descenso en febrero (4,7%), llegando a valores mínimos en otoño (marzo: 3,8%; abril: 3,3%). En mayo-junio, la actividad reproductiva se reactiva (**IGS**: 4,3% y 4,7%, respectivamente), la cual se intensifica en julio (5,8%), con desoves importantes en agosto (6,3) y en septiembre (6,5%).

El cálculo de los índices microscópicos se sustentó de la observación histológica de 1.586 hembras, cifra 27% mayor respecto a lo observado en igual fecha de 2007, las que fueron muestreadas semanalmente desde la primera semana de junio hasta la segunda semana de septiembre, a objeto de intensificar y precisar el monitoreo de la actividad reproductiva de la anchoveta en el período de incremento del **IGS**. El número de hembras analizadas resultó satisfactorio en la medida que el análisis microscópico entregó información precisa y detallada de los



cambios que acontecieron asociado al proceso de maduración del ovario, confirmando la tendencia observada a través del **IGS**.

El análisis microscópico efectuado a las anchovetas recolectadas en la zona norte del país, confirmó en el mes de junio el desarrollo del proceso reproductivo, caracterizándose por la presencia masiva de ovarios con ovocitos en vitelogénesis.

El análisis histológico de los ovarios indicó que el 100% de las hembras se encontraban activas. El comportamiento reproductivo de la anchoveta evidencia que el Crucero se efectuó durante el máximo proceso de desove.

El pleno proceso de desove, hecho sustentado por la presencia de ovarios en vitelogénesis y la mayor incidencia de hembras hidratadas y con folículos postovulatorios, se manifestó desde la tercera semana de julio y se mantuvo hasta la segunda semana de septiembre de 2008, con una baja incidencia de atresia ovárica, observándose durante este período, los mayores valores del índice de actividad de desove.

El área prospectada fue de 35.264 mn². El área de desove estimada correspondió a 7594 mn², la que está dentro de las más bajas de la serie histórica para anchoveta.

La mayor concentración del recurso registrada en el borde costero entre Arica y punta Arenas, fue coincidente con la presencia de las mayores abundancias y mayores porcentajes de frecuencia de la fase huevos de anchoveta.

En relación a la intensidad y extensión espacial del desove, las densidades promedio por estaciones positivas y totales, muestran un incremento en ambos



índices con respecto al invierno de 2007, aumentando la intensidad del desove en un 71% y la cobertura geográfica del desove en un 133%.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta San Pedro, no registrándose presencia de huevos, entre caleta Herradura de Mejillones ($23^{\circ}10'S$) y punta Tetas ($23^{\circ}30'S$), caleta Agua Salada ($24^{\circ}10'S$) a punta Posallaves ($24^{\circ}50'S$) y frente a caleta Hueso Parado ($25^{\circ}20'S$) y bahía Nuestra Señora ($25^{\circ}10'S$), y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 75 mn al oeste de Arica. En términos generales, la densidad promedio de las estaciones positivas por transecta para los huevos de anchoveta, tendió a disminuir de costa a mar afuera y de sur a norte. Con respecto a la modalidad de postura, ésta fue inminentemente costera, concentrándose más del 96,7% de los huevos de anchoveta dentro de las primeras 20 millas.

En relación al número de huevos el invierno de 2008 presentó un porcentaje de cambio igual a 118% con respecto al crucero MPH precedente, constituyéndose en el séptimo registro más importante de la serie 1992 – 2008.

El número de huevos por estadio de desarrollo, indicó una mayor representación en el estadio II, observándose una disminución paulatina a partir de este.

La distribución de huevos de anchoveta se muestra muy concentrada hacia la costa, con casi nula presencia hacia zonas más oceánicas.

Las condiciones regionales (Pacífico Ecuatorial) registraron durante el período del crucero una fase de normalidad, la que se reflejó también sobre las condiciones de la zona norte de Chile. En este sentido, tanto las anomalías de temperatura como las de salinidad superficial, corresponden a una fase de neutralidad oceánica. En



la vertical, la distribución de temperatura y salinidad indicó también condiciones habituales, asociadas a la presencia de distintas masas de agua y la actividad de procesos locales como giros de meso escala y surgencia costera.

A lo largo del sector costero de las primeras 20 mn, y principalmente entre Tocopilla y Arica, se presentaron procesos de surgencia inducida por la componente del viento a lo largo de la costa, el que predominó durante el crucero.

La surgencia llevó a la superficie aguas más frías, de mayor salinidad, menor contenido de oxígeno en hasta 2 mL/L y una mayor concentración de clorofila, esto en comparación al sector oceánico. Procesos locales de meso escala fueron observados en la zona de estudio, los que en el área de punta Hornos y Mejillones y desde punta tres Picos a Tal Tal afectarían la distribución de variables en la vertical, como lo revela la distribución y las anomalías de profundidad del nivel de ubicación de la isoterma de 15°C. Un giro ciclónico localizado frente a Mejillones generó un flujo convergente hacia la costa, el cual sería responsable de un menor nivel de profundidad de la isoterma de 15°C y otras variables en dicho lugar.

Entre punta Tres Picos y Chañaral, el viento satelital promedio resultó ser subestimado respecto al registrado en el barco, especialmente en la zona oceánica. En este sentido, el promedio espacial y temporal asociado a la observación satelital no reflejó la situación real, especialmente frente a Tal-Tal. En la costa fueron relativamente coincidentes ambas mediciones del viento, por lo que se puede afirmar que cerca de la costa hubo una baja intensidad (<8 m/s), excepto frente a Tal-Tal y punta Ballenita. Lo señalado anteriormente, se ve reflejado en una banda costera estrecha de las distintas variables analizadas.

De los 60 lances de pesca efectivos realizados por las embarcaciones cerqueras, se midió un total de 7.384 anchovetas. La distribución latitudinal adoptada por la



anchoveta durante este período, fue similar a la observada durante el año 2007, pero con una menor cobertura longitudinal.

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó una amplitud comprendida entre 0,13 y 0,70 con un promedio de 0,45, una varianza igual a 0,00022 y un coeficiente de variación de 3,4%.

El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas en 60 lances, fluctuó de 13,69 a 28,33 gramos. El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 21,88 gramos, con una varianza de 0,265 y un coeficiente de variación de 2,4%.

La producción diaria de huevos estimada para el modelo de Lo es de 92,97huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 0,27. En el modelo multinomial la estimación es de 24,68 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 0,32.

Considerando los FPO de I a IV como correspondientes a edades menores a 24 horas, la fracción diaria de hembras desovantes se estima en 0,298 con una varianza de 0,00070 y un coeficiente de variación de 9%.

La fecundidad parcial promedio, utilizando el ajuste correspondiente al año 2008 de acuerdo a los 60 lances efectivos varió de 9.423 a 19.431 ovocitos por hembra. La fecundidad media poblacional resulta de 14.920 ovocitos, con una varianza de 198.784 y un coeficiente de variación de 3%.

La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 532.132 ton, con una varianza de 1,019E+11 y un coeficiente de variación de 60%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 141.270 ton con una varianza de 9.60 E+9 y un coeficiente de variación de 69%. Esta última debe



considerarse con cautela, debido a que el término asociado a la mortalidad de huevos en el modelo de decaimiento no es significativo.

La distribución geográfica de los centros de gravedad de los huevos indica que los CG se ubicaron preferentemente en sectores costeros en las primeras 20 mn de la costa. Por otro lado, el análisis de los CG del año 2008 indica que éste exhibió un emplazamiento en las 8 mn de la costa frente a punta Lobos.

El análisis visual del patrón de distribución de los huevos indicó que en general, poseen una cobertura geográfica costera y que las mayores agregaciones se encontraron en los bordes de gradientes térmicos y salinos. De manera global, en la zona de estudio se apreció una migración de las agregaciones en dirección norte, en este sentido, los huevos cambian de comportamiento espacial respecto de años precedentes.

Respecto a los rangos de distribución preferencial de los huevos de anchoveta en relación con la temperatura, se concluye que el ictioplancton se distribuye vinculado con ciertos rangos característicos, observándose que estos se distribuyeron entre el rango 13-16,9°C, con una preferencia por el rango 15-16,9°C. En el caso de las salinidades, se observa que los huevos se localizan en el estrato 34,6-34,99 psu, con una nítida preferencia por el rango 34,8-34,99 psu.



II. 3NDICE GENERAL

	P3gina
I. RESUMEN EJECUTIVO.....	1
II. 3NDICE GENERAL	8
III. 3NDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS	11
IV. OBJETIVOS	22
1. Objetivo general.....	22
2. Objetivos espec3ficos.....	22
V. ANTECEDENTES GENERALES	24
VI. DESARROLLO METODOL3GICO	32
1. Zona de estudio	32
2. Monitoreo reproductivo que fundament3 el inicio y t3rmino del crucero.....	34
2.1 Procesamiento biol3gico	34
3. Metodolog3a por objetivo espec3fico	47
3.1 Objetivo espec3fico 2.1.....	47
3.2 Objetivo espec3fico 2.2.....	53
3.3 Objetivo espec3fico 2.3.....	64
3.4 Objetivo espec3fico 2.4.....	71
3.5 Objetivo espec3fico 2.5.....	80
3.6 Objetivo espec3fico 2.6.....	84
3.7 Objetivo espec3fico 2.7.....	88
3.8 Objetivo espec3fico 2.8.....	89



VII.	RESULTADOS	96
1.	Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio del crucero.....	96
2.	Objetivo espec3fico 2.1	99
3.	Objetivo espec3fico 2.2	103
	3.1 Viento, 3ndice de surgencia e 3ndice de turbulencia	103
	3.2 Temperatura, salinidad y sus respectivas anomal3as	103
	3.3 Temperatura y salinidad a 50 m y sus respectivas diferencias con la superficie	104
	3.4 Temperatura y salinidad en la vertical	106
	3.5 Anomal3as de temperatura y salinidad en la vertical	107
	3.6 Profundidad de la Isoterma de 15°C y su anomal3a, espesor de capa de mezcla	108
	3.7 Ox3geno disuelto superficial y profundidad de la isol3nea de 1 mL/L ...	108
	3.8 Ox3geno disuelto vertical	109
	3.9 Clorofila-a y feopigmentos superficial	110
	3.10 Pigmentos integrados	111
	3.11 Distribuci3n vertical de clorofila y feopigmentos	111
	3.12 Monitoreo satelital	113
	3.13 3ndice Ecuatorial Multivariado (MEI)	116
	3.14 Transporte de Ekman en la costa (Iquique y Antofagasta)	116
	3.15 Anomal3as de nivel del mar en la costa (Iquique y Antofagasta)	117
4.	Objetivo espec3fico 2.3	118
	4.1 N3mero de lances en muestreo de adultos	118
	4.2 N3mero de anchovetas muestreadas en cada lance	118
	4.3 Distribuci3n espacial de anchoveta	119
	4.4 Distribuci3n de tama3os de ejemplares de anchoveta	119
	4.5 Proporci3n sexual en peso de hembras maduras	120
	4.6 Peso promedio de hembras maduras	120
5.	Objetivo espec3fico 2.4	121
6.	Objetivo espec3fico 2.5	124
7.	Objetivo espec3fico 2.6	126
8.	Objetivo espec3fico 2.7	128
9.	Objetivo espec3fico 2.8	128
	9.1 Exploraci3n de las relaciones entre la distribuci3n de huevos de anchoveta en relaci3n con la temperatura y la salinidad	128
	9.2 An3lisis de los Centros de Gravedad (CG)	132
	9.3 An3lisis exploratorio de datos	134
	9.4 Modelamiento estad3stico	136



VIII. DISCUSI3N	140
IX. CONCLUSIONES	152
X. BASE DE DATOS	156
1. Datos oceanogr3ficos y meteorol3gicos	156
2. Archivo Base Datos Adultos 2008.xls	160
3. Archivo Base de datos Po.xls	161
4. Clorofila-a	162
XI. REFERENCIAS BIBLIOGR3FICAS.....	163

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

- ANEXO 1.** Criterios para la descripci3n de las condiciones oceanogr3ficas en la zona de estudio.
- ANEXO 2.** Personal participante por actividad (HH).
- ANEXO 3.** Antecedentes Taller I y Taller II.



III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS

FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación geográfica de a) estaciones bio-oceanográficas y b) estaciones con muestreo de clorofila y oxígeno (estaciones oceanográficas profundas). Crucero MPH – Invierno 2008.
- Figura 2.** Evolución mensual del índice gonadosomático de la anchoveta de la zona norte, año 2008.
- Figura 3.** Evolución semanal del índice gonadosomático para la anchoveta de la zona norte, año 2008.
- Figura 4.** Evolución mensual del índice de Actividad de Desove (**IAD**) e índice de Atresia Ovárica (**IAO**) (02 de junio al 14 de septiembre de 2008).
- Figura 5.** Evolución semanal de los índices de actividad de desove (**IAD**) y atresia ovárica (**IAO**) (02 de junio al 14 de septiembre de 2008).
- Figura 6.** Distribución geográfica de las estaciones planctónicas con presencia y ausencia de huevos de anchoveta. Crucero MPH 511(3)08 Eperva 57 – Invierno 2008.
- Figura 7.** Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH – Invierno 2008.
- Figura 8.** Distribución de la densidad promedio de huevos de anchoveta con respecto a la distancia de la costa (a) y con respecto a la latitud (b). Crucero MPH – Invierno 2008.



- Figura 9.** Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta. Cruceros MPH Inviernos 1992 – 2008.
- Figura 10.** Distribución espacial de los lances de pesca v/s los huevos de anchoveta. Crucero MPH – Invierno 2008. Color azul: lances efectivos; color negro lances no efectivos y color rojo huevos de anchoveta.
- Figura 11.** Densidad media de huevos estimada para el período 1992-2008, a través del estimador de la media de una distribución delta (a), proporción de estaciones positivas (con huevos), período 1992 – 2008 (b) y coeficiente de variación (c). Se incluyen curvas de tendencia evaluadas a través de un polinomio de grado 5. (intervalos de confianza $\alpha = 0.1$).
- Figura 12.** Anomalía de nivel del mar (cm), corrientes geostróficas (cm/s) y huevos ($N^{\circ}/0,05m^2$) durante el crucero MPH 2008 (fuente: AVISO).
- Figura 13.** Información de a) dirección e intensidad del viento (m/s), b) índice de surgencia promedio de las observaciones en las primeras 30 mn por grado de latitud y c) índice de turbulencia promedio costero y oceánico por grado de latitud del viento predominante medido en las estaciones oceanográficas. Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.
- Figura 14.** Distribución superficial de a) temperatura ($^{\circ}C$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}C$), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.
- Figura 15.** Distribución de a) temperatura ($^{\circ}C$) en el nivel de 50 m de profundidad, b) diferencia térmica ($^{\circ}C$) entre superficie y el nivel de 50 m, c) salinidad (psu) en el nivel de 50 m de profundidad y d)



diferencia de salinidad (psu) entre superficie y el nivel de 50 m. Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

Figura 16. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas oceanográficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

Figura 17. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas oceanográficas 25, 29, 33 y 37. Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

Figura 18. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanográficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

Figura 19. Distribución vertical de salinidad ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas oceanográficas 25, 29, 33 y 37. Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

Figura 20. Anomalía vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (psu) en las transectas: de Arica ($18^{\circ}25'S$) (T1), punta Lobos ($21^{\circ}00'S$) (T17) y Bahía Moreno ($23^{\circ}40'S$) (T33). Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

Figura 21. Distribución de a) profundidad de la isoterma de 15°C (m), b) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) y c) espesor de la capa de mezcla (m). Crucero MPH -11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

Figura 22. Distribución de a) concentración de oxígeno disuelto superficial (mL/L) y b) profundidad de la isolínea de 1 mL/L de oxígeno disuelto (m). Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.



- Figura 23.** Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas oceanográficas. Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.
- Figura 24.** Distribución de a) clorofila a superficial ($\mu\text{g/L}$), b) feopigmento superficial ($\mu\text{g/L}$), c) clorofila integrada (mg/m^2) y d) feopigmentos integrados (mg/m^2) Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.
- Figura 25.** Distribución vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en las transectas oceanográficas. Crucero MPH -11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.
- Figura 26.** Distribución vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en las transectas oceanográficas. Crucero MPH -11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.
- Figura 27.** Distribución espacial del promedio semanal del viento y la magnitud del viento (colores) en la zona norte de Chile, correspondiente a los períodos 11 al 18 de agosto (a), 18 al 25 de agosto (b), 25 de agosto al 1 de septiembre (c) y 1 al 8 de septiembre (d), de 2008. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.
- Figura 28.** Distribución espacial del promedio semanal de temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile, correspondiente a los períodos 12 al 19 de agosto (a), 20 al 27 de agosto (b), 28 de agosto al 4 de septiembre (c) y 5 al 12 de septiembre (d), de 2008. Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.
- Figura 29.** Distribución superficial promedio semanal de la clorofila-a satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los períodos 12 al 19 de agosto (a), 20 al 27 de agosto (b), 28 de agosto al 4 de septiembre



(c) y 5 al 12 de septiembre (d), de 2008. (Satélite: MODISA). Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

- Figura 30.** Distribución espacial de la anomalía de nivel medio del mar (color) y las velocidades geostroficas correspondientes en la zona norte de Chile, las cuales son imágenes diarias representativas de la situación prevaleciente durante el crucero. Las imágenes corresponden al 11 (a) y 20 (b) y c) 30 de agosto de 2008. Crucero MPH – 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.
- Figura 31.** Promedios trimestrales del Índice Multivariado Ecuatorial de eventos ENSO (**MEI**) para el período enero de 2000 a septiembre de 2008. En color rojo se indican los eventos cálidos y en azul los fríos (fuente: Physical Science División. icro System Research Laboratory, NOAA). Se señala el período del crucero MPH dentro de la serie.
- Figura 32.** Índice del transporte de Ekman cada 3 horas derivado de los datos de viento de los aeropuertos Diego Aracena de Iquique (a) y Cerro Moreno de Antofagasta (b). La línea azul marca el período del crucero. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.
- Figura 33.** Anomalías de nivel del mar (**ANM**) calculada a partir de datos diarios de nivel del mar (**NM**) de los mareógrafos del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, ubicados en los puertos de Iquique y Antofagasta.
- Figura 34.** Distribución espacial de los lances de pesca. Crucero MPH – Invierno 2008. (Color azul: lances efectivos; color negro: lances no efectivos).



- Figura 35.** Distribución de tamaños de anchoveta capturadas entre la I y II Regiones, (a): por sexo (M: machos; H: hembras) y (b): Total. Crucero MPH – Invierno 2008.
- Figura 36.** Relación entre el Peso Corporal (PT-PG) y el Peso Total de las hembras no hidratadas.
- Figura 37.** Frecuencia (Nº) de huevos de anchoveta por estadio de desarrollo para cada año de aplicación del MPH en la zona norte.
- Figura 38.** Ajuste del modelo probabilístico multinomial para huevos de anchoveta de la zona norte a las temperaturas de incubación.
- Figura 39.** Estimaciones de Producción diaria de huevos (Nº/0,05 m²/día), ponderado por el área, para anchoveta de la zona norte, en base a las dos metodologías aplicadas.
- Figura 40.** Distribución temporal de los estadios madurez microscópica y FPO de la zona norte de Chile. Líneas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). Línea representa un promedio móvil. Información acumulada del año 2004 al 2006 (Claramunt *et al.*, 2007).
- Figura 41.** Distribución temporal de los estadios madurez microscópica y FPO año 2008. Líneas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). Línea representa un promedio móvil.
- Figura 42.** Fecundidad parcial en función del peso corporal para el año 2008.
- Figura 43.** Regresiones de Fecundidad parcial en función del Peso Corporal para distintos años de aplicación del MPH en la zona norte.
- Figura 44.** Biomazas desovantes estimadas en cada año de aplicación del Método de producción Diaria de Huevos.



- Figura 45.** Áreas de cruceo y de desove para cada año de aplicación del Método de producción Diaria de Huevos.
- Figura 46.** Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Período 1992 – 2008.
- Figura 47.** Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992 – 2008.
- Figura 48.** Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992 – 2008.
- Figura 49.** Rangos de distribución preferencial de los huevos de anchoveta respecto de: a) temperatura (°C) y b) salinidad (psu). Período 1992-2008.
- Figura 50.** Distribución espacial de los centros de gravedad de las distribuciones de huevos de anchoveta. Período 1992-2008.
- Figura 51.** Densidad media de huevos para el total de estaciones y estaciones positivas y proporción de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, por año y total. Cruceros realizados entre la I y II Región, desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.
- Figura 52.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y $s(X,P)$ corresponde a la función suavizadora spline para la variable X con P grados de libertad. Desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.



- Figura 53.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y $s(X,P)$ corresponde a la función suavizadora spline para la variable X con P grados de libertad. Desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.
- Figura 54.** Tendencias de los índices por año obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.
- Figura 55.** Temperaturas promedio a 10 metros ($^{\circ}\text{C}$) de profundidad de los cruceros del MPH en la zona norte de Chile. Líneas verticales representan la desviación estándar y líneas horizontales los valores mínimos y máximos.
- Figura 56.** Relación entre área de desove (mn^2) y la Biomasa desovante (ton).
- Figura 57.** Relación entre el área de desove (mn^2) y la captura total del año (ton).



TABLAS

- Tabla 1.** Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).
- Tabla 2.** Características de los estadios morfohistológicos de los folículos postovulatorios (FPO) de *Engraulis encrasicolus* (ICES, 2005; Alday *et al.*, 2006).
- Tabla 3.** Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario. (Santander *et al.*, 1984).
- Tabla 4.** Evolución semanal de los indicadores reproductivos (IGS, IAD e IAO) de la anchoveta en la zona Arica – Antofagasta, Enero- Octubre 2008.
- Tabla 5.** Densidad promedio, constancia y rangos de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, en invierno de los años 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008.
- Tabla 6.** Posición geográfica de los lances efectuados durante el crucero MPH, módulo adultos, en la XV, I y II Región, agosto – septiembre 2008.
- Tabla 7.** Parámetros de la ecuación combinada para estadio y temperatura ajustada a los datos de anchoveta de la zona norte (Soto, 2001) (E.S.= Error estándar; MSE= Error estándar residual).
- Tabla 8.** Resultados del ajuste del modelo probabilística para la edad de los estadios de huevos en anchoveta zona norte.



- Tabla 9.** Resultados del ajuste de producción diaria de huevos en función de la edad de los huevos para las dos metodologías (Rutinas *eggs* y *eggsplore* en plataforma R). *Intercept* corresponde al estimado del logaritmo de P_0 (N^0 huevos/ m^2 /día). *Age* corresponde a la estimación de mortalidad diaria de huevos (Z , en horas). *Std. Error* en el caso de P_0 corresponde al coeficiente de variación de P_0 y para Z es el error estándar. N es el número de observaciones. $Pr(>|z|)$ es la probabilidad de que el parámetro no sea significativo (i.e. = 0). *AIC* es el criterio de información de Akaike.
- Tabla 10.** Número de lances y total de hembras muestreadas en los distintos años de aplicación del MPH en la zona norte.
- Tabla 11.** Parámetros de las regresiones entre fecundidad parcial y peso corporal para cada año de aplicación del MPH en la zona norte de Chile.
- Tabla 12.** Parámetros de adultos obtenidos en las distintas aplicaciones del MPH en la zona norte.
- Tabla 13.** Estimaciones de la producción diaria de huevos (huevos/0,05 m^2 /día), su varianza y coeficiente de variación (CV, %), área de desove, área de estudio y biomasa de anchoveta en cada año de aplicación del método. (*: Se utilizó función global de fecundidad parcial).
- Tabla 14.** Frecuencia de estaciones con presencia y ausencia de huevos por año, para estaciones sin registro de salinidades (Cero) y con registro de salinidades (Positiva).
- Tabla 15.** Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos de anchoveta y densidad media de huevos/0,05 m^2 de las estaciones positivas desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.



- Tabla 16.** Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.
- Tabla 17.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta. Desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.
- Tabla 18.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta. Desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.

ANEXOS

- Anexo 1.** Criterios para la descripción de las condiciones oceanográficas en la zona de estudio.
- Anexo 2.** Personal participante por actividad (HH).
- Anexo 3.** Antecedentes Taller I y Taller II.



IV. OBJETIVOS

1. Objetivo general

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

2. Objetivos específicos

- 2.1** Determinar la distribución y abundancia de huevos de anchoveta.
- 2.2** Registrar las condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos de anchoveta.
- 2.3** Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas.
- 2.4** Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos.
- 2.5** Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta con su varianza asociada.
- 2.6** Estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal, el modelo de regresión correspondiente a esta relación, y la fecundidad media poblacional, con sus respectivas varianzas.



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

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



V. ANTECEDENTES GENERALES

El valor (FOB) de exportación generado por las exportaciones del Sector en el período enero – diciembre 2008 alcanzó a 4.110,7 millones de dólares, mostrando un crecimiento del 7,4% respecto a igual período del año anterior”. (Elaborado por IFOP en base a información de Aduana).

En el año 2008, la participación del Sector Pesquero en relación a los ingresos aportados por el total de las exportaciones chilenas, fue, aproximadamente, un 6% (Elaborado por IFOP en base a información de Aduana y del Banco Central).

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

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



(1986-1996) es un per3odo de ajuste, producto de la baja experimentada de las capturas hasta llegar en 1996 a 1,4 millones de t; en este per3odo se produce el colapso de la pesquer3a de sardina y las capturas de anchoveta, desde 1992-93 en adelante, han representado el desembarque mayoritario de la zona. Posteriormente, la tercera etapa (1997-2002) presenta una tendencia a la estabilizaci3n de las capturas a niveles del orden de 1,3 millones de t por a3o.

De acuerdo a lo anterior, la actividad extractiva de la industria pesquera en la XV, I y II Regi3n est3 fuertemente vinculada a la disponibilidad del recurso anchoveta, la cual durante el a3o 2003 registr3 una importante disminuci3n en el volumen de captura del orden del 70%, pasando de 1,2 millones de toneladas en 2002 a 427 mil t en el a3o 2003. Este tipo de fluctuaciones, sumado a las variaciones ambientales, pueden llevar r3pidamente a las pesquer3as a colapsar.

En el caso de la pesquer3a pel3gica desarrollada en la zona norte, los desembarques muestran grandes oscilaciones, asociados a la inestabilidad del stock, provocada por la sobreexplotaci3n del recurso, y fluctuaciones de las condiciones ambientales a diferentes escalas temporales y espaciales (Mart3nez *et al.*, 1995; Icro *et al.*, 1995). A pesar que los t3rminos b3sicos de referencia se refieren espec3ficamente al efecto de “El Ni3o”, es necesario se3alar que la zona norte esta afectada por otros procesos f3sicos importantes como “El Viejo” y las ondas atrapadas a la costa (**OAC**), adem3s en esta zona normalmente asociada a la surgencia costera, est3n presentes estructuras oceanogr3ficas como giros de mesoescala (Hormazabal *et al.*, 2004). “El viejo” esta asociado a per3odos icrosc3p fr3os y c3lidos que afectan a todo el oc3ano. “El Ni3o” produce un calentamiento an3malo mediante la advecci3n de aguas c3lidas desde el Pac3fico Ecuatorial Occidental hacia latitudes altas a lo largo del continente americano. Por otro lado, las **OAC**, que han sido registradas durante el verano austral y per3odos de “El Ni3o”, modifican intraestacionalmente las condiciones de la columna de agua, produciendo un ascenso y descenso de la capa



de mínimo de oxígeno, característica de la corriente subsuperficial hacia el Polo (Hormazabal *et al.*, 2001; Morales *et al.*, 1999; Strub *et al.*, 1998). Estos cambios en el medio físico, diferentes al ciclo anual normal, condicionan de manera importante la cobertura geográfica de los recursos y su abundancia (García, 1993), como también afectan sus estadios de desarrollo (huevos y larvas). Debido a la escasez de datos, los procesos microscópicos como “El Viejo” son casi imposibles de abordar. Por otro lado, y paralelamente al ciclo anual, fluctuaciones en la duración de la estación de surgencia o en la intensidad de la surgencia, como también la presencia de giros de mesoescala, podrían también llegar a afectar la abundancia, disponibilidad y el transporte de estadios tempranos de los pequeños pelágicos de la zona norte de Chile (Bakun, 2006).

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



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

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

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



dichas estructuras, y utilizarlas para la estimación directa de la frecuencia del desove en poblaciones naturales de peces pelágicos multidesovantes.

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

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

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

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



La aplicación del MPH a pequeños pelágicos ha sido un éxito y es considerada una herramienta fundamental para la administración de la pesquería de anchoveta en la zona norte. En Chile, el MPDH convencional se ha aplicado para evaluar el stock desovante de la anchoveta en la zona norte de Chile (XV, I y II Regiones) desde el año 1992, la anchoveta y sardina común de la zona centro-sur (V-X Regiones) desde el 2002 al 2005; y desde el año 2000 en jurel a través de proyectos financiados por el Fondo de Investigación Pesquera. En la aplicación del MPDH a estos recursos, ha participado prácticamente el mismo equipo de trabajo, lo que constituye una ventaja desde el punto de vista de mantener consistencia al momento de establecer una serie de tiempo.

Una conclusión importante del análisis de los resultados del MPH como serie de tiempo, es que las tendencias en las biomásas son independientes de los criterios de estimación de las áreas de desove, pudiendo ser usadas en el estudio de sus fluctuaciones o como índices de calibración de métodos indirectos, lo que hace recomendable su aplicación. Es así que al comparar las tendencias históricas de la biomasa desovante con las capturas totales del año, se observa que siguen la misma tendencia, indicando la robustez de los resultados del MPH (Oliva *et al.*, 2001).

El MPDH convencional, desarrollado en la primera mitad de los años 80, sólo permite determinar un estimado puntual de la biomasa desovante, descuidándose la componente espacial tanto de la producción diaria de huevos como de la fecundidad específica diaria. Uno de los aspectos fundamentales del método convencional lo constituyen los criterios de post-estratificación del área de desove, muchas veces no muy bien desarrollada o descrita en forma explícita. Por otra parte, la estimación de los parámetros reproductivos exige ciertos protocolos y procedimientos que deben ser considerados en términos espacio-temporales.



En la actualidad, se cuenta con mejoras metodológicas importantes al MPDH, las que se han desarrollado por investigadores europeos. Un avance importante es el logrado en el Taller de trabajo realizado en Iquique con el Dr. Miguel Bernal (España), en el marco del proyecto FIP N° 2006-06 “Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Región, año 2006”, donde se desarrollaron y aplicaron software específicos para la estimación de parámetros involucrados en el MPH. Bernal *et al.*, (2001), desarrollaron un procedimiento innovativo y estadísticamente fundamentado de asignación de edad a los huevos, y fue desarrollado e integrado dentro de las rutinas GAM del MPDH. Los Modelos Aditivos Generalizados (GAM) han demostrado ser una poderosa herramienta para modelar la distribución de huevos y la producción diaria de huevos (e.g. Borchers *et al.*, 1997; Bernal, 1999; Stratoudakis *et al.*, 2003), pero varios problemas metodológicos no habían podido ser resueltos para ser utilizados adecuadamente en el MPDH. Dichos problemas metodológicos han sido superados recientemente a través de un proyecto de la Unión Europea “Using environmental variables with improved DEPM methods to consolidate the series of sardine and icrosc estimates” (EU Study 99/080, <http://ruwpa-st.andrews.ac.uk/depmodel>), cuyas mejoras se pueden resumir en:

- Rutinas para la selección de modelos utilizando GAM, lo que previamente había sido realizado sobre una base *ad hoc* con elementos subjetivos.
- Modelación independiente del sistema de coordenadas en GAM, de esta manera los modelos deberían ser insensitivos a cambios en el sistema de coordenadas.
- Modelación de interacciones con GAM, cuyo principal tópico es cómo escalar la covarianza relativa de las variables.
- Mejor desempeño de la inferencia con modelos GAM.
- Asegurar estabilidad del modelo con datos que se caracterizan por una alta presencia de ceros.
- Facilitar el uso de las nuevas rutinas a usuarios interesados en mejorar estimaciones con el MPDH.



Se destaca que gran parte de los tópicos mencionados necesitaron de cambios en la metodología estadística básica en GAM. Por ejemplo, la estimación de la producción diaria de huevos (P_0) y la tasa de mortalidad diaria (Z) es un problema específico del MPDH. Por esta razón, varias mejoras estadísticas fueron desarrolladas a través del proyecto de la UE, que fueron aplicadas en la problemática general de la producción diaria de huevos de anchoveta en el año 2008.

Dentro de este contexto, y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensión de la distribución y abundancia de los recursos y sus fluctuaciones espacio temporales, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretaría de Pesca y la conveniencia de mantener una línea de investigación respecto al stock desovante de anchoveta, ha decidido incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera correspondiente al año 2008.



VI DESARROLLO METODOLÓGICO

De conformidad con la metodología presentada en la propuesta técnica y con la finalidad de determinar la distribución y abundancia de huevos de anchoveta, registrar las condiciones oceanográficas físicas, estimar el peso promedio de las hembras maduras, su proporción sexual en peso, la producción diaria de huevos, fracción de hembras desovantes, fecundidad y la biomasa del stock desovante, se realizaron los cruceros Módulo Huevos y Módulo Adultos para el recurso anchoveta, durante el período de máxima actividad reproductiva del año 2008.

1. Zona de estudio

Los datos oceanográficos físicos, de huevos y las capturas de los adultos fueron obtenidos entre los meses de agosto y septiembre de 2008, efectuándose de manera ininterrumpida las respectivas recolectas. Así, el crucero para la recolección de huevos abarcó una extensión longitudinal comprendida entre la costa y las 80 mn de la costa y se efectuó a bordo del PAM “icross 57”, perteneciente a la Empresa Pesquera Corpesca S.A. Para la recolección de los adultos participaron los barcos cerqueros industriales “Don Ernesto Ayala Marfil”, “Relámpago”, “Angamos 4” y “Atacama V”, perteneciendo los tres primeros a la Empresa Pesquera Corpesca y el último a la Compañía Pesquera Camanchaca S. A., los cuales cubrieron la zona de estudio desde las 5 mn hasta las 80 mn, asignándoles a cada uno de ellos, un rango latitudinal de operación. Trabajaron además en forma conjunta, en la recolección de adultos, las embarcaciones artesanales “Ike II” y “Valencia”, las que operaron en el área de reserva artesanal de las regiones de Arica – Parinacota y Tarapacá.



El PAM “micros 57” operó desde el 13 de agosto hasta el 10 de septiembre de 2008, abarcando la zona comprendida entre Arica (18°25’S) y Carrizalillo (26°03’S), realizando 44 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 10 millas, de un total de 47 programadas. De éstas, 40 transectas se realizaron de acuerdo a lo establecido en la oferta técnica del proyecto, es decir, desde la costa hasta una distancia máxima de 80 mn, cubriendo la extensión latitudinal comprendida entre el Río Lluta (18°25’S) (T1) y punta Posallaves (24°50’S) (T40). Desde punta Posallaves hacia el sur y debido a las condiciones meteorológicas imperantes, falta de autonomía y problemas mecánicos de la nave, no pudo realizarse a completitud la grilla de estaciones y cuyo detalle se entrega en el siguiente cuadro:

Número de transecta	Localidad	Latitud	Número de estaciones efectuadas
41	Rada Paposo	25°00’S	0
42	Bahía Nuestra Señora	25°10’S	7 (1 a 30 mn)
43	Caleta Hueso Parado	25°20’S	9 (1 a 40 mn)
44	Punta San Pedro	25°30’S	9 (1 a 40 mn)
45	Punta Lavata	25°40’S	0
46	Punta Ballena	25°50’S	0
47	Carrizalillo	26°00’S	12 (1 a 55 mn)

El total de estaciones zooplanctónicas recolectadas mediante la red CalVET fue de 717, cifra 10,3% menor respecto a la obtenida en agosto-septiembre de 2007.

En forma paralela, la recolecta de los adultos se efectuó con la operación de cuatro embarcaciones pesqueras industriales y dos artesanales, entre el 11 de agosto y el 05 de septiembre de 2008, ambas fechas inclusive, de acuerdo a la



Resolución N° 2117 del 11 de agosto de 2008, de Pesca de Investigación de la Subsecretaría de Pesca, siendo posteriormente apoyados una vez finalizada la veda por las embarcaciones PAM: “Trueno I”, “Intrépido” y “Audaz” de la Empresa Pesquera CORPESCA, efectuando entre todas ellas un total de 135 lances de pesca, de los cuales 60 fueron positivos, es decir, con captura de anchoveta.

2. Monitoreo reproductivo que fundamentó el inicio y término del crucero

Con la finalidad de establecer con certeza la fecha de inicio del crucero de huevos y adultos, en el período de máxima actividad reproductiva, se monitoreó la actividad de desove de la anchoveta mediante el seguimiento del Índice gonadosomático y de indicadores de naturaleza histológica, tales como el Índice de Actividad de Desove (**IAD**) e Índice de Atresia Ovárica (**IAO**). Este seguimiento forma parte del proyecto “Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Norte, año 2008”, de la XV, I y II Regiones.

2.1 Procesamiento biológico

El muestreo reproductivo de la anchoveta considera el ciclo anual de 2008 en los principales puertos de la zona norte (Arica – Antofagasta), registrándose la información biológica de la especie, consignándose datos de longitud, peso, sexo y estadios de madurez.

El procedimiento aplicado consistió en recolectar ovarios de anchoveta de la captura comercial, los que fueron inmediatamente fijados en formalina al 10%, con el fin de determinar mediante técnicas macroscópicas (variaciones del índice gonadosomático) y microscópicas (índice de actividad de desove e índice de



atresia ovárica) la condición reproductiva de la especie. Para ello se analizaron microscópicamente durante los meses de enero a septiembre de 2008, 7.846 hembras y microscópicamente, en el período de incremento del **IGS**, a partir de junio, 1.586 ovarios de anchoveta, cifras 8% y 27% mayor respecto a las analizadas en el año 2007, respectivamente.

La componente metodológica considero el desarrollo de los siguientes aspectos fundamentales:

- A. Plan de muestreo
- B. Plan operativo
- C. Plan de aseguramiento de calidad
- D. Plan de análisis

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 analizando las capturas.

Población objetivo

La población objetivo la componen el conjunto de ejemplares capturados por la flota industrial y artesanal, correspondiente a la anchoveta en la zona norte durante el año 2008.



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, asegurando la representatividad de los muestreos. Los antecedentes utilizados para definir los centros de muestreo, se basan en información actualizada de la flota y la modalidad de operación de ésta.

En la pesquería pelágica de la XV, I y II Región operan dos flotas, una industrial y otra artesanal, que utilizan como arte de pesca el sistema de cerco.

La flota industrial opera entre la XV, I y II Región, en tanto la flota artesanal se concentra básicamente en la XV y I Región.

Principales puertos de desembarque en la XV, I y II Región

Flota Industrial

- Iquique
- Arica
- Tocopilla
- Mejillones



Tama1o de la flota industrial

En la actualidad existe un total de 70 embarcaciones industriales operando en esta pesquería (C. Mart3nez, 2008 com. Pers.), las que se distribuyen de la siguiente forma:

- Arica : 21
- Iquique : 40
- Mejillones : 9

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

Formularios para la captaci3n de los datos

Los datos recopilados fueron registrados en el formulario “Muestreo Biol3gico” y las variables en estudio fueron las siguientes:

- Especie
- Fecha
- C3digo barco
- Zona de pesca
- Cuadr3cula
- Longitud total (cm)
- Peso total (g)
- Peso eviscerado (g)
- Madurez sexual
- Peso g3nadas (g)
- Sexo



Operación y organización del sistema de recolección

El sistema de toma de datos fue coordinado por un equipo de profesionales estadísticos que se encargan del desarrollo del diseño y aseguramiento de la calidad de los datos. El “**staff**” de observadores científicos para esta pesquería, distribuidos desde Arica a Mejillones, dependen de un Coordinador de Campo, el que además de participar en la toma de datos, vela porque las normas y pautas técnicas impartidas se cumplan, siguiendo los estándares y procedimientos que previamente se han definido (IFOP, 1985).

Se utilizó un total de 5 observadores científicos distribuidos de la siguiente forma:

- Arica (2)
- Iquique (2)
- Mejillones (1)

Cuya función principal fue la captación de datos de las embarcaciones seleccionadas para el muestreo en tierra o a bordo, siguiendo los instructivos desarrollados para estos fines.

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, una vez obtenida la muestra, se inicia la recolección de datos de cada uno de los ejemplares, los que constituyen la unidad de análisis de acuerdo al tipo de variable o característica en estudio.



- **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 madurez 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.

Digitación de datos

Los datos obtenidos fueron digitados, generando para cada uno de ellos los archivos de muestreo biológico.

Plan de aseguramiento de la calidad de datos y diseños

El diseño pasa necesariamente por velar por la calidad de la información, si los datos son deficientes, entonces la información como proceso de transformación de éstos no tendrá ningún valor. En este contexto, tanto los diseños de muestreo como los datos capturados, entraron a procesos de control de calidad, lo que aseguro la confiabilidad de la información.

Plan de análisis

Indicadores reproductivos

Indicador macroscópico: Índice gonadosomático (IGS)

Este indicador expresa los cambios estacionales en el peso de la gónada respecto al peso corporal, asociado a la madurez del ejemplar. Permite monitorear el



desarrollo del evento reproductivo del recurso, cuya evoluci3n refleja procesos de maduraci3n, desove y de reposo gonadal.

Notaci3n:

- Wg_j : Peso de la g3nada del ejemplar j
- W_j : Peso eviscerado del ejemplar j
- n : Muestra de ejemplares

– **Estimador del 3ndice \hat{R} (IGS)**

$$\hat{R}(IGS) = \frac{\sum_{j=1}^n W g_j}{\sum_{j=1}^n W_j} \times 100$$

– **Estimador de la varianza de \hat{R} (IGS)**

$$\hat{V}(\hat{R}(IGS)) = \frac{1}{n\hat{W}^2} \sum_{j=1}^n \frac{(W g_j - \hat{R} W_j)^2}{n-1}$$

– **Coefficientes de variaci3n e intervalos de confianza**

El coeficiente de variaci3n se calcul3 de acuerdo a:



$$CV(\hat{R})_{IGS} = \frac{\sqrt{\hat{V}_{\hat{R}(IGS)}}}{\hat{R}_{(IGS)}}$$

El intervalo de confianza se obtuvo como:

$$(\hat{R}_{IGS} - Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\hat{V}(\hat{R}_{IGS})}; \hat{R}_{IGS} + Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\hat{V}(\hat{R}_{IGS})})$$

Donde: $Z_{1-\alpha/2}$: representa el coeficiente asociado al nivel de confianza $(1-\alpha)\%$ de un modelo de probabilidad normal estandar, dado que la distribuci3n limite del estimador, conforme el tama1o de muestra aumenta ($n > 30$), es normal. En efecto, Cochran 1977 recomienda una muestra suficientemente grande para que a) la raz3n sea normalmente distribuida y b) sea v3lida la formula de la varianza, recomendando muestra mayores a 30 y suficientemente grandes para garantizar coeficientes de variaci3n del peso gonadal e eviscerado menores al 10 %.

En la interpretaci3n del IGS es importante considerar la estrategia reproductiva y el tipo de ovario (desarrollo de los ovocitos) de la especie en estudio.

La anchoveta se caracteriza por presentar un ovario con desarrollo de tipo asincr3nico, lo que implica presencia simult3nea de ovocitos en todos los estados de desarrollo, con modas de tama1os continuas y sucesivas que derivan en desoves parciales.

En los muestreos de anchoveta, por su car3cter de tipo asincr3nico y de desovador parcial, es posible encontrar ejemplares en distintos estadios de desarrollo, con predominio de algunos que determinan semanal, mensual y



estacionalmente la condición ovárica, caracterizándose por presencia de hembras en actividad de desove durante todo el año, con cambios en su incidencia e intensidad.

El comportamiento anual del **IGS** para esta especie iterópara es de carácter estacional, con una tendencia fluctuante (aumento en peso gonadal y desove) ascendente hasta alcanzar valores máximos mensuales que indican una sincronía poblacional en el proceso reproductivo, caracterizándose este período por una mayor inversión a la reproducción (desoves más frecuentes y mayor fecundidad parcial y relativa), que para el caso de la anchoveta se presenta principalmente en el bimestre agosto-septiembre, período en que se visualizan los **IGS** máximos y una alta incidencia de ovarios con folículos postovulatorios (valores altos del indicador **IAD**). El descenso poblacional del **IGS**, refleja estado de desoves avanzados que disminuyen, en términos energéticos, la producción de ovocitos y por ende los pesos gonadales alcanzados, hasta alcanzar una mayor proporción de ovarios inmaduros.

En el caso de una especie con ovario de tipo sincrónico por grupo, en que es posible diferenciar claramente el período de maduración gonadal y de desove, la interpretación del **IGS**, indicaría mayor valor en el momento de alcanzar el predominio de hembras en máxima madurez, mientras que el descenso gradual del **IGS** medio, indicaría procesos de desove, debido a que se está liberando el stock de ovocitos maduros sin haber reposición, hasta alcanzar valores bajos y estables del **IGS**, que señala el término del período de desove debido al aumento en la proporción de hembras desovadas, es decir, que entran en la fase de reposo sexual.

Existe en la literatura una amplia discusión respecto de la validez del uso del **IGS** como índice reproductivo, ya que se ha señalado que la simple división del peso del ovario por una medida de tamaño corporal no necesariamente compensa el



efecto del tama1o de la hembra, adem1s que la relaci3n entre 3ndice gonadal y tama1o corporal puede ser distinta para diferentes estadios de desarrollo (DeVlaming *et al.*, 1982). West (1990) discute los supuestos que seg3n DeVlaming *et al.* (1982) se deben cumplir para la validez del IGS, estos son: (1) una relaci3n lineal entre el peso corporal y el del ovario; (2) la regresi3n de peso gonadal sobre peso corporal debe tener intercepto cero; (3) el coeficiente de variaci3n de peso gonadal es constante sobre el rango entero de peso corporal; y (4) la relaci3n lineal de peso ov1rico al peso corporal no cambia con el estado de desarrollo gonadal. Este 3ltimo supuesto es incorrecto, ya que equivale a decir que para un peso dado de hembra, el ovario en los distintos estados de desarrollo no cambiar3a de tama1o (West, 1990). El supuesto 3 es un requerimiento normal para cualquier regresi3n. West (1990) se1ala que el supuesto 2 debiera ser modificado para incluir diferentes estados de desarrollo. El que la divisi3n del peso del ovario por el peso corporal, no compense el efecto del tama1o de la hembra, seg3n estos resultados, implicar3a que el tama1o de la hembra influye en el n3mero de ovocitos por miligramo de ovario, o en otras palabras, que hembras de distintos tama1os tienen distintos tama1os de ovocitos, situaci3n que implica un efecto de la talla de la hembra, sobre la cantidad de vitelo de los ovocitos, ya que es este el que determina su di1metro o volumen, en las distintas fases de desarrollo (Wallace y Selman, 1981). Sin embargo, Leal *et al.* (2009) no encuentran un efecto del tama1o de las hembras sobre el tama1o de los ovocitos en *Engraulis ringens* de las costas chilenas. El tipo de razonamiento y soporte estad3stico entregado por Claramunt y Roa (2001) sirve como soporte apropiado para el uso de este 3ndice ampliamente empleado en peces.

Ahora bien, si como un promedio mensual o semanal representa adecuadamente el estado reproductivo de la poblaci3n de hembras, va a depender del tama1o de muestra que intervenga en el c1culo, en t3rminos del n3mero de lances y n3mero de hembras por lance, ya que es necesario distinguir entre el **IGS** individual de



una hembra y el **IGS** promedio de un grupo de hembras. El **IGS** individual de una hembra de cierto peso corporal fluctuará de acuerdo al grado de maduración de su ovario, que es a lo que apuntan los análisis de validez de este índice. Sin embargo, se debe distinguir del promedio de un grupo de hembras, en donde las fluctuaciones de este índice se deben a los cambios en la proporción de estadios de madurez en la población de hembras, a escala semanal o mensual. Es decir, en el pico reproductivo la proporción de estadios de madurez está desplazada hacia estadios de madurez avanzada y por tanto con altos valores de **IGS**, caso contrario al que ocurre al término del período reproductivo en que existe una alta proporción de ejemplares en reposo. Claramunt y Roa (2001) señalan que el **IGS** a la forma de promedio mensual es determinado principalmente por la variabilidad de estadios gonadales en un momento dado en la población de hembras.

El análisis semanal, mensual y estacional del índice gonadosomático medio como indicador objetivo de la actividad ovárica es ampliamente utilizado en estudios reproductivos de peces, que para el caso particular de la anchoveta, el monitoreo conjunto de las variaciones del IGS con el examen histológico de las gónadas, factor semanal y mensual, evidencian que los valores altos del indicador están asociados a la mayor proporción de ovarios en madurez avanzada y con signos de haber desovado alguna tanda, mientras que la caída del IGS se relaciona a una mayor incidencia de ovarios desovados e inmaduros (Martínez *et al.*, 2009). No obstante, el IGS es un indicador del patrón reproductivo estacional, el uso por sí sólo presenta limitaciones, y es que no permite indicar el período (inicio y término) del máximo desove (incremento incidencia de folículo postovulatorios), asociado a la mayor frecuencia de desove (West, 1990).



Indicador microsc3pico: 3ndice de actividad de desove (IAD) e 3ndice de atresia ov3rica (IAO)

El c3lculo del 3ndice de actividad de desove (**IAD**) requiere de la observaci3n sistem3tica del ovario, contabiliz3ndose la presencia de fol3culos postovulatorios de diferentes estadios y de los ovocitos hidratados, para estimar la proporci3n de individuos que alcanzaron este estado en el stock parental maduro (componente de la fracci3n adulta en actividad de desove inminente y reciente). El c3lculo del 3ndice de atresia ov3rica (**IAO**) requiere conocer el porcentaje de hembras con presencia masiva de ovocitos atr3sicos y resulta un indicador inverso al **IAD**. El an3lisis histomorfol3gico del par3nquima gonadal se realiz3 de acuerdo a criterios se3alados por Hunter y Goldberg (1980), Wallace y Selman (1981), Selman y Wallace (1989), Hunter y Macewicz (1985), y Alday *et al.*, (2006) (**Tabla 1**), orientado a identificar ovocitos en diferente grado de desarrollo, de fol3culos postovulatorios y de estadios atr3sicos.

Para efectos de la clasificaci3n de los fol3culos postovulatorios, se utiliz3 la definici3n de estadios de degeneraci3n de 3stos, propuesta por Claramunt *et al.*, (2007) para la anchoveta, la que considera siete estadios (**Tabla 2**).

3ndice de actividad de desove (IAD):

En el c3lculo del **IAD**, las hembras fueron agrupadas considerando el estado de madurez ov3rica y el estadio de degeneraci3n del fol3culo postovulatorio, seg3n la expresi3n:

$$\text{IAD} = \frac{\text{N}^\circ \text{ hembras de D3a (0) y D3a (-1)}}{\text{N}^\circ \text{ de hembras maduras}} \times 100$$



Donde:

- Día (0): Corresponde a las hembras que desovarán más la que desovaron en la noche de la captura, cuyos ovarios presentan ovocitos hidratados y FPO I.
- Día (-1): Corresponde a las hembras que desovaron la noche anterior de la captura, cuyos ovarios presentan FPO II al IV.

Índice de atresia ovárica (IAO):

Con respecto a un indicador inverso al **IAD**, se requiere conocer simultáneamente el **IAO**, el cual se define como:

$$IAO = \frac{ma}{m} \times 100$$

Donde:

Ma : n° hembras en estado de atresia ovárica

M : n° hembras maduras

Análisis macroscópico y microscópico

Se determinó el período de máxima intensidad reproductiva mediante el análisis de las tendencias, en base semanal y mensual de la anchoveta en los diferentes estadios de madurez del ovario; la evolución de los indicadores histológicos **IAD** e **IAO** y las variaciones del índice gonadosomático (**IGS**).



3. Metodolog3a por objetivo:

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

3.1.1 Dise1o de muestreo de ictioplancton

El dise1o de muestreo utilizado permiti3 cubrir un 1rea de aproximadamente 32.675 mn² y estuvo configurado por una grilla de 717 estaciones distribuidas en 44 transectas perpendiculares a la costa equidistantes entre si cada 10 mn, realiz1ndose en cada una de ellas, 17 estaciones zooplanct3nicas a 1; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55, 60, 65, 70, 75 y 80 millas n1uticas.

El n1mero de estaciones realizadas en el 1rea de estudio se bas3 en el an1lisis de la densidad media de huevos por estaci3n de los cruceros efectuados entre los a1os 2000 y 2006, excluyendo la informaci3n del crucero de 2001, debido a la alta concentraci3n del desove en un 1rea reducida que se observ3 en dicho a1o, comportamiento at3pico en comparaci3n con la distribuci3n observada en la serie hist3rica 1992-2006. De esta manera, conociendo un estimado *a priori* de la media y varianza de la densidad de huevos, la relaci3n entre estaciones positivas y negativas y utilizando la metodolog3a de determinaci3n de tama1o de muestras para variables continuas (Thompson, 1992), se estim3 el n1mero m3nimo de estaciones positivas requerido.



De esta forma, se utiliz3 la relaci3n:

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

Donde: n_0 es el tama1o de muestra, Z es el percentil $1-\alpha/2$ de la distribuci3n normal est1andar, S es la desviaci3n est1andar de la densidad de huevos, r corresponde al nivel de error de estimaci3n y \bar{X} corresponde al estimador de la densidad media de huevos.

Este mismo procedimiento fue utilizado por Santander *et al.*, (1982), quienes experimentalmente utilizaron como estimador del n1mero total de estaciones n , la relaci3n porcentual entre las estaciones positivas (n^+) y el total de estaciones. Al respecto, se encontr3 que tal relaci3n fue de:

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

De tal manera que determinando el n1mero de estaciones positivas ($n^+ = n_0$) es posible establecer el n1mero total de estaciones.

Utilizando el valor estimado de la densidad media y la desviaci3n est1andar para las estaciones positivas de los cruceros, se pudo establecer que para un valor α del 5% y un nivel de error de estimaci3n del 24%, se requieren 263 estaciones positivas. As3, conociendo la relaci3n entre el n1mero de estaciones positivas y las negativas de los cruceros anteriores, se estim3 un total de 658 estaciones a realizar, sin embargo, y de acuerdo a los antecedentes originados en el taller de divulgaci3n de los resultados del Proyecto FIP 2005-03, se determin3 extender la zona de estudio



de cada transecta hasta las 80 mn, permitiendo cubrir áreas donde históricamente el muestreo se prolongaba solo hasta las 60 mn, distancia en la que se registraba presencia de huevos de anchoveta, con el desconocimiento de si esta distribución se extendía más allá de esta distancia.

De esta forma se realizó un total de 717 estaciones bio-oceanográficas (**Fig.1a**). Cabe destacar, que este tamaño de muestra está dentro del rango recomendado por Lo (1997), quien basada en el análisis empírico de la relación entre el coeficiente de variación del estimado de producción diaria de huevos y el número de estaciones, recomienda un mínimo de 600 estaciones.

3.1.2 Recolección de las muestras

La recolección de las muestras de plancton se efectuó a bordo del PAM "Eperva 57", realizando el "track" en forma simultánea a las naves que operaron en el muestreo de los adultos.

En cada estación se obtuvo una muestra de plancton mediante un muestreador CalVET (versión PAIROVET) de 0,05 m² de área de boca y 0,150 mm de abertura de malla (Smith *et al.*, 1985), el que se remolcó verticalmente desde una profundidad máxima de 70 m o desde 3 m sobre el fondo hasta la superficie en el caso de profundidades menores. El calado y virado se realizó a una velocidad nominal de 70 m/minuto, considerándose un tiempo de estabilización de 15 segundos, una vez alcanzada la profundidad máxima de muestreo.

El volumen de agua filtrada por la red CalVET se simplifica y no requiere el uso de un flujómetro, debido a las características de tamaño de esta y del tipo de arrastre (Smith *et al.*, 1985).



Para obtener el volumen de agua filtrada en una red de lance vertical, se multiplica el área de la boca de la red por el factor de corrección y por la profundidad del lance, este factor de corrección es entregado por el fabricante y es de suma importancia porque nos indica la eficiencia de filtración de la red, ya que nunca es de un 100%. Cabe señalar que en todas las aplicaciones de este método, tanto en la zona norte como centro-sur de Chile, el muestreador CalVET versión PAIROVET ha sido utilizado sin medidor de flujo, dado su pequeño diámetro de boca (0,25 m), expresando los resultados de la cuantificación del número de huevos por estación bajo $0,05 \text{ m}^2$, es decir, el área de su boca.

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

3.1.3 Tratamiento de las muestras a bordo

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

3.1.4 Procedimiento en laboratorio

3.1.4.1 Separación e identificación de huevos de anchoveta



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

- Separación y extracción de la totalidad de los estadios tempranos de peces de cada una de las muestras.
- Identificación taxonómica de huevos de anchoveta.
- Cuantificación de huevos de anchoveta.
- Enumeración y agrupación del resto del ictioplancton, bajo la denominación de “otras especies”.

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

3.1.4.2 Análisis de la información planctónica

Basado en los valores cuantitativos de los análisis y con el propósito de contar con antecedentes comparativos se determinaron algunos parámetros tales como el poblacional, densidad promedio respecto de las estaciones totales y positivas y los comunitarios, constancia y dominancia numérica.

Se incorporó además, la estimación de la densidad de huevos mediante la distribución Log-normal de acuerdo a (Pennington, 1986):

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



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

Donde:

- m : es la cantidad de estaciones (observaciones) positivas
- n : es el total de estaciones
- \bar{y} : es la media de la variable transformada a logaritmo natural
- $G_m(r)$: es una funci3n de la varianza de la variable transformada a logaritmo de la forma:

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

Donde:

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

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



La varianza de la densidad media estimada viene dada por:

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

Para la confección de mapas de distribución y abundancia de huevos de anchoveta y asignación de categorías de densidad para este estadio de desarrollo, se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966) modificada.

Para efectos de establecer una comparación interanual se utilizó la serie histórica estandarizada de huevos de anchoveta para el período 1992/2008, obtenida para la zona norte de Chile en aplicaciones precedentes del MPH.

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

3.2.1 Recolección de las muestras y registro de datos oceanográficos

En la zona de estudio se realizó un total de 44 transectas perpendiculares a la costa separadas cada 10 mn. En cada transecta se realizaron 17 estaciones oceanográficas separadas cada 5 mn, las que abarcaron hacia el oeste hasta las 80 mn (**Fig. 1a**). El total de estaciones fue de 717. Al sur de los 25°S, condiciones de fuerte marejada e intensidad del viento, automía y problemas mecánicos de la nave, impidieron continuar con el plan de muestreo planificado, por lo que algunas transectas de dicho sector no fueron ejecutadas y otras sólo en forma parcial.



En todas las estaciones de la grilla de muestreo, se obtuvo registros continuos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (psu) con profundidad (dbar) hasta un máximo de 100 m, mediante el uso de un CTD marca SEA BIRD modelo 19 equipado con bomba. Las estaciones exitosas con CTD fueron 694 en total.

En las estaciones ubicadas a 1, 5, 10, 20, 40, 60 y 80 mn y en las transectas realizadas frente a Arica ($18^{\circ}25'S$) (T1), punta Madrid ($19^{\circ}0'S$) (T5), punta Junín ($19^{\circ}40'S$) (T9), punta Gruesa ($20^{\circ}20'S$) (T13), punta Lobos ($21^{\circ}00'S$) (T17), punta Arenas ($21^{\circ}40'S$) (T21), punta Copaca ($22^{\circ}20'S$) (T25), Mejillones ($23^{\circ}0'S$) (T29), Bahía Moreno ($23^{\circ}40'S$) (T33) y punta Tres Picos ($24^{\circ}20'S$) (T37), se realizaron 70 estaciones oceanográficas con CTD hasta una profundidad máxima de 500 m, más la recolecta de agua para los análisis de clorofila y de oxígeno disuelto (**OD**) en la vertical, a las cuales se les denominará en adelante estaciones oceanográficas profundas (**Fig. 1b**).

Para la toma de muestras de agua conducentes a los análisis de clorofila-**a** y oxígeno disuelto se utilizaron botellas Niskin de 1,7 L de capacidad, algunas de ellas equipadas con termómetros de inversión. El muestreo se realizó en las estaciones oceanográficas profundas en los niveles estándar de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75 y 100 m como máximo. Con las muestras de agua recolectadas, se realizaron a bordo los análisis conducentes a la obtención de la concentración de oxígeno disuelto (**OD**), mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965), mientras que, los análisis de la concentración de clorofila-**a** se realizaron en los laboratorios de IFOP según la metodología descrita en **3.2.2**.

Datos discretos de temperatura y muestras de agua para análisis de salinidad, se recolectaron en las estaciones profundas a 80 mn de la costa y a 100 m de



profundidad. Los análisis de salinidad se efectuaron en tierra con un salinómetro digital marca TSK modelo DIGIAUTO.

Durante la realización de las estaciones bio-oceanográficas se registró información meteorológica de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), intensidad y dirección del viento (valor predominante observado), altura y dirección de las olas. En el registro se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).

Durante la navegación se recopiló también información del viento en forma horaria. Los datos de viento de las estaciones y los registros en forma horaria corresponden al valor predominante observado.

3.2.2 Medición de la clorofila-a

En las estaciones oceanográficas se recolectaron 531 muestras para los análisis de clorofila-*a*. Se filtró *in situ* un volumen estandarizado de 50 mL con un sistema de filtrado múltiple Millipore, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF-75, 0,7 μm , 25 cm de diámetro). Las muestras se congelaron con nitrógeno líquido y luego se almacenaron a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante CaCl_2 para su posterior análisis en laboratorio en tierra.

La extracción de la muestra para el análisis de clorofila-*a*, se realizó en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90% v/v, por un período de 24 horas y a -20°C . La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando para tales efectos un fluorómetro digital marca Turner



Designs, modelo 10AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-**a** marca Sigma Chemicals.

3.2.3 Procesamiento de la información oceanográfica del crucero

La información del CTD se procesó de acuerdo a procedimientos estándar recomendados por el fabricante (Seabird, 2004). Con los datos ya procesados se confeccionaron las cartas de distribución superficial de las variables temperatura (**TSM**), salinidad (**SSM**) fluorescencia y oxígeno disuelto. Con los datos verticales se obtuvo información de la capa de mezcla (espesor), temperatura y salinidad en el nivel de 50 m y su diferencia con los valores superficiales, realizándose las respectivas cartas y su posterior análisis. Así también la profundidad de la isoterma de 15°C y su anomalía.

Con respecto al cálculo de las estructuras verticales: capa de mezcla, termoclina y profundidad de la mínima de oxígeno, el criterio a utilizar fue el siguiente:

- Capa de mezcla: Se considera como espesor de la capa de mezcla, la profundidad de la capa de agua superficial que presente una diferencia menor a 0,1° C, 0,1 psu y 0,1 Kg/m³ con los datos correspondientes observados en el primer metro de la columna de agua. Los datos de observación de esta variable fueron los datos de CTD.

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



El valor de gradiente promedio se obtuvo de los gradientes metro a metro que se registraron en la termoclina.

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

Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo recomendaciones de UNESCO (1981 a); por conveniencia se anotan omitiendo el factor 10⁻³.

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

Se obtuvo los valores de anomalía vertical de temperatura y salinidad a lo largo de la transecta realizada frente a bahía Moreno (23°40'S), Punta Lobos (21°00'S) y Arica (18°25'S), con los que se realizaron los gráficos de distribución de anomalía. Los valores promedio de temperatura y salinidad de las transectas, corresponden a los obtenidos con la serie histórica de IFOP desde 1963 al 1996. La metodología aplicada en la obtención de los promedios verticales de estas transectas corresponde a la indicada por Blanco *et al.*, (2001).



Con los datos de viento registrados durante la ejecuci3n de las estaciones, se elabor3 una carta de intensidad y direcci3n, las cuales se utilizaron principalmente en la interpretaci3n de los datos oceanogr3ficos superficiales.

Con la informaci3n de viento registrado en las estaciones oceanogr3ficas se calcul3 el 3ndice de surgencia instant3neo (**IS**) (Bakun 1973, 1975 y 1987) y el **IS** promedio. Este 3ltimo valor corresponde al promedio de los **IS** instant3neo que se ubican hasta las 30 mn de la costa y cada 1° de latitud. Los valores del **IS** se expresan en $m^3 \cdot s^{-1}$ por 1.000 metros de costa. El **IS** instant3neo se calcul3 de acuerdo a la siguiente expresi3n:

$$M_x = t_y / f \quad (1)$$

donde:

- M_x = transporte de masa hacia el oeste.
- t_y = coacci3n del viento sobre la superficie en la direcci3n norte-sur.
- f = par3metro de Coriolis.

siendo:

$$f = 2 \omega \text{ Sen } (l) \quad (2)$$

donde en (2) :

- ω = velocidad angular de la tierra.
- l = latitud del lugar.

a su vez, de la ecuaci3n 1:

$$t_y = r_a C_d v |W| \quad (3)$$



donde en (3):

r_a = densidad del aire (1,25 Kg/m³).

C_d = coeficiente de arrastre (0,0013 sin dimensiones).

v = componente norte sur de la velocidad del viento.

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

El valor de C_d (coeficiente de arrastre) que se utiliz3 en los c3lculos fue igual a 0,0013 de acuerdo a Bakun y Parrish, (1982). Los valores **IS** promedio fueron graficados como flechas en una carta que representa la zona de estudio.

Con la informaci3n de viento horario registrado durante la navegaci3n se determin3 tambi3n el 3ndice de turbulencia (**IT**), el cual corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento (W^3) (Bakun y Parrish, op cit). Con la informaci3n de los datos individuales de **IT** se obtuvo un valor de **IT** promedio costero y el **IT** promedio oce3nico, tomando en el primer caso los registros de viento entre la costa y las 30 mn, y en el de los oce3nicos desde las 30 mn hasta las 80 mn, dentro de un grado de latitud. Los valores promedio fueron graficados como barras en una carta que representa la zona de estudio.

La determinaci3n de la "condici3n de normalidad", se realiz3 considerando los valores de anomal3as de las variables temperatura, salinidad, profundidad de la isoterma de 15°C, y su respectiva desviaci3n est3ndar. En t3rminos generales, la aparici3n de condiciones an3malas para la zona y per3odo de estudio, est3 dada por valores ± 1 desviaci3n est3ndar por sobre el promedio hist3rico en cada variable, discuti3ndose la causa de la anormalidad registrada (ver **Anexo 1**). Los promedios hist3ricos de temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de



15°C para la zona y mes, s3lo est3n calculados para el 3rea comprendida entre Arica y rada Paposo (25°S), por la tanto las anomal3as respectivas obtenidas corresponden al 3rea se3alada. Las condiciones subsuperficiales son discutidas tambi3n respecto de las condiciones superficiales, los posibles procesos que se desarrollaron en la zona, en comparaci3n con cruceros anteriores efectuados en el mismo per3odo y zona.

Respecto a la clorofila-**a** (**cloa**), una vez cuantificadas las muestras, la informaci3n fue codificada, digitada y georreferenciada por profundidad de origen. Los resultados de clorofila-**a** y de los productos de degradaci3n o feopigmentos se expresan en µg/L.

La concentraci3n de los productos de degradaci3n de la **cloa** o feopigmentos (**feop**) fue analizada solamente como un 3ndice relativo de la degradaci3n de la biomasa fitoplanct3nica activa.

Para la adecuada representaci3n de la estructura biol3gica de toda la columna, se calcul3 el valor de la clorofila-**a** integrada (Lohrenz **et al.**, 1988), utilizando la siguiente ecuaci3n:

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

Donde:

- i : son las profundidades de muestreo discretas definidas en el punto 3.2.1.
- C_i y C_{i+1} : son las concentraciones de clorofila (µg/L), en la profundidad i , desde superficie a la profundidad m3xima de 100 m.
- D_i y D_{i+1} : son las profundidades respectivas (m).



Este cálculo permite representar la clorofila-**a** de toda la columna en unidades de área (mg/m^2), de esta forma se incorporan adecuadamente los máximos sub-superficiales de la biomasa fitoplanctónica, situación que es subestimada muchas veces por la clorofila superficial. Esta información se entrega en cartas de distribución tanto para la clorofila integrada como para los feopigmentos integrados.

3.2.4 Recopilación de información Satelital coetánea al crucero

Se obtuvo información satelital de velocidad del viento superficial correspondiente a los promedios semanales entre el 11 de agosto y el 8 de septiembre de 2008. Esta información proviene de la base de datos del programa CERSAT perteneciente al IFREMER ([http:// www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr)).

La información satelital de temperatura superficial del mar (**TSM**) y clorofila-**a** (**Chloa**) corresponde a la base de datos del programa MODISA ([http:// www.oceans.gsfc.nasa.gov](http://www.oceans.gsfc.nasa.gov)). Se bajaron imágenes promedio semanales para el período comprendido entre el 12 de agosto y el 12 de septiembre. Las imágenes de **TSM**, son el doble con respecto a las de la **Chloa** ya que abarcan las imágenes ascendentes y descendentes (día y noche), las que fueron promediadas en forma ponderada.

Paralelamente, se obtuvieron 30 imágenes diarias de anomalías de nivel del mar y velocidades geostroficas desde el programa AVISO ([http:// www.jason.oceanobs.com](http://www.jason.oceanobs.com)), de las cuales se presentan 3, las que son representativas de la situación del crucero. Las imágenes corresponden a los días 11, 20 y 30 de agosto.

3.2.4.1 Procesamiento de la información satelital coetánea al crucero



Los promedios semanales de viento, en formato NETCDF, fueron leídos por el programa MATLAB. Cada imagen que en un principio es global, es analizada y cortada para la zona del crucero. Una vez definida la zona, se leen los archivos y se extrae con formato de número digital los valores de magnitud del viento (mag), como también las componentes este-oeste (**u**) y norte-sur (**v**). Cada componente es corregida por un factor de escalamiento, que en este caso es 0,01 para cada una de ellas. Después de esto, se eliminan valores fuera de rango (mag > 1000), para posteriormente combinar en una grafica la magnitud y la componentes del viento (**u** y **v**).

Las imágenes semanales de **TSM**, las cuales vienen en formato HDF se leyeron, se analizaron y desde un área global se cortaron al área del crucero con el programa MATLAB. Para cada semana, se obtuvo el número digital de la variable (ND), el cual fue transformado al valor de la variable, tanto para el día y la noche.

$$TSM=ND * 0.00071718 - 2$$

Las imágenes de día y noche se promediaron y se obtuvo la imagen semanal de **TSM**, presentada en un grafico de color con contornos de temperaturas.

Las Imágenes de Chloa, al igual que las de TSM, fueron leídas por el programa MATLAB. Una vez analizadas fueron cortadas y se extrajo el numero digital correspondiente (NDChloa), el cual fue transformado a la valor de la variable y presentado como imágenes en escala de colores logarítmica.

$$Chloa=10 (5.8137757 E-5 * DNChloa) - 2$$



Las imágenes diarias de anomalía de nivel del mar y velocidad geostrófica, fueron leídas, cortadas y escaladas en el programa MATLAB, el cual permitió presentar en forma grafica y conjunta la magnitud de la anomalía del nivel del mar y la velocidad geostrófica mediante graficas diarias.

3.2.5 Series costeras de viento y nivel del mar en Iquique y Antofagasta

Se utilizaron datos de viento cada 3 horas medidos en los aeropuertos Diego Aracena de Iquique y Cerro Moreno de Antofagasta que abarcaron el período que se extendió desde el 1 de julio al 29 de octubre de 2008. Paralelamente, para analizar la posible presencia de fluctuaciones de baja frecuencia tales como ondas atrapadas a la costa (**OAC**), se utilizaron datos diarios de nivel del mar (**NM**) de los mareógrafos del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile ubicados en los puertos de Iquique y Antofagasta. Los registros de ambas estaciones se concentran entre el 1 de enero de 2005 y el 30 de septiembre de 2008.

3.2.5.1 Procesamiento de series costeras de viento de Iquique y Antofagasta

Los datos de viento cada 3 horas fueron utilizados para calcular el transporte de Ekman (M_x) perpendicular a la costa. Se utilizó la misma metodología con la que fue calculado para el transporte de Ekman con viento del crucero (Bakun 1973, 1975 y 1987). Esta información muestra eventos de corto período y la tendencia estacional del esfuerzo del viento sobre el océano.

Esta información de nivel del mar (promedio diario), no incluye el efecto de la marea y permite describir procesos de mas baja frecuencia. A cada serie de tiempo se le extrajo la tendencia de largo plazo y el promedio dejando comparables ambas series. La tendencia se extrajo mediante la sustracción a los



datos crudo menos un ajuste lineal de largo período. Además, estos datos fueron filtrados usando un filtro triangular (hanning) de 11 pesos, el cual asegura la eliminación de fluctuaciones de muy alta frecuencia (1-2 días) y deja la fluctuación del **NM** del orden de semanas.

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

3.3.1 Muestreo de anchoveta en el mar - Crucero adultos

El método de estimación de biomasa desovante requiere que simultáneamente con el desarrollo del crucero módulo huevos, se realicen lances de pesca, que permitan determinar los parámetros relacionados con la dinámica reproductiva de los peces adultos. En este esquema, la recolección de anchoveta adulta se realizó con la participación de 4 embarcaciones cerqueras industriales y 2 naves artesanales. Las naves autorizadas para tales efectos fueron los PAM: “Don Ernesto Ayala Marfil”, “Relámpago”, “Angamos IV” de la Empresa Pesquera CORPESCA y “Atacama V” de Empresa Pesquera Camanchaca S.A. y las naves artesanales “Ike II” y “Valencia”, según Resolución de Pesca de Investigación de la Subsecretaría de Pesca N° 2117 del 11 de agosto de 2008. Además, colaboraron en la recolección de anchovetas adultas, una vez levantada la veda biológica del recurso, los PAM “Trueno I”, “Intrépido” y “Audaz” de la Empresa Pesquera CORPESCA.

Cada una de estas naves, estuvo equipada básicamente con sonar, radar, ecosonda, navegador por satélite, radiogoniómetro, radios HF y VHF y de una red de cerco anchovetera. Estas naves operaron simultáneamente con el crucero de recolección de huevos.



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

3.3.2 Determinación del tamaño de muestra

En los cardúmenes de clupeideos, 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 ésta especie, en períodos sin perturbación ambiental, los cardúmenes desovantes, caracterizados por el predominio de machos, 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; Claramunt *et al.*, 1996, 1997).

El diseño de muestreo orientado a estudiar los parámetros de adultos correspondió al de conglomerado bi-etápico, donde las unidades de primera etapa corresponden a los "lances" de pesca y las unidades de segunda etapa a los "peces capturados" en cada lance.

El diseño de muestreo empleado en las trece aplicaciones del MPH en el área de estudio ha permitido concluir que con 40 lances efectivos se puede estimar en forma óptima los parámetros de adultos. Al respecto, cabe señalar que en estudios precedentes del MPH en Chile se han realizado 50 lances (Rojas y Oliva, 1993), 40 lances (Claramunt *et al.*, 1996), 32 lances (Claramunt *et al.*, 1997), 60 lances (Oliva *et al.*, 1998), 51 lances (Oliva *et al.*, 2000), 60 lances en los años 2001 y 2002 (Oliva



et al., 2002) e igual número de ellos en el año 2003 y 2004 (Braun *et al.*, 2005). En términos de número de peces procesados y en un sentido estadístico es más eficiente realizar un gran número de lances y medir o examinar pocos peces en cada uno de ellos, que medir una gran cantidad de peces en un reducido número de lances.

Las muestras se recolectaron desde la cubierta de la embarcación con baldes, obteniendo anchovetas vivas sin golpes y con la mínima pérdida de escamas.

A bordo y en cada uno de los lances efectuados, se muestrearon como mínimo 100 ejemplares, registrándose su longitud total y estadio de madurez sexual macroscópico. Con esta información se logró obtener a tiempo real, la composición de tamaños por sexo de los ejemplares de anchoveta y la proporción sexual en peso.

De acuerdo a esto, se pudo tener una apreciación visual en terreno, de la condición reproductiva de la anchoveta durante el desarrollo del crucero de adultos. Los resultados indicaron que todas las hembras de los lances efectivos se encontraron con actividad gonadal de desarrollo ovocitario y de desove. Este antecedente fue corroborado por el monitoreo de la actividad de desove de la anchoveta en la XV, I y II Regiones, y fundamentó el inicio del crucero, señalando un pleno proceso de desove entre la tercera semana de julio y la segunda semana de septiembre de 2008.

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 consiste 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%)

Para asegurar el efecto del agente de fijación y preservación de los ejemplares, se fijó un reducido número de ejemplares por recipiente, es decir, 15 ejemplares por recipiente, donde cada recipiente posee una capacidad de 3,0 litros.

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

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



3.3.3 Fracci3n de hembras (Proporci3n de sexo) (R)

La fracci3n de hembras (proporci3n sexual) fue estimada para cada lance de una submuestra compuesta de los primeros 2.300 gramos de peces (Rojas y Oliva, 1993) o de 100 ejemplares recoleccionados al azar. Esta proporci3n fue estimada sobre la base del peso en vez del n3mero.

Debido al efecto de la preservaci3n, el peso registrado fue ajustado por un factor de correcci3n por fijaci3n, donde el promedio de la muestra y la varianza fueron estimados de acuerdo a:

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

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

Donde:

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

$\bar{\bar{R}}$: Proporci3n promedio de hembras sobre la base del peso por peso en porcentaje de todos los lances.

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

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



n : Número de lances.

3.3.4 Peso promedio de hembras maduras (\bar{W})

De cada lance, las primeras 30 hembras maduras procesadas fueron utilizadas para la determinación del peso promedio del cuerpo. El pesaje de los ejemplares se realizó en una balanza electrónica Sartorius, Modelo TE 1502S, con precisión de 0,01 g y capacidad máxima de 1500 g.

Se calculó el peso promedio para cada lance (\bar{W}_i) y la varianza de acuerdo a:

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

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

Donde:

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

\bar{W}_i : Peso promedio del cuerpo de las hembras maduras en el lance i .

$\bar{\bar{W}}$: Peso promedio del cuerpo de las 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 las hembras, fue ajustado en aquellas hembras que histológicamente presentaron ovocitos hidratados u ovocitos con el núcleo emigrando hacia el polo, a través de la relación matemática que resulte entre el peso total del cuerpo y el peso del cuerpo sin gónada.

3.3.5 Corrección debido al fijador

Debido a que los peces se preservaron en formalina hasta su procesamiento en laboratorio en tierra, se realizó la corrección a los registros de longitud y peso, ya que el fijador introduce una variación en estos parámetros. De acuerdo a lo recomendado por Hunter (1985), en el sentido que dentro de los factores que influyen en esta variación están las diferencias interespecíficas, tamaño de los peces, estado del pez cuando es preservado, tiempo en formalina y razón de formalina y diluyente. Por lo que los efectos de preservación con este componente son muy específicos, es necesario una calibración para cualquier cambio de técnica, especie o estadio de vida. Este factor de corrección se calculó de la siguiente manera: Una muestra de 30 machos y 30 hembras se pesaron en fresco, para luego ser fijadas con la misma solución, e igual procedimiento utilizado a bordo, siendo nuevamente pesados a intervalos regulares. El factor de corrección para cada parámetro y sexo, fue calculado como la media del porcentaje de variación de las mediciones efectuadas después de 48 horas desde la fijación.



3.4 Objetivo espec3fico 2.4 “Estimar la producci3n diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instant3nea de los huevos”.

El an3lisis de las muestras de ictioplancton consisti3 en la identificaci3n y separaci3n de la totalidad de los de anchoveta y su posterior clasificaci3n por estadio de desarrollo.

La clasificaci3n de los estadios de desarrollo de los huevos de anchoveta se efectu3 en base a la escala de 11 estadios propuesta por Santander *et al.*, (1984), de acuerdo a los cambios morfol3gicos que se producen en el transcurso de la embriog3nesis (**Tabla 3**). Los huevos que no pueden ser asignados a ninguno de dichos estadios debido a opacidad o da3o en su estructura interna, se clasifican como deteriorados (**Det**). La suma de la totalidad de huevos separados por estadio debe ser coincidente con aquella obtenida en el conteo de huevos totales, en caso contrario se repite el conteo por estadio para esa muestra. Esta metodolog3a permite corregir eventuales errores de an3lisis (Stauffer y Picquelle, 1985), al contrario de aquella que analiza un n3mero constante de huevos por muestra.

Para la asignaci3n de edad y de acuerdo a los resultados del proyecto FIP 2006-38 “Mejoramiento del M3todo de Producci3n Diaria de Huevos aplicado en pel3gicos peque3os” (Claramunt *et al.*, 2007), al igual que en el a3o 2007 se aplicaron dos metodolog3as: 1) El m3todo tradicional de Lo (1985) y 2) Modelo Multinomial (Ibaibarriaga *et al.*, 2005).

1) M3todo Tradicional:



Se basa en la metodología descrita por Lo (1985), es decir, a través de la estimación de la edad para cada estadio en función de la temperatura ambiental al momento de la captura. La temperatura a los 10 metros es obtenida desde los perfiles verticales de temperatura, como se sugiere en Santander *et al.* (1984).

El tiempo cero, o bien la hora del día del máximo de desove, fue considerada como las 23:00 h, de acuerdo a los resultados de Claramunt *et al.* (2007), el cual fue estimado con la información de la frecuencia horaria de estadios de desarrollo temprano (Estadio I). La edad de los huevos (en fracción de día) se calculó haciendo uso del modelo edad-temperatura (Lo, 1985) y ajustando la edad por la porción del día desde las 23:00 h previas hasta el momento de la recolección para el día más cercano, según el procedimiento “automatizado” descrito por Lo (1985), según la función:

$$y_{i,t,k} = y_{i,t} + k - \hat{T}$$

donde:

$y_{i,t}$ = se obtiene del modelo temperatura dependiente.

K = hora del lance

T = remanente de $(y_{i,t} + 22) - 24$

Las decisiones de corrección según la hora de recolección son:

$$y_{i,t,k} = \begin{pmatrix} y_{i,t} - G & \text{si } k < \hat{T} - G \\ y_{i,t} + k - \hat{T} & \text{si } \hat{T} - G < k < \hat{T} + G \\ y_{i,t} + G & \text{si } \hat{T} + G < k \end{pmatrix}$$



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

Los huevos de categoría **DET** (desintegrados) se asignaron a un estadio de desarrollo según los siguientes criterios:

1. Huevos que pueden ser identificados dentro de un rango de estadios, fueron asignados en forma ponderada, de acuerdo a la proporción por estadio ya determinada para la muestra.
2. Las estaciones en que sólo se encuentren huevos **DES**, se asignaron aleatoriamente, siguiendo una distribución uniforme dentro del rango de estadios posibles.

2) **Modelo Multinomial:**

El método tradicional agrupa la abundancia de huevos en cohortes considerando su edad, y posteriormente una curva de mortalidad es ajustada a los datos de abundancia de cohortes diarias, dada la edad media ponderada (e.g. Piquelle y Stauffer, 1985). Sin embargo, sólo los estadios de desarrollo son variables verdaderamente observadas, y no la edad, y en la literatura se puede encontrar varios procedimientos para estadios de huevos (e.g. Lo 1985, Bernal *et al.*, 2001). Bernal *et al.* (2001), desarrolló un procedimiento innovativo y estadísticamente fundamentado de asignación de edad y fue desarrollado e integrado dentro de las rutinas GAM del MPDH. El procedimiento utiliza la misma información que el método tradicional, i.e.



- Información del crucero: abundancia de huevos por estadios de desarrollo, hora de colecta y condiciones ambientales que afectan la tasa de desarrollo durante la embriogénesis (usualmente la temperatura).
- Información de experimentos de incubación: el desarrollo de los estadios morfológicos de los huevos durante la embriogénesis en función del tiempo y la temperatura.
- Información sobre la dinámica reproductiva de la especie: distribución de la actividad del desove en un ciclo diario.

La embriogénesis discretizada en estadios de desarrollo de los huevos, es función de la temperatura (e.g. Pepin, 1991), y en menor grado de otros parámetros ambientales. Usualmente, la información sobre la tasa de desarrollo de los huevos en función del estadio de desarrollo y de la temperatura, se obtiene a partir de experimentos de incubación. En el nuevo procedimiento metodológico de asignación de edad, se considera un proceso multinomial, en el cual la probabilidad de pertenecer a uno de los once estadios de desarrollo, depende de la edad de los huevos (conocida dada la hora del desove) y la temperatura. De esta manera, a partir de un experimento de incubación de huevos, se puede plantear el siguiente modelo probabilístico multinomial:

$$p(s | a, T)$$

que representa la probabilidad de permanecer en el estadio s dada la edad a y temperatura T .

Cuando una especie muestra sincronía diaria en el desove, la información sobre la distribución de la actividad de desove durante el ciclo diario afectará el proceso de



asignación de edad. Si el desove ocurre solamente en cierto momento del día, los huevos podrían tener una cierta edad, considerando el tiempo transcurrido entre la hora del desove y la observación (hora de colecta). En un caso extremo, si el desove es perfectamente sincrónico (los huevos son desovados a una hora dada del día, e.g. medianoche) y el desarrollo dura hasta la eclosión en un día, los huevos observados pueden tener solamente una edad exacta dada por el tiempo transcurrido entre el desove (medianoche) y la hora de colecta. Si la duración del desarrollo del huevo dura más de un día, entonces una edad promedio aproximada y observada en el experimento de incubación puede ser utilizada para decidir en que noche, los huevos fueron desovados, y entonces utilizar el tiempo transcurrido entre el evento de desove y la época del crucero para atribuir una edad exacta. La sincronía del desove puede ser formalizada como una función densidad de probabilidad (pdf) de edad dada la fecha del crucero, i.e. $f_i(a|\tau)$. Un descubrimiento reciente, es que la mortalidad, debería ser utilizada para asignar una edad adecuada a los huevos, ya que los huevos más viejos son menos probables de ser encontrados y así, cuando diferentes cohortes diarias pueden ser asignadas a un huevo, es más probable que éste sea más joven que viejo.

Al considerar lo argumentado, y considerando el Teorema de Bayes, se obtiene la distribución de edades dada la información obtenida durante el crucero (estadios de huevos, temperatura, hora de colecta) que se expresa por:

$$\hat{p}(a|s, T, \tau) \propto f_i(a|\tau)p(s|a, T)$$

de esta manera se asigna una edad a cada estadio de desarrollo muestreando desde la distribución posterior $\hat{p}(a|s, T, \tau)$, o clasificar los huevos en cohortes diarias directamente, utilizando la distribución posterior. El nuevo procedimiento de asignación de edad presenta varias ventajas respecto del método tradicional, tanto



en relación a cómo se modela la información que proviene de los experimentos de incubación y en relación a cómo se asigna la edad en el método tradicional. En relación con el modelo de incubación:

El nuevo modelo es claramente descrito y justificado estadísticamente, lo cual marca una diferencia con el procedimiento automático desarrollado por Lo (1985), i.e.

- aunque fácil de implementar, asigna aleatoriedad a las variables equivocadas (edad, la cual es realmente fija y decidida por el investigador).
- esta compuesta de dos modelos diferentes, uno de edad media y otro de duración de estadios. La estimación de la edad media no es bien documentada en las diferentes implementaciones (Miranda *et al.*, 1990; Motos, 1994), y algunas veces es equivocadamente descrita o implementada. Los modelos asumidos para la duración de estadios también varía entre las diferentes implementaciones del método de Lo.
- El nuevo procedimiento tiene propiedades de cualquier método de verosimilitud, incluyendo insesgamiento y eficiencia, y facilita la comparación con otros métodos de verosimilitud.
- La incertidumbre de los datos provenientes del experimento de incubación se incorpora a través del modelo multinomial.

En relación con la asignación de la edad, las ventajas del nuevo procedimiento son:



- Permite incluir conocimiento relevante en términos de la sincronía del desove de una manera tan cercana a la realidad como compleja sea y los datos actuales lo permitan.
- Tiene la potencialidad de incluir conocimiento a priori a través de funciones densidad de probabilidad de otras variables que puedan afectar la tasa de desarrollo de los huevos, y así la edad de un huevo en un cierto estadio de desarrollo.
- La distribución posterior de la edad contiene la incertidumbre de la información que proviene del experimento de incubación como de la asumida distribución para la sincronía del desove, y estos pueden ser incluidos en cualquier estimación subsiguiente que incluya edad (e.g. la tasa de mortalidad diaria). También, la distribución posterior puede utilizarse para agrupar los huevos en cohortes diarias (como en el método convencional).

Estimación de la producción diaria de huevos $P_{(t)}$ y tasa de mortalidad

El cálculo de la producción diaria de huevos, su varianza y tasa de mortalidad fue estimada por 1) el método tradicional de Lo (1985) por un ajuste usando **GLM** y 2) por un modelo probabilístico. Estos fueron implementados en el programa eggs y eggsplore en plataforma R por Miguel Bernal.

El método tradicional de Lo (1985) se basa en un modelo de tipo exponencial (Picquelle y Stauffer, 1985) dado por:



$$P_{ijk} = P_i e^{(-Z_i t_{ijk})} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

- P_{ijk} = N3mero de huevos de la edad k , en la estaci3n j del estrato i
- P_i = Producci3n diaria de huevos por unidad de 3rea en el estrato i
- Z_i = Tasa de mortalidad diaria de huevos en el estrato i
- t_{ijk} = Edad en fracci3n de d3as
- ε_{ijk} = Error aleatorio aditivo

El ajuste est3 basado en un ajuste de un modelo lineal generalizado (**GLM**) que permite la utilizaci3n de la distribuci3n binomial negativa con un par3metro de dispersi3n desconocido, la cual permite la alta dispersi3n de los datos a edades tempranas de huevos, situaci3n muy com3n en este tipo de informaci3n. Adem3s, utiliza ponderaciones proporcionales al 3rea representada por cada estaci3n. Se incluyen las estaciones negativas dentro del 3rea de desove, se excluyen huevos menores a 4 horas y el corte de edades superiores correspondi3 al 95% de la edad de eclosi3n de acuerdo a la temperatura de la estaci3n.

El modelo multinomial incorpora por defecto un corte en las dos colas: a) en la cola de abajo el corte se controla por la amplitud de la asunci3n de sincronidad (desviaci3n est3ndar de la hora pico de desove; 4 horas ($2 \cdot sd$)); b) en la cola de arriba el corte se controla autom3ticamente usando la edad m3xima a la que eclosiona cierto porcentaje de huevos, la que se estima a partir del experimento de incubaci3n y la temperatura de la estaci3n. Para poder utilizar el modelo multinomial es necesario un proceso iterativo de estimaci3n de mortalidad y utilizar dicha mortalidad en el proceso de dataci3n.



$$\log\left(\frac{N_{age}}{area}\right) = \log(D_0) - z age \rightarrow \log(N_{age}) = \log(area) + \log(D_0) - z age$$

$$E [N_{age}] = \text{offset} + g^{-1} [a + b \text{ age}]$$

Una vez estimados los parámetros y sus varianzas asociadas, se estimó el coeficiente de variación, que en el caso de la producción de huevos queda expresado como:

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

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

Se utilizó el estimador de post-estratificación propuesto por Picquelle y Stauffer (1985) para el tratamiento del estrato positivo (área de desove, A_1) y el estrato negativo (correspondiente al área sin presencia de huevos, A_0). El cálculo de la producción diaria total (P) se estimó desde el (los) valor(es) de P_1 y el área ponderada por estratos, de acuerdo a:

$$P = \left(P_1 \frac{A_1}{A} + P_0 \frac{A_0}{A} \right) K$$

donde P_1 y P_0 corresponden a la producción diaria de huevos por unidad de muestreo para los estratos 1 y 0 respectivamente, donde P_0 es cero por definición. A_1 y A_0 corresponden a las áreas geográficas (mn^2) de los estratos 1 y 0, y A es el área



total de desove ($A_1 + A_0$), descontada el 1rea del estrato 0, aquel definido por las estaciones negativas (sin huevos). K es un factor de conversi3n desde la unidad muestral a mn^2 .

La varianza ajustada de P para post-muestreo estratificado se puede estimar como:

$$S^2_{(Pi)} = \left(I + \frac{I}{n} \right) \left(\frac{A_1}{A} S^2_{(P1)} + \frac{A_0}{A} S^2_{(P0)} \right)$$

donde la varianza de P_0 es cero por definici3n.

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

a) An1lisis microsc3pico de los ovarios

Las variaciones de la condici3n reproductiva se determinaron a trav3s del an1lisis de la distribuci3n mensual de los estadios de madurez de los ovarios, en base al diagn3stico histol3gico del par3nquima gonadal, aplicando una escala microsc3pica espec3fica.

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

El c1lculo de la frecuencia de desove se basa en el criterio utilizado por Hunter y Goldberg (1980). Cada ovocito hidratado est1 rodeado por un fol3culo alargado y fino, una capa epitelial de c3lulas granulosas y una 1nica 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.

Establecimiento de Criterios de definición estadios de Folículos postovulatorios (FPO):

Para conseguir una mayor definición del proceso de degeneración de los Folículos Postovulatorios (**FPO**) se construyó una clasificación de estadios de degeneración de estos, de acuerdo a lo planteado por Alday *et al.* (2006), en el Simposio “Dinámica reproductiva de peces pelágicos pequeños y el método de la producción diaria de huevos” durante el XXVI Congreso de Ciencias del Mar, 22 al 26 de mayo, Iquique. El que consiste en subdividir el proceso de reabsorción de los **FPO** en varios estadios de degeneración. En la **Tabla 2** se muestra un ejemplo de la escala utilizada por Alday *et al.* (2006). Claramunt *et al.* (2007) construyeron una nueva escala ajustada a los requerimientos específicos para anchoveta y sardina común, tomando en cuenta aspectos como la forma celular y nuclear (ubicación y grado de picnosis), aspecto del citoplasma, relación límites de células vecinas, presencia de vacuolas citoplasmáticas, láminas celulares y pliegues, aspecto del conjunto y características del lumen.

Dependiendo de las características morfohistológicas de los **FPO** es factible determinar su incidencia en ciclos diarios de 24 horas, es decir, si la hembra tuvo un desove reciente, la noche anterior o dos noches antes de la captura, lo que permite estimar con mayor precisión la frecuencia de desove. Además, la incidencia de algunos estadios ováricos también fue considerada para la estimación de la frecuencia de desove, según los criterios de Macewicz y Hunter



(1993), estos son las g3nadas que presentaron ovocitos con n3cleo en migraci3n e hidratados que permiten definir si la hembra desovar3 al d3a siguiente o en el mismo d3a de la captura respectivamente.

Suponiendo que el muestreo de hembras hidratadas o de hembras de edad de d3a 1 (0 a 24 h) 3 de d3a 2 (24 a 48 h) no es sesgado, entonces la fracci3n de hembras desovantes por el lance i fue estimada de acuerdo a:

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

donde:

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

y cada uno de los t3rminos son:

- m_{hi} = N3mero de hembras hidratadas en el lance i .
- m_{1i} = N3mero de hembras de d3a 1 en el lance i .
- m_{2i} = N3mero de hembras de d3a 2 en el lance i .
- m_{ai} = N3mero de hembras que no han desovado entre las 9 y 56 horas (incluidas las hembras con fol3culos postovulatorios con una edad menor de 9 horas).
- m_i = N3mero de hembras maduras en el lance i .
- \bar{F}_i = Fracci3n desovante en el lance i .



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

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

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

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

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

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

cuya varianza es:

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

donde:

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



m_{yi} = $((m_{1i} + m_{2i}) / 2) + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}$ = N3mero corregido de hembras maduras en el i3simo lance.

\bar{m} = N3mero corregido de hembras maduras en el i3simo lance:

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

n = Tama3o de muestra

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

La fecundidad se estim3 de acuerdo al m3todo gravim3trico descrito por Hunter y Goldberg (1980), Hunter *et al.*, (1985), Santander *et al.*, (1984), Oliva *et al.*, (1989) y Rojas y Oliva (1993).

Este m3todo se basa en que todos los ovocitos hidratados en el interior del ovario son liberados en corto tiempo y el n3mero de 3stos reflejar3 la fecundidad parcial. Cabe mencionar dos ventajas comparativas respecto a otros m3todos 1) ahorro de tiempo en su conteo (rapidez en la determinaci3n) y 2) no hay dudas sobre la disgregaci3n de las modas en los diagramas de frecuencia - tama3o de los ovocitos, debido a que los ovocitos hidratados se caracterizan por su enorme tama3o, transparencia y consistencia blanda.



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

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

El procedimiento técnico de conteo se inició con la absorción de líquido superficial del ovario con papel filtro, submuestreando la mitad más grande del ovario. Se tomaron tres segmentos del tejido, uno del centro y dos de la parte media entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario. Estas tres submuestras fueron de aproximadamente 0,2 g cada una, asegurando una cantidad no inferior a 100 ovocitos hid atados por submuestra.

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

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

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



donde:

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

W_i = Peso húmedo del ovario (g).

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

El Método de Producción de Huevos requiere la estimación de la fecundidad media poblacional o modal, es decir, del número de ovocitos liberados por una hembra promedio representativa del total de la población de hembras maduras. Para ello es necesario ajustar un modelo que explique los datos de la fecundidad parcial en función de un parámetro corporal. De acuerdo a lo reportado por otros autores (Santander *et al.*, 1984; Rojas y Oliva, 1993; Claramunt *et al.*, 1996 y en Claramunt *et al.*, 1997) el mejor modelo es el que se relaciona con el peso corporal (peso total menos peso gónada). Se asumió que esta relación es la que explicó las variaciones de la fecundidad parcial. Esto se probó mediante análisis de regresión y pruebas estadísticas, las que definieron que el mejor modelo que explicó las variaciones de la fecundidad parcial en el período de estudio es el lineal.

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

donde:

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

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

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



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

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

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

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

donde:

$\overline{\overline{E}}$ = Fecundidad media poblacional.

m_i = Número de peces muestreados en el lance i.

\overline{E}_i = Promedio de la fecundidad parcial en el lance i.

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



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

donde:

- \bar{E} = Estimado de la fecundidad media poblacional.
- \bar{E}_i = Promedio de la fecundidad para el lance i.
- S_h^2 = Varianza de la regresi3n.
- n_h = N3mero de hembras hidratadas utilizadas para ajustar la regresi3n.
- W_i^* = Peso corporal promedio para el lance i.
- W_h^* = Peso corporal promedio de hembras utilizadas en la regresi3n.
- $Var(\beta)$ = Varianza de la pendiente de la regresi3n.
- n = N3mero de lances.

3.7 Objetivo espec3fico 2.7 “Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los par3metros de adultos”.

El m3todo se basa en el modelo desarrollado por Parker (1980) y modificado por Stauffer y Picquelle (1980):

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

donde:

- B = Biomasa desovante en toneladas m3tricas.
- P_o = Producci3n diaria de huevos en el 3rea investigada (huevos producidos por 0,05 m² por d3a).
- W = Peso promedio de las hembras maduras (g) de la poblaci3n.



- R = Proporción de sexos (fracción de hembras de la población en peso).
F = Fracción de hembras maduras que desovan por día.
E = Fecundidad parcial (número promedio de huevos desovados por hembra por desove).
K = Factor de conversión de gramos a toneladas métricas.

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

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

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

Relaciones entre la distribución de huevos de anchoveta y las variables oceanográficas

Para efectuar el análisis integrado de las variables recolectadas se realizó un estudio espacio-temporal de la distribución y abundancia de los huevos de anchoveta y de las variables oceanográficas asociadas. Para ello se utilizaron los



archivos de la base de datos correspondientes a 14 cruceros bio-oceanográficos realizados en el período de invierno entre los años 1992-2008. La información considera los siguientes registros: fecha, latitud y longitud de las lecturas de huevos de anchoveta y su correspondiente valor de densidad; asimismo, se utilizan los datos de temperatura y salinidad provenientes de las estaciones oceanográficas.

Procesamiento de la información

Para el análisis integrado de las variables registradas tanto pesqueras como bio-oceanográficas, se utilizó como plataforma de trabajo los sistemas de información geográfica (SIG) IDRISI (Eastman, 1997) y TNTmips (Microimages, 1997). El objetivo principal de la utilización del SIG es la de superponer distintos planos de información, por ejemplo datos bio-oceanográficos, pesqueros o imágenes satelitales, para encontrar relaciones espaciales y temporales.

La confección de mapas implicó realizar previamente la georreferenciación de la costa, que se obtuvo desde las cartas náuticas electrónicas (CNE) del SHOA, mediante la técnica de Control de Puntos (Buttler *et al.*, 1990). Luego se confeccionaron los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplaron, la georreferencia con sus respectivos datos.

Con el objeto de relacionar y superponer los distintos planos de información, que poseen diferentes coberturas espaciales y distintas escalas y/o resoluciones geográficas, fue necesario transformar los mapas para que se encuentren en una idéntica escala espacial, de este modo las cartografías deben poseer una misma resolución y cobertura geográfica. Lo anterior significó generar imágenes en rasters que tengan similar cantidad de filas y columnas, a través del módulo RESAMPLE del SIG. Por otra parte, con el propósito de favorecer el análisis visual



de las imágenes creadas, éstas fueron reclasificadas en clases de valores, los cuales se asocian a diferentes colores. Para ello se utilizaron dos módulos del SIG: a) módulo RASTER HISTO, que permite conocer y analizar la distribución de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas, y b) módulo REPLACE, que reclasifica los valores de las celdas de una imagen.

Análisis integrado

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

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

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



Para establecer las relaciones entre las variables, en primer lugar se realiz3 un estudio visual (en pantalla) de las im3genes generadas, luego se ejecutaron asociaciones cruzadas entre la distribuci3n de los huevos y las variables oceanogr3ficas; posteriormente, se generaron los gr3ficos con la frecuencia (n3mero de celdas) de la distribuci3n del ictioplancton con respecto a la temperatura y salinidad.

b) Determinaci3n de los centros de gravedad (CG)

Una vez realizada la cartograf3a se procede a calcular los 3ndices estad3sticos de los mapas. En el caso de las cartograf3as de huevos de anchoveta, se calcula el centro de gravedad de las cartograf3as (CG).

Para el c3lculo del CG para cada crucero se utiliz3 la siguiente formula:

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

Donde

CG_n = Centro de gravedad del n-3simo crucero.

$Lat(Long)_{in}$ = Latitud (Longitud) de la i-3sima estaci3n.

Den_{in} = Densidad de huevos de la i-3sima estaci3n.



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

Existe más de una aproximación para realizar el análisis de los datos, puede ser en un enfoque diseño basado acorde con el diseño implícito en la toma de datos o modelo basado, sobre la base de la distribución de probabilidades de las variables. Los datos que se analizan se caracterizan por presentar una proporción importante de estaciones negativas (muestras en las cuales no se reconocen huevos), los que siguen una distribución delta (Aitchison & Brown, 1957; Pennington, 1983), donde los valores ceros son tratados separadamente y los valores positivos se ajustan a una distribución log-normal. Con el advenimiento de nuevas herramientas estadísticas, las componentes de la distribución delta han sido modeladas como función de factores o covariables a través de modelos lineales generalizados (McCullagh & Nelder, 1989; Stefansson, 1996) y/o modelos aditivos generalizados (Hastie & Tibshirani, 1990; Gordon *et al.*, 1992; Augustin *et al.*, 1998).

Dado que el objetivo de este análisis se orienta a conocer la relación entre las variables oceanográficas y la distribución de huevos de anchoveta, se hizo uso de estos últimos modelos. Inicialmente se propuso el empleo de modelos lineales generalizados, pero posteriormente se optó por los modelos aditivos generalizados (**GAM**), atendiendo a la naturaleza no lineal de los predictores de localización y oceanográficos considerados. El **GAM** es un método estadístico, similar al de regresión clásica, pero con supuestos distribucionales más generales, además de no suponer linealidad en las covariables. El **GAM** tiene la siguiente forma general (Hastie & Tibshirani, 1990).

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



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

Las variables de inter3s a modelar correspondieron a la presencia y a la densidad de huevos (número x 0,05 m⁻²) dada la presencia de éstos. Ambas variables fueron modeladas separadamente, como una funci3n de variables de localizaci3n (latitud, longitud) y oceanográficas (salinidad y temperatura), las cuales fueron introducidas en el modelo a trav3s de funciones no-param3tricas suaves, de la forma de los suavizadores splines cúbicos (Hastie y Tibshirani, 1990); adem3s, se incorpor3 un predictor lineal correspondiente al ańo. Este último factor permite conocer la tendencia del índice, en un contexto interanual, para la probabilidad media de 3xito (presencia) y para la densidad de huevos dada su presencia.

La variable de respuesta, presencia de huevos, fue modelada considerando una distribuci3n de probabilidad binomial con una funci3n de enlace logit, sobre esta base se realizaron los ajustes y se probaron adem3s, los m3todos alternativos de cuasi-verosimilitud y robusto. Finalmente, se seleccion3 el m3todo de ajuste robusto de cuasi-verosimilitud basado en el criterio de Cp de Mallows (Neter *et al.*, 1990).

En el caso de la variable densidad de huevos, en la modelaci3n se utilizo la distribuci3n de probabilidad log-normal por lo tanto, el modelo utilizado considera el logaritmo de la densidad de huevos como respuesta, con distribuci3n normal y funci3n de enlace identidad. Los ajustes empleados adem3s del cl3sico fueron



cuasi-verosimilitud y robusto, seleccionándose sobre la base del criterio de Cp de Mallows, un ajuste robusto.



VII. RESULTADOS

1. Monitoreo reproductivo que fundament3 el inicio del crucero

El monitoreo reproductivo, a trav3s del an3lisis semanal y mensual del 3ndice gonadosom3tico e Indicadores histol3gicos de la actividad de desove y de la atresia ov3rica, permiti3 definir la 3poca de pleno desove de la anchoveta en XV, I y II Regiones.

El an3lisis macrosc3pico mediante el seguimiento del **IGS** en lo transcurrido del a3o 2008 (enero a octubre), a partir de 9.622 hembras analizadas, cifra 16% mayor respecto a lo medido en el 2007 en igual fecha, indic3 un descenso en febrero (4,7%), llegando a valores m3nimos en oto3o (marzo: 3,7%; abril: 3,3%). En mayo-junio, la actividad reproductiva se reactiva (**IGS**: 4,2% y 4,7%, respectivamente), la cual se intensifica en julio (5,9%) y permanece con valores altos hasta octubre (6,1%) (**Figs. 2 y 3**). En el cuadro 1, se entregan las estimaciones de varianzas, coeficiente de variaci3n e intervalo de confianza (IC) para el **IGS** mensual, todos construidos con tama3os de muestra superiores a las 400 hembras, validando los supuestos distribucionales para la construcci3n de los IC recomendados por Cochran (1977).

Cuadro 1. Estimaciones de varianzas, coeficiente de variaci3n e intervalo de confianza para el IGS mensual.

Mes	n	IGS (%)	Desv. Est3andar	Varianza	Coef. Variaci3n (%)	Intervalo de Confianza	
						L3mite inferior	L3mite superior
Enero	875	5,7	2,2	5,0	39	5,5	6,0
Febrero	965	4,5	2,5	6,2	55	4,3	4,8
Marzo	910	3,7	1,9	3,4	50	3,5	3,9
Abril	1.271	3,3	1,8	3,4	56	3,2	3,4
Mayo	1.181	4,2	1,9	3,6	45	4,1	4,4
Junio	1.118	4,7	1,9	3,6	40	4,5	4,9
Julio	824	5,9	2,0	4,1	34	5,7	6,0
Agosto	467	6,4	2,1	4,4	33	6,2	6,6
Septiembre	702	6,4	1,9	3,8	30	6,2	6,6
Octubre	1.309	6,1	2,0	4,0	33	6,0	6,3



El cálculo de los índices microscópicos se sustentó de la observación histológica de 2.472 hembras, cifra 24% mayor respecto a lo observado a igual fecha de 2007, las que fueron muestreadas semanalmente desde la primera semana de junio hasta la cuarta semana de octubre, a objeto de intensificar y precisar el monitoreo de la actividad reproductiva de la anchoveta en el período de incremento del **IGS**. El número de hembras analizadas resulto satisfactorio en la medida que el análisis microscópico entrego información precisa y detallada de los cambios que acontecieron asociado al proceso de maduración del ovario, confirmando la tendencia observada a través del **IGS**.

El análisis microscópico efectuado a las anchovetas recolectadas en la zona norte del país, confirmó en el mes de junio el desarrollo del proceso reproductivo, caracterizándose por la presencia masiva de ovarios con ovocitos en vitelogénesis.

El pleno proceso de desove, hecho sustentado por la presencia de ovarios en vitelogénesis y la mayor incidencia de hembras hidratadas y con folículos postovulatorios, se manifestó desde la tercera semana de julio y se mantuvo hasta la tercera semana de octubre de 2008, con una baja incidencia de atresia ovárica, observándose durante este período, los mayores valores del índice de actividad de desove (**Tabla 4; Figs. 4 y 5**).

La baja incidencia de atresia ovocitaria (desde junio hasta la cuarta semana de octubre), es concordante con el desarrollo normal del ciclo reproductivo de la anchoveta, donde la mayor atresia ovárica se observa en otoño, durante el período de menor actividad reproductiva o de reposo sexual relativo. La atresia disminuye hasta ser insignificante o nula en los procesos reproductivos masivos y de plena actividad de desove, normalmente durante junio a la primera quincena de octubre. En octubre, se visualiza un leve repunte, evidenciando los primeros



indicios de la disminución de la intensidad de desove, la que se mantiene en valores relativamente estables hasta finales e inicio de cada año.

El análisis macroscópico y microscópico de la actividad reproductiva para el año 2008, indicó que el mayor desove de la anchoveta se manifestó desde julio y se mantuvo hasta la tercera semana de octubre de 2008, visualizándose en este período los índices reproductivos más altos (**IGS** e **IAD**).

La anchoveta se caracteriza por presentar un comportamiento reproductivo con una marcada estacionalidad. El patrón normal de la actividad reproductiva en la zona norte, abarca las estaciones de invierno y primavera, con un decrecimiento en verano y un reposo sexual relativo en otoño.

De acuerdo al análisis histórico de los indicadores reproductivos macroscópicos y microscópicos, el período de pleno o máxima actividad de desove en la zona norte, se inicia durante las semanas de julio, con mayores valores en el bimestre agosto-septiembre.

La tendencia de los valores del **IGS**, así como la evolución del **IAD** e **IAO** en el 2008, señalan la estacionalidad de desove descrita para la anchoveta en la Zona Arica - Antofagasta. El desarrollo del proceso reproductivo en el 2008, es concordante con lo visualizado en años normales recientes (2003, 2005 y 2006), en que la plena actividad de desove se manifestó desde mediados de julio, mientras que en el 2007, el máximo desove se adelantó a principios de julio, en tanto, en el 2002 y 2004, se atrasó a comienzos de agosto.



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

Durante la prospección se determinó la presencia de huevos de *E. ringens* en 136 estaciones de un total de 717 realizadas, con una densidad igual a 10.304 huevos/0,05 m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 76 ejemplares (DS = 155,5), cifra 71,4% mayor respecto a la obtenida en invierno de 2007, período donde se detectaron más dispersos (DS = 175,9x), situación que señala una normal actividad reproductiva en la zona de estudio (**Figs. 6 y 7; Tabla 5**).

En relación a la intensidad y extensión espacial del desove, las densidades promedio por estaciones positivas y totales, muestran un incremento en ambos índices con respecto al invierno de 2007, aumentando la intensidad del desove en un 71% y la cobertura geográfica del desove en un 133%% (**Tabla 5**).

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, estuvo directamente relacionado con la dirección de las corrientes geostróficas, las que durante el período de estudio mostraron una dirección sur y hacia la costa, orientación que incidió en la distribución de los huevos de anchoveta, cuya presencia espacial y mayores densidades, a su vez se relacionaron con las mayores concentraciones de clorofila, mayores temperaturas superficiales, mayores salinidades superficiales y con la presencia del recurso. Así, el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre Arica (18°24'S) y punta San Pedro (26°00'S), con una tendencia a incrementarse el número de registros positivos de sur a norte, es así, como la mayor frecuencia de estaciones con presencia de huevos se detectó entre Arica y punta Gruesa (20°20'S), sector donde además, este estadio alcanzó la mayor dispersión longitudinal, llegando hasta las 75 mn frente a Arica, mientras que entre caleta Ligate (20°30'S) y el sur de punta Arenas (21°50'S) si bien los huevos



redujeron su cobertura longitudinal, estos se presentaron de manera recurrente en las primeras millas de la costa, coincidiendo con las concentraciones de clorofila más altas, observándose los mayores niveles de abundancia promedio de huevos entre los 20°50'S y 21°30'S°. Contrariamente, desde los 22°10'S (sur de Tocopilla) al sur de punta Coloso (24°00'S), si bien la presencia de estaciones con huevos se redujo notablemente salvo escasas excepciones, estos continúan replegados en la costa, coincidiendo nuevamente con el segundo sector donde la concentración de clorofila fue la más alta y donde también formó frentes muy plegados a la costa, en este sector, los huevos se presentaron en una o dos estaciones en cada transecta, con un reducido número en la mayoría de ellas, hasta producirse una zona de transición desde los 21°40'S hacia el sur, lo que denotó la directa relación con la presencia del recurso, desde esta latitud hacia el norte, el que se concentró en la zona costera desde Arica hasta el norte de Tocopilla (21°50'S), con una presencia mayoritaria y muy recurrente entre punta Gruesa (20°20'S) y el sur de caleta Chipana (21°30'S), sector de mayor concentración de huevos de anchoveta y finalmente ausentarse por completo a partir de los 24°10'S (sur de Antofagasta) hasta los 26°00'S (punta Ballenita), a excepción de las dos últimas transectas del extremo sur, donde se visualizaron tres focos positivos. La no presencia de registros positivos estuvo acorde con la baja en la concentración de clorofila, la ausencia de recurso, las menores temperaturas y salinidades superficiales y las surgencias más intensas (**Fig. 8 a,b**).

En general la modalidad de postura fue inminentemente costera, concentrándose más del 96,7% de los huevos de anchoveta dentro de las primeras 20 millas. No obstante lo anterior, los focos de desove más importantes se localizaron entre 1 y 10 mn, observándose los más importantes frente a Arica, caleta Camarones (19°10'S), caleta Chica (19°20'S), punta Junín (19°40'S), punta gruesa (20°20'S), punta Arenas (21°40'S), bahía Moreno (23°40'S), punta Chipana (21°20'S), caleta Chileno (21°30'S) y punta Chacaya (23°00'S), cuyas abundancias en conjunto representaron



el 51,9% respecto del total de huevos de anchoveta cuantificados. El resto de los registros positivos exhibieron bajas abundancias, las que fluctuaron entre 1 y 246 huevos/0,05 m². En este contexto, la estación con la densidad más importante (> 1.380 huevos), se localizó a 1 mn frente a bahía Moreno.

En relación al número de huevos el invierno de 2008 presentó un porcentaje de cambio igual a 107% con respecto al crucero MPH precedente, constituyéndose en el séptimo registro más importante de la serie 1992 – 2008 (**Tabla 5, Fig. 9**).

Entre la distribución espacial de los huevos y la del recurso, se observó una directa relación, al encontrarse el mayor porcentaje de los lances efectivos en la zona nerítica comprendida entre Arica y el sur de punta Arenas, área donde se concentró mayoritariamente el estadio de huevos de anchoveta (**Fig. 10**).

En la **Figura 11**, se presenta la densidad media de huevos estimada para el período 1992-2008, a través del estimador de la media de una distribución delta, la proporción de estaciones positivas (con huevos) y su coeficiente de variación (**CV**). Las barras de cada punto en las gráficas de la **Figura 11**, representan los intervalos de confianza del 95% para el valor medio estimado.

La interpretación basada en la dispersión de los datos no tiene mucho sentido, dado que la distribución de los datos sigue una función de densidad de probabilidad delta - lognormal. En ésta los niveles de dispersión de los datos son muy altos, ya que existen muchos valores iguales a cero y pocas estaciones con valores altos (número de huevos). Por esto, se realizó un análisis más detallado de las estimaciones puntuales, los intervalos de confianza y el coeficiente de variación de los parámetros de interés.



Es así, como se registran 6 períodos anuales donde se han obtenido las mayores densidades medias, insertándose el año 2008 como el sexto registro más importante de la serie 1992-2008, así también el mayor coeficiente de variación (CV) se detectó durante el año 2001 (51%), 2003 (30%) y los años 2007 y 2008 con el tercer CV más alto, 27% en cada caso, respectivamente. Contrariamente, la menor dispersión de los datos se registró durante los años 2002 (16%), 1995, 1997 (18%) y 2006 (19%). Del mismo modo los dos últimos años, junto al año 2001, se han constituido en los registros con los valores más bajos en la proporción de estaciones positivas con presencia de huevos y con los mayores coeficientes de variación.

La distribución de huevos a diferencia de otros años, se observó muy próxima a la costa excepto frente a Arica, Iquique y al norte de punta Tres Picos. Esta distribución particular parece estar asociada espacialmente al comportamiento de las corrientes geostróficas, ya que en general tienen dirección sur y hacia la costa, produciendo un efecto de acumulación e incluso hundimiento en la zona costera. Este efecto está evidenciado por la presencia de anomalías positivas del nivel del mar a lo largo de toda la zona costera y explicaría la estrecha banda costera observada en clorofila y la acumulación de huevos en casi toda la zona. Dentro de este contexto, las corrientes hacia fuera de la costa o divergentes, son consistentes con los núcleos de huevos observados en los puntos alejados al norte de punta Tres Picos. Mientras que frente al puerto de Arica e Iquique, la dirección de las corrientes y la distribución espacial de los huevos permiten suponer la existencia de una gran cantidad de huevos que provienen desde el sur de Perú y que debido a la curvatura del continente son fácilmente arrastrados cuando las corrientes apuntan hacia el sur. Además se puede inferir que esta distribución se proyectó frente a Iquique, por una corriente directamente paralela a la costa. En el contexto de la zona entre Arica e Iquique habría una puesta local y supuestamente un aporte desde el sur de Perú (**Fig. 12**).



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

3.1 Viento, Índice de Surgencia e Índice de Turbulencia

Los valores de viento registrados durante el crucero (**Fig. 13a**) muestran un incremento en la intensidad del éste a partir de los primeros días de septiembre de 2008. Entre Arica y Mejillones la intensidad del viento fue relativamente normal y baja, lo que se reflejó en índices de surgencia del orden de $500 \text{ m}^3/\text{s}$, entre Iquique y punta Copaca y menores a $500 \text{ m}^3/\text{s}$ entre Arica y Pisagua y frente a Antofagasta (**Fig. 13b**). La dirección predominante cerca de la costa fue básicamente hacia el noreste. A partir de los primeros días de septiembre, la intensidad se incrementó debido a un fuerte viento desde el sur, generando índices de surgencia de más de 1000 y $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ entre punta Tres Picos y Chañaral (**Fig. 13b**). Los índices de turbulencia aparecen proporcionales a la intensidad del viento (**Fig. 13c**), y más intensos en la parte oceánica; así en el sector norte frente a Arica, son del orden $30 \text{ m}^3/\text{s}^3$, frente a Iquique de 100 a $120 \text{ m}^3/\text{s}^3$, 250 a $350 \text{ m}^3/\text{s}^3$ frente a punta Copaca, $49 \text{ m}^3/\text{s}^3$ frente a Mejillones, mientras que frente a Taltal fluctuaron alrededor de $860 \text{ m}^3/\text{s}^3$ y frente a Chañaral $300 \text{ m}^3/\text{s}^3$ en la zona nerítica y $1200 \text{ m}^3/\text{s}^3$ en el sector oceánico.

3.2 Temperatura, salinidad y sus respectivas anomalías

Durante el crucero, el rango de temperatura superficial del mar (**Fig. 14a**), varió entre 15° y 17°C . Las mayores temperaturas se observaron entre Arica y Pisagua, con la presencia de una banda costera de temperaturas menores a 17°C que va desde Arica hasta Tocopilla. Temperaturas menores a 16°C se presentaron al sur



de Mejillones y menores a 15° C al sur de rada Paposo, aunque aparece una banda costera de temperaturas menores a 15°C entre punta Coloso y rada Paposo. Las anomalías de temperatura predominantes en la zona, son cercanas al valor neutro (**Fig. 14b**) excepto un núcleo entre punta Arenas y Tocopilla con un valor levemente mayor a 1°C.

Las salinidades superficiales presentaron un pequeño rango de variación (**Fig. 14c**). Al norte de caleta Patillo predominaron en la zona oceánica salinidades menores a 34,9 psu, mientras que en una estrecha banda costera se observaron salinidades mayores a 34,9 psu. Entre caleta Patillos y punta Cobija, las salinidades fluctuaron entre 34,9 y 34,8 psu, respectivamente. En esta zona, aparecen dos núcleos, uno de 34,9 y otro de 34,8 frente a caleta Chipana. Entre Mejillones y rada Paposo, las salinidades oscilaron entre 34,8 y 34,7 psu, respectivamente. Como se observa en la figura, el descenso latitudinal de salinidades superficiales aparece moderado. Las anomalías de salinidad, al igual que las de **TSM** aparecen cercanas a 0 en casi toda la zona (**Fig. 14d**), excepto en núcleos (-0,1 psu) muy restringidos en la zona oceánica frente a la península de Mejillones y punta Lobos.

3.3 Temperatura y salinidad a 50 m y sus respectivas diferencias con la superficie

A 50 m de profundidad, el campo horizontal de temperatura mostró una mayor variabilidad espacial que en superficie. El rango de temperaturas fluctuó entre 13° y 16°C (**Fig. 15a**). Un núcleo de temperaturas mayores a 16°C fue observado en la zona oceánica (71,5°W) entre caleta Chipana y Tocopilla. Este núcleo aparece envuelto por la isoterma de 15°C que abarcó la mayor parte de la zona oceánica entre caleta Patillos y punta Tres Picos. Hacia los extremos y la costa, se



presentaron temperaturas menores. Ente Arica y caleta Ligate, las **TSM** fluctuaron entre 15° y 14°C, mientras que hacia el sur de punta Tres Picos, las **TSM** descienden a 14° y 13°C frente a Taltal y punta Ballenita, respectivamente. La banda costera por otro lado, más extensa que la banda costera superficial, se caracterizó por presentar **TSM** menores a 14°C en toda la zona entre Iquique y rada Paposó.

Las diferencias de temperatura (superficie - 50m), muestran claramente una división entre un sector oceánico y uno costero, específicamente entre las localidades de Iquique y punta Ballenita (**Fig. 15b**). En la zona oceánica predominan diferencias menores a 1°C, mientras que en la zona costera son mayores a 1°C, llegando a cubrir áreas con 2°C al sur de Mejillones y 3°C entre Tocopilla e Iquique. Al norte de Iquique, las diferencias son mayores a 2°C, con algunos núcleos > a 3°C frente a Pisagua y punta Madrid.

Las salinidades en el nivel de 50 m (**Fig. 15c**) también presentó mayor variabilidad que la distribución superficial, sin presentar patrones claros. La banda costera entre Arica y Mejillones tuvo salinidades mayores a 34,8 psu, mientras que hacia el sector oceánico y hacia el sur, tiende a disminuir gradualmente. Diversos núcleos de salinidades mayores a 34,7 psu aparecen frente a Pisagua (el mayor), punta Patache, punta Arenas, punta Cobija y Mejillones. Al sur de punta Coloso, salinidades menores a 34,7 psu comienzan a ocupar el área oceánica y costera.

Las diferencias de salinidades (superficie - 50m), también permiten diferenciar una banda costera con valores entre -0,1 a 0 psu pegado a la costa y entre 0 y 0,1 psu inmediatamente hacia el oeste (**Fig. 15d**), para luego incrementar entre 0,1 y 0,2 psu hacia el sector más oceánico. Las mayores diferencias aparecen en una



banda centrada en los 70,8°W entre caleta Patillos y Mejillones (0,1 a 0,3 psu) y más claramente (>0,2 psu) en todo el sector oceánico al norte de punta Gruesa.

3.4 Temperatura y salinidad en la vertical

En la vertical (**Figs. 16 y 17**), las mayores temperaturas en superficie (> 17°C) se ubicaron en las transectas de Arica (T1) a Punta Arenas (T21), originando gradientes térmicos verticales entre los 25 y 50 m de profundidad, los cuales son más intensos que los registrados en el área sur. En la costa, las secciones verticales mostraron ascensos de las isotermas, lo que es más evidente en aquellas del área sur, ya que ocurren ascensos de agua desde mayores profundidades. En la mayoría de las secciones, exceptuando Arica, se apreció una clara variación de los niveles de profundidad de las isotermas ubicadas bajo los 100 m de profundidad, destacándose en este caso, los cambios de nivel que registraron las isotermas de 12° a 14°C, pues en las secciones desde punta Copaca al sur, se formaron núcleos entre la costa y las 40 mn. Se observaron inversiones térmicas en las secciones de punta Arenas (T21) y bahía Moreno (T33), en ambos casos formando núcleos de temperatura entre 12° y 13°C.

La salinidad (**Figs. 18 y 19**) mostró una variada estructura en la vertical que cambia en sentido latitudinal y longitudinal, lo que significa la presencia de capas de agua y/o núcleos de distintos valores y espesores. En las secciones de Arica a punta Gruesa, se presentó la capa de salinidad máxima superficial (> 34,9 psu) que abarcó hasta los 25 metros de profundidad. En las secciones presentadas, excepto en punta Madrid (T05) se registró un núcleo subsuperficial de mínima salinidad, centrado alrededor de los 100m y de espesor variable, en el cual se midieron salinidades inferiores a 34,7 psu en su centro y que llegaron hasta valores menores a 34,4 psu en las secciones desde punta Copaca al sur. La sección de Punta Tres Picos no tuvo un núcleo de mínima tan destacado como en las demás secciones, alcanzando salinidades



menores a 34,7 psu. Este núcleo de baja salinidad se observó como fuente de agua a los procesos de surgencia que se registran en toda la zona. El núcleo de máxima salinidad subsuperficial, caracterizado por la isohalina de 34,8 psu, se presentó en todas las secciones, particularmente con mayor intensidad en aquellas de punta Madrid y punta Tres Picos, donde se presentó más cerca de la superficie y abarca una mayor extensión en el sentido este - oeste.

3.5 Anomalías de temperatura y salinidad en la vertical

Las anomalías de temperatura y salinidad de las transectas perpendiculares a la costa de Arica, punta Lobos y bahía Moreno se presentan en la **Figura 20**.

En las tres secciones señaladas se observó un amplio predominio de valores de anomalía de temperatura en el rango de $-0,5$ a $+0,5^{\circ}\text{C}$. Se destaca en las secciones de punta Lobos y bahía Moreno donde se registraron anomalías positivas y negativas por sobre el valor de $+1,5^{\circ}\text{C}$ y -2°C , respectivamente, las que formaron núcleos subsuperficiales centrados en los 50 m y que se ubican entre la costa y las 40 mn.

Las anomalías de salinidad registraron un predominio de valores entre $-0,05$ y $+0,05$ psu bajo los 100 m de profundidad. Sin embargo, en la capa superficial - hasta el nivel señalado, se registraron anomalías que superaron los 0,1 psu. Estas anomalías fueron del tipo negativo, en las secciones de Arica y punta Lobos y de 0,1 psu positivo en la sección de bahía Moreno. En esta última transecta, se registró tanto un núcleo positivo como uno negativo entre los 50 y 100 m, los que mostraron máximos de anomalía de $+0,2$ y $-0,2$ psu, respectivamente. La sección de Arica registró anomalías negativas de hasta $-0,2$ psu en los primeros 75 m entre las 20 y 80 mn de la costa.



3.6 Profundidad de la Isoterma de 15° C y su anomalía, espesor de capa de mezcla

La profundidad de la isoterma de 15°C (**Fig. 21a**) mostró un claro patrón de disminución hacia la costa y profundización hacia la zona oceánica. En la banda costera, se presentaron variaciones entre < 20 m en el área más cercana a la costa hasta 30 m. Al sur de Antofagasta y hasta punta Plata, la banda se extiende hacia el oeste llegando hasta los 71,5°W. Entre Arica y punta Junín, la isoterma se ubicó preferentemente asociada a los 40 m de profundidad aunque también se presentó un área reducida frente a punta Madrid, en la cual llegó a los 60 m. En la zona oceánica, entre punta Gruesa y punta Tres Picos, la profundidad se incrementó rápidamente llegando a más de 50 m, inclusive a más de 70 m entre punta Arenas y Antofagasta y más de 80 m frente a punta Gualaguala.

Este último sector, es el que presenta las mayores anomalías (**Fig. 21b**), donde la isoterma se encontró de 30 a 40 m más profunda de lo que normalmente se encuentra. Mientras que por otro lado, entre Antofagasta y punta Plata donde la isoterma se encontró por sobre 10 a 20 m de la profundidad donde se encuentra comúnmente. En el resto de la zona la isoterma se observó entre 10 a 20 m más profunda del promedio histórico, aunque en la zona entre Pisagua y caleta Ligate se ubicó con valores más cercanos al promedio. Paralelamente, la capa de mezcla de la zona fluctuó principalmente entre 5 y 10 m de profundidad aunque aumentó a 20 y 30 m en algunos puntos como frente a rada Paposó, punta Plata, Iquique y especialmente en la zona oceánica entre punta gruesa y Tocopilla.

3.7 Oxígeno disuelto superficial y profundidad de la isolínea de 1 mL/L



El oxígeno disuelto superficial (**OD**) (**Fig. 22a**), presentó un rango entre 3,1 y 7,3 mL/L. En el sector costero los focos de las concentraciones más bajas, < 4 mL/L, se ubicaron en punta Gruesa y punta Tres Picos, mientras que los de las concentraciones más altas, > 6,5 mL/L, correspondieron a las estaciones costeras de punta Lobos y Antofagasta. Fuera de las 10 mn, el **OD** presentó un rango de valores más estrecho, entre 5,1 y 6,3 mL/L.

La profundidad de la isolínea de 1 mL/L (**Fig. 22b**), que representa el límite superior de la capa de mínimo **OD** fluctuó entre 29 y > 100 m. Gran parte del sector costero entre Arica y punta Tres Picos, presentaron profundidades < 40 m, la excepción se observó entre punta Lobos y punta Copaca donde se alcanzó un máximo de 60 m.

En el sector más oceánico, entre punta Junín y punta Gruesa disminuyó la concentración de **OD** en la columna, encontrándose la isolínea de 1 mL/L a menos de 70 m. Desde punta Arenas hacia el sur y afuera de las 40 mn, se observó una profundización de la isolínea que superó el nivel de muestreo, 100 m. En la parte norte, una similar situación se observó en las 40 mn de las transectas realizadas al oeste de punta Madrid y punta Lobos donde la isolínea de 1 mL/L se observó bajo los 100 m.

3.8 Oxígeno disuelto vertical

En los primeros 100 m de profundidad de la distribución vertical de oxígeno disuelto (**OD**) (**Fig. 23**) se presentó, de norte a sur, un espesor máximo promedio de la capa superficial bien oxigenada (> 5 mL/L). Este máximo varió de 30 m entre Arica y punta Gruesa aumentando a 50 m y hasta 100 m, entre punta Lobos y punta Hornos y de 75 m en las dos transectas de la parte sur, bahía Moreno y punta tres Picos. Los gradientes óxicos estuvieron bien definidos en todas las



transectas, observándose además un claro ascenso de las isolíneas en las estaciones costeras (**Fig. 23**).

En el sector costero, los valores más bajos de OD (< 5 mL/L) que llegaron a la superficie, se observaron en las transectas de punta Gruesa (3,3 mL/L), en punta Tres Picos (4 mL/L) y en las 5 mn de bahía Moreno (4,8 mL/L) aumentando a > 6 mL/L hacia la estación de la milla.

Por otra parte, la isolínea de 1 mL/L entre Arica y punta Tres Picos se mantuvo a lo largo de prácticamente todas las transectas cercana o bajo los 75 m, con algunos hundimientos bajo los 100 m, y ascensos costeros que llegaron hasta los 50 m en la estaciones de 1 mn. La excepción fue punta Hornos donde la isolínea de 1 mL/L se ubicó cercana a los 30 m en la estación de costeras.

3.9 Clorofila-a y feopigmentos superficial

El rango de clorofila-a (**cloa**) superficial (**Fig. 24a**) varió entre 0,1 y 10 $\mu\text{g/L}$. La franja costera de concentraciones > 1 $\mu\text{g/L}$ estuvo presente en la mayor parte de la zona de estudio. La única localidad que presentó concentraciones inferiores fue punta Tres Picos, con un máximo de 0,6 $\mu\text{g/L}$. Los focos más importantes de **cloa** se registraron en las estaciones costeras de punta Lobos (> 10 $\mu\text{g/L}$), Arica (> 5 $\mu\text{g/L}$), en punta Copaca donde se registró el foco de mayor extensión hacia el oeste, superando las 20 mn con concentraciones > 3 $\mu\text{g/L}$ y un máximo > 6 $\mu\text{g/L}$ en las 10 mn, y en Antofagasta con un foco de concentraciones > 3 $\mu\text{g/L}$ dentro de las primeras 5 mn. En el sector oceánico, las concentraciones fluctuaron en torno a los 0,2 $\mu\text{g/L}$, destacando un foco de valores $> 0,5$ $\mu\text{g/L}$ entre las 60 y 80 mn frente a Arica y un foco de > 1 $\mu\text{g/L}$ ubicado en las 40 mn frente a punta Madrid.



Los feopigmentos (**feop**) superficiales (**Fig. 24b**) presentaron en general concentraciones inferiores a la **cloa**, fluctuando en torno a $0,1 \mu\text{g/L}$ en el sector oceánico. Los núcleos de mayor relevancia en el sector costero se registraron en punta Lobos ($> 2 \mu\text{g/L}$), Antofagasta ($> 1 \mu\text{g/L}$), Arica y Mejillones ($> 0,5 \mu\text{g/L}$).

3.10 Pigmentos integrados

El rango de clorofila integrada (**cloint**) estuvo entre 12 y 331 mg/m^2 (**Fig. 24c**). En esta distribución, los núcleos más importantes se registraron en focos costeros en punta Lobos, $> 180 \text{ mg/m}^2$, en un foco centrado en las 10 mn en punta Copaca con valores de **cloint** $> 300 \text{ mg/m}^2$ y en la estación costera de Antofagasta con valores $> 150 \text{ mg/m}^2$. En el sector oceánico, los valores de **cloint** en general se presentaron bajo los 20 mg/m^2 , destacando dos focos $> 40 \text{ mg/m}^2$ ubicados en las 40 mn frente a punta Madrid y frente a Antofagasta.

Los feopingmentos integrados (**feopint**) presentaron valores $< 20 \text{ mg/m}^2$ en el sector oceánico y en la mayor parte del sector costero desde punta Gruesa al norte, destacando un foco $> 20 \text{ mg/m}^2$ ubicado en las 40 mn frente a punta Madrid. Desde punta Lobos al sur, los valores aumentaron a $> 20 \text{ mg/m}^2$, con un máximo de $> 60 \text{ mg/m}^2$ en la estación costera de Antofagasta (**Fig. 24d**).

3.11 Distribución vertical de clorofila y feopigmentos

La mayor parte de las transectas presentaron núcleos subsuperficiales de valores $> 1 \mu\text{g/L}$ (**Fig. 25**). En general, en la vertical estas concentraciones, $> 1 \mu\text{g/L}$, no superaron los 30 m de profundidad. La única excepción a lo anterior, fue la transecta de punta Tres Picos donde el máximo fue $0,7 \mu\text{g/L}$.



Entre Arica y Punta Gruesa los núcleos productivos, $> 1 \mu\text{g/L}$, se observaron muy costeros, máximo 10 mn, aumentando su espesor de norte a sur desde superficie a 5 m en Arica y hasta 20 m en Punta Gruesa. Las mayores concentraciones de **cloa** superaron los $5 \mu\text{g/L}$ sólo en Arica, donde además se observó una lengua de valores $> 0,5 \mu\text{g/L}$ que se proyectó desde la costa hacia las 20 mn hasta una profundidad de 30 m. Las concentraciones más altas, se observaron en punta Lobos, $> 10 \mu\text{g/L}$, dentro de los cinco primeros metros en la estación costera. En punta Arenas el núcleo costero superficial, hasta los 10 m, de valores $> 1 \mu\text{g/L}$ se profundizó hacia las 10 mn ubicándose entre los 10 y 30 m. En punta Copaca, se registró el segundo núcleo de mayores concentraciones, siendo además el de mayor tamaño abarcando desde la costa hasta cerca de las 40 mn, ubicándose los mayores valores, $> 6 \mu\text{g/L}$, en las 10 mn donde el núcleo se extendió desde la superficie hasta los 30 m. En punta Hornos el núcleo sobrepasó las 10 mn con valores máximos $> 2 \mu\text{g/L}$ y un espesor de hasta 20 m. En la transecta de Bahía Moreno el núcleo costero de valores $> 4 \mu\text{g/L}$ se mantuvo dentro de las 5 mn abarcando desde la superficie hasta los 20 m, mientras que a los 30 m los valores $> 2 \mu\text{g/L}$ se extendieron hasta las 10 mn.

En el sector más oceánico núcleos de valores $> 1 \mu\text{g/L}$ se registraron entre los 20 y 30 m en las 20 mn de Arica; en las 40 mn frente a Punta Madrid, núcleo que abarcó desde la superficie hasta los 30 m; y en un pequeño núcleo ubicado en los 30 m de la estación de 40 mn frente a bahía Moreno.

Los feopigmentos (**feop**) (**Fig. 26**) presentaron núcleos $> 1 \mu\text{g/L}$ en las transectas de punta Lobos, punta Copaca, punta Hornos y en bahía Moreno, este último el de mayor tamaño. La concentración más alta, $> 2 \mu\text{g/L}$, se registró a nivel superficial



en la estación de 5 mn de punta Lobos. En las demás transectas, las concentraciones fluctuaron en torno a los 0,2 µg/L.

3.12 Monitoreo Satelital

3.12.1 Viento satelital

La distribución promedio semanal de viento superficial y magnitud de viento pueden ser observados en la **Figura 27**. En general, durante el crucero predominaron vientos < 10 m/s con dirección noroeste. El patrón espacial típico de la zona mostró menores intensidades de viento en la banda costera al norte de Tocopilla, la cual sigue la línea de costa en diagonal hacia el noroeste. Este sector presentó dos mínimos y dos máximos durante el periodo: valores entre 4 y 3 m/s durante la primera semana de crucero (**Fig. 27a**), los cuales se incrementaron en intensidad (<5 m/s) hacia la segunda semana de crucero (**Fig. 27b**), para disminuir a valores menores de 4 m/s durante la tercera semana de crucero (**Fig. 27c**), y aumentar levemente en la primera semana de septiembre (**Fig. 27d**). La zona al sur de Mejillones, a pesar de presentar mayores magnitudes tiene un comportamiento temporal similar que la zona ubicada más al norte. Las magnitudes observadas mostraron valores entre 4 y 7 m/s durante la primera semana de crucero, los cuales se incrementan a un rango entre 7 y 9 m/s entre la segunda y tercera semana de crucero para finalmente disminuir a un rango entre 4 y 7 m/s. La dirección predominante durante todo el crucero hace que la componente a lo largo de la costa, que es la que favorece la surgencia sea débil.

3.12.2 Temperatura superficial del mar satelital



Las imágenes satelitales permitieron recuperar información de toda la zona de estudio solamente para los últimos días de agosto y las primeras dos semanas de septiembre. La primera y segunda semana de cruceo (**Fig. 28 a y b**), aparecieron **TSM** menores a 15°C al sur de Tal-Tal, y algunos valores de 17°C frente a Tocopilla e Iquique.

Entre el 28 de agosto y 4 de septiembre (**Fig. 28c**), la zona al norte de Mejillones y hasta al norte de Arica predominaron temperaturas entre 17° y 18°C, mientras que hacia el sur hasta Antofagasta el rango fluctuó entre 16° y 17°C. Entre Taltal y Antofagasta se observaron **TSM** entre 15° y 16°C, mientras que al sur de Tal-Tal aparecieron TSM menores a 15° C. Entre el 5 y 12 de septiembre la situación es similar, aunque frente a Iquique tiende a desarrollarse una incipiente banda costera de bajas **TSM** la cual no había sido apreciada durante todo el cruceo (**Fig. 28d**).

3.12.3 Clorofila -a satelital

Durante la semana del 12 al 19 de agosto de 2008 (**Fig. 29a**), la nubosidad no permite extraer mucha información de la imagen satelital de **cloa**, sólo se observa una banda de relativamente altas concentraciones al norte de Arica y una estrecha manifestación frente a Taltal y punta Obispo. La segunda semana de cruceo (**Fig. 29b**) permitió observar el desarrollo de esta banda con concentraciones entre 5 y 1 mg/m³ entre Arica y Mejillones, frente a Antofagasta y Taltal.

La tercera semana de cruceo, entre el 28 de agosto y 4 de septiembre (**Fig. 29c**), es la más clara de la serie y mostró una banda costera que se desarrolló desde el sur de Perú hasta Mejillones, con saltos entre Iquique y punta Patache. Frente a Antofagasta esta banda costera se desarrolla y frente a Tal-Tal se retrae con respecto a la semana anterior (**Fig. 29d**). Es interesante notar que en el sector oceánico las concentraciones superan los 0,25 mg /m³, mostrando una extensión



de la zona de influencia del sector costero. Las concentraciones observadas en la banda costera fluctuaron entre 7,5 y 1 mg/m³. Entre el 5 y 12 de septiembre la banda costera tiende a incrementar su área espacial asociada a similares concentraciones. Lo anterior es especialmente claro frente a Antofagasta y punta Ballenita, donde se desarrolla un filamento.

3.12.4 Anomalías de nivel del mar satelital

Las anomalías de nivel del mar durante el mes de agosto (**Fig. 30**) mostraron fluctuaciones entre 6 y -5 cm, pero sin mostrar predominancia tanto de valores positivo o negativos, por lo que solamente aparecen describiendo estructuras espaciales del orden de la mesoescala.

Tanto el día 11 (**Fig. 30a**), 20 (**Fig. 30b**) y 30 (**Fig. 30c**) de agosto, predominaron flujos geostróficos (<10 cm/s) en general en dirección sur, cercanos a la costa, excepto en el área de convergencia hacia la costa formada frente a Tocopilla y el área frente a Pisagua que se desarrolla entre el 11 y 20 de agosto.

En la zona aparecieron una serie de giros de mesoescala. Dos giro ciclónicos se ubicaron en los 72°30'W centrados en los 19° y 21° S. Para el día 20 de agosto se ha desarrollado entre ellos un giro anticiclónico en los 20° S. Este trío de giros tiende a separarse hacia el 30 de agosto ya que el giro anticiclónico se mueve hacia la costa y los giros ciclónicos hacia el oeste. Frente a la península de Mejillones, se desprende desde una estructura de mesoescala ciclónica (**Fig. 30a**) asociada a la costa un giro ciclónico que tiende a moverse hacia el oeste generando la convergencia frente Tocopilla e intensificando el flujo hacia el sur. Tal flujo se convierte en una corriente de meandro frente a Taltal. Entre Mejillones y punta Ballenita, como también frente a punta Camarones, aparecieron corriente



cercanas a la costa que son las más intensas, del orden de 10 cm/s, mientras que entre Iquique y punta Arenas fueron menores a 10 cm/s.

3.13 Índice Ecuatorial Multivariado (MEI)

El índice Ecuatorial Multivariado (**MEI**), permite estimar las condiciones Ecuatoriales respecto a periodos fríos o cálidos (**Fig. 31**). El crucero MPH, realizado entre agosto y septiembre de 2008, aparece dentro del contexto del fin de un periodo frío, La Niña, y dentro de una fase de transición con valores del índice cercanos a cero.

3.14 Transporte de Ekman en la costa (Iquique y Antofagasta)

Los resultados del transporte de Ekman en Iquique (**Fig. 32a**), muestran evidencias del al menos dos ciclos de variabilidad, uno de 5 a 8 días y uno estacional. El primero, relacionado con la variabilidad del viento en la costa el cual genera periodos cortos de intenso transporte ($>500 \text{ m}^3/\text{s}-1$) separados por transportes cercanos a cero o negativos. Estos ciclos llegaron a valores máximos que superaron los $1000 \text{ m}^3/\text{s}-1$, e incluso los $2000 \text{ m}^3/\text{s}-1$ en septiembre. Los valores extremos de estos ciclos de 5 a 8 días presentaron importantes incrementos desde julio/agosto ($>1000 \text{ m}^3/\text{s}-1$) hacia septiembre/octubre ($>1500 \text{ m}^3/\text{s}-1$).

Estos ciclos y tendencias también son observados en Antofagasta (**Fig. 32b**), pero a diferencia de Iquique la separación entre cada ciclo esta marcada por una inversión en el transporte, es decir, una señal negativa indicando hundimiento de agua en la costa. También es evidente la tendencia estacional a incrementar los



valores extremos desde julio/agosto ($>500 \text{ m}^3/\text{s}-1$) hacia septiembre/octubre ($>1500 \text{ m}^3/\text{s}-1$).

En ambas estaciones aparecen eventos de corta duración (1 a 3 días), donde predominó la componente hacia el polo del viento, lo que produce transporte negativo con valores menores a $250 \text{ m}^3/\text{s}-1$, aunque con dos eventos que superaron los $500 \text{ m}^3/\text{s}-1$. La aparición de estos eventos es consistentes entre ambas estaciones lo que revela que corresponden a procesos o eventos de viento de gran escala más que efecto locales.

Durante el transcurso del crucero agosto/septiembre en general la zona de Iquique se presentaron 4 ciclos con máximos importantes. Espacialmente importantes ($\sim 1000 \text{ m}^3/\text{s}-1$) son los máximos que aparecieron durante la segunda/tercera semana de agosto. Estos se sucedieron consecutivamente durante la primera semana de crucero. Otro máximo importante ocurrió durante la última semana de crucero, este representa el máximo de la serie, el cual se observó por app. 3 días ($\sim 2500 \text{ m}^3/\text{s}-1$). También cabe señalara que durante el periodo de muestreo también se observó el evento más importante de transporte negativo ($\sim 500 \text{ m}^3/\text{s}-1$) de la serie de Iquique.

En Antofagasta, durante el muestreo, se observaron 3 ciclos positivos importantes con los valores más extremos ($<1300 \text{ m}^3/\text{s}-1$) de la serie, centrados entre la 3^a semanas de agosto y comienzos de la 2^a semana de septiembre. Cabe señalar que estos 3 máximos son consistentes con los observados en Iquique.

3.15 Anomalías de nivel del mar en la costa (Iquique y Antofagasta)



Las series de tiempo de anomalías de nivel del mar, resultado de los datos de nivel del mar de los puertos de Iquique y Antofagasta se presentan en la **figura 33**. Estas series muestran que en el periodo 2005-2008, aparecieron fluctuaciones importantes y periódicas en el nivel del mar. Entre los veranos de 2005 y 2007 el nivel de ambas estaciones presento máximos valores (~15 cm), que se repite a mediados de 2008. Además cada 30 a 60 días fluctuaciones con amplitudes del orden de 10 a 15 cm se repitieron en el registro de ambas estaciones.

Durante el periodo del crucero, el nivel del mar se encontraba en fase negativa, es decir, con una **ANM** del orden de -8 cm en ambas estaciones. La fase o tendencia de la **ANM** en este período mostró un decaimiento hasta alcanzar su menor valor (~ -12cm) en el mes posterior a la finalización del crucero. A pesar de esto, durante el crucero la **ANM** se encuentra en la fase positiva de una fluctuación del orden de semanas (30-60días), lo que puede estar indicando una **ANM** influenciada por una perturbación remota.

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

4.1 Número de lances en muestreo de adultos

Los lances de pesca efectuados por las distintas embarcaciones que participaron en la recolección de los ejemplares de anchoveta fueron 134 en total, de éstos, 60 resultaron efectivos (**Tabla 6; Fig. 34**).

4.2 Número de anchovetas muestreadas en cada lance



En los lances con presencia de hembras hidratadas, se muestrearon 30 hembras, considerando que este tamaño de muestra garantiza un coeficiente de variación inferior al 20% para fracciones desovantes altas y bajas, tanto para las estimaciones a partir de **FPO** de día 1, como de día 2 y la combinación de ambos, según lo planteado en Propuesta Técnica, las que se analizaron histológicamente de acuerdo a lo propuesto por Rojas y Oliva (1993), con el fin de registrar la incidencia de folículos postovulatorios para la determinación de la frecuencia de desove.

4.3 Distribución espacial de anchoveta

La distribución espacial adoptada por los ejemplares adultos de anchoveta durante el período de estudio, fue reducida, extendiéndose latitudinalmente desde el límite norte de la prospección (Arica) hasta el norte de Tocopilla ($21^{\circ}48'S$) y desde la costa hasta una distancia máxima de 30 mn.

Particularmente se detectó anchoveta en las estaciones costeras (dentro de las primeras 5 mn) al norte del puerto de Iquique en el sector comprendido entre Pisagua a Punta Piojo, congregándose en este sector el 16% de los lances efectivos, el resto de los lances se concentraron al sur de Iquique entre Caleta Toyo a Caleta Caramucho y el sector comprendido entre Pabellón de Pica y Caleta Lautaro con un 18% y 49% de los lances efectivos respectivamente (**Fig. 24**).

La distribución latitudinal adoptada por la anchoveta durante este período, fue similar a la observada durante el año 2007, pero con una menor cobertura longitudinal.

4.4 Distribución de tamaños de ejemplares de anchoveta



Durante el crucero se midieron 7.384 anchovetas, cifra 10,7% menor respecto al número de ejemplares analizados durante el crucero del año 2007. Del total medido, 4.262 correspondieron a ejemplares machos, 3.025 a hembras y 97 a ejemplares indeterminados. El rango de tallas observadas en los machos estuvo comprendido entre los 9,5 a 17,5 cm de longitud total, con una moda en los 14,5 cm, talla donde se registró el 17,9% de los individuos medidos. Por su parte, las hembras presentaron un rango de tamaño comprendido entre los 10,0 y 17,5 cm de longitud total, con una moda en los 15 cm, exhibiendo el 16 % de los ejemplares este tamaño de longitud (**Fig. 35 a y b**). Además se mostraron 97 ejemplares indeterminados, provenientes de 5 lances de pesca realizados en las inmediaciones de Arica e Iquique, los cuales representaron el 1,3% del total de ejemplares analizados y cuyas longitudes fluctuaron entre 8,5 y 11 cm.

Cabe señalar que para el cálculo de la moda, así como también, la distribución de tamaños de los ejemplares, los datos fueron tabulados en tablas de distribución de frecuencias desde donde se obtuvo la proporción de individuos a la talla (distribución de tamaños) y la longitud con mayor frecuencia presente en la muestra (moda), siguiendo el procedimiento descrito para análisis descriptivo de datos (Canavos, 1988; Pérez, 2005).

4.5 Proporción sexual en peso de hembras maduras

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó una amplitud comprendida entre 0,13 y 0,70 con un promedio de 0,45, una varianza igual a 0,00022 y un coeficiente de variación de 3,4%.

4.6 Peso promedio de hembras maduras



El peso total del cuerpo de hembras hidratadas, estadio que se caracteriza por el incremento temporal del peso producido por la retención de agua en el ovario, se calculó de acuerdo al ajuste obtenido de una ecuación lineal estimada con aquellas hembras maduras de cada lance y que histológicamente no clasificaron

como hembras hidratadas (**Fig. 36**), cuyos resultados son:

$$PT = 0,1365 + 1,0456 * (PT - PG)$$

$$r^2 = 0,996$$

$$n = 1694$$

Donde:

PT : Peso total (g)
PG : Peso Gónada (g)

Además, los datos fueron corregidos por efecto de la fijación.

El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas en 60 lances, fluctuó de 13,69 a 28,33 gramos. El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 21,83 gramos, con una varianza de 0,265 y un coeficiente de variación de 2,4%.

El factor de corrección por el efecto de la formalina fue de un 98,33% y 100,81% para hembras y machos respectivamente (i.e. Hembras perdieron peso y machos ganaron peso al estar en formalina).

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



Producci3n diaria de huevos

La frecuencia relativa (%) del n3mero de huevos por estadio de desarrollo en cada a3o de aplicaci3n del m3todo en la zona norte revela una alta variabilidad interanual, siendo el patr3n recurrente la tendencia decreciente hacia los estadios m3s avanzados y la baja disponibilidad de huevos en el Estadio I y XI, los primeros por ser huevos recientemente desovados y los segundos por su alta probabilidad de eclosi3n. El a3o 2008 presenta el mismo patr3n, en donde se observan tres modas centradas en los Estadios II, IV-V y VIII-IX respectivamente. Existe una mayor representaci3n del Estadio II, observ3ndose una disminuci3n paulatina a partir de este (**Fig. 37**), situaci3n que es normal debido a la mortalidad natural de los huevos que provoca el decaimiento en la abundancia de los sucesivos estadios. Si se cambiara en el eje x el estadio por la edad media de cada estadio, debi3ramos obtener una curva de mortalidad media para el crucero. Las menores abundancias de los estadios III y VII que se alejan del patr3n de decaimiento, se deben por un lado a los procesos aleatorios de encuentro (i.e colecta) y a que no todos los estadios tienen la misma duraci3n y por tanto tiene distinta probabilidad de captura.

Si se cambiara en el eje x el estadio por la edad media de cada estadio, debi3ramos obtener una curva de mortalidad media para el crucero. Las menores abundancias de los estadios III y VII que se alejan del patr3n de decaimiento, se deben por un lado a los procesos aleatorios de encuentro (i.e recolecta) y a que no todos los estadios tienen la misma duraci3n y por tanto tiene distinta probabilidad de captura.

Nota: el “estadio” no es una variable continua, por tanto no se puede hablar de “modas”.



La distribución de huevos de anchoveta se muestra muy concentrada hacia la costa, con casi nula presencia hacia zonas más oceánicas (**Fig. 7**).

Asignación de edad a Huevos

Como fue señalado en metodología, se aplicaron dos metodologías para la asignación de edad a los huevos de anchoveta, correspondientes a la metodología tradicional de Lo (1985) y al Modelo Multinomial

Estimación tradicional de Lo:

La ecuación utilizada en esta oportunidad, a diferencia de aplicaciones anteriores del método, corresponde a la ajustada para *Engraulis ringens* de la zona norte de Chile, en base a los datos del experimento de incubación de Soto (2001) y que se encuentran detallados en Claramunt *et al.* (2007). Los parámetros de la ecuación se entregan en la **Tabla 7**.

Modelo Multinomial

El modelo probabilístico multinomial a los datos de anchoveta zona norte utilizado para la datación de huevos se entrega en **Figura 38, Tabla 8**.

Estimación de P_0

En la **Tabla 9** se entregan los resultados de las estimaciones de P_0 y Z según las dos metodologías contenidas en los paquetes *eggs* y *eggsplore* de R. Para el “Modelo de Lo GLM” la desviación estándar de la edad de los huevos para el estadio es tomado de los experimentos de incubación. En el caso del Modelo



Multinomial se especificó la desviación estándar en 1,5 horas en el parámetro “Spawn.sig” dentro de “depm.control” en el paquete *eggs* de R.

La producción diaria de huevos estimada para el modelo de Lo es de 92,97 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 0,27. En el modelo multinomial la estimación es de 24,68 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 0,32.

Una vez ponderados por la proporción que es el área positiva respecto del área total, la producción diaria de huevos (**Fig. 39**), muestra dos situaciones distintas entre los modelos de datación utilizados. El modelo de Lo entrega un aumento respecto del año 2007 y el modelo Multinomial muestra una estabilidad respecto del año anterior. Sin embargo, este último debe ser tomado con cautela dado que el parámetro de mortalidad de los huevos (Pendiente en el modelo de estimación) resultó no ser significativamente distinto de cero ($P > 0,05$; **Tabla 9**).

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

Se analizaron 1.800 hembras, correspondientes a 60 lances provenientes de la Pesca de Investigación (**Tabla 10**).

El análisis histológico de los ovarios indicó que el 100% de las hembras se encontraban activas. El comportamiento reproductivo de la anchoveta evidencia que el Crucero se efectuó durante el máximo proceso de desove.



Fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta

La distribución horaria de los estadios ováricos y FPO obtenidos en el proyecto FIP 2006-38 (Claramunt *et al.*, 2007) representada en la **Figura 40**, indica que los estadios vitelados se manifiestan a todas horas del día. Los estadios en maduración muestran un decaimiento hacia horas de la tarde, que coinciden con el incremento de las hembras hidratadas hacia horas de la tarde, con un máximo hacia las 17:00 horas. Hay un claro pico en la incidencia de hembras con FPO I entre las 23:00 y 24:00 hrs. Esta moda de los FPO I se va desplazando en el tiempo en los FPO II; III y IV y se va incrementando su amplitud. La distribución del estadio FPO V presenta dos picos, uno a las 19:00 horas y otro secundario a las 00:00 horas, el que correspondería a una noche anterior de desove (i.e. > 24 horas). La evolución temporal de los estadios FPO VI y VII son casi similares, con un máximo relativo a las 10:00 y 16:00 horas respectivamente, pero que correspondería al 2º día después del desove. Sin embargo, los últimos cuatro estadios de FPO se extienden casi todo el día, quizás debido a que los muestreos fueron diurnos, donde hay más probabilidad de encontrar estadios de FPO más avanzados y una posible combinación de distintas cohortes desovantes.

Para el año 2008, la distribución horaria de los FPO muestra la misma tendencia que la obtenida para los años 2004 al 2006 (**Fig. 41**). En donde los FPO del I al IV provendrían de la misma noche de desove y por tanto se consideran pertenecientes al grupo de menores de 24 horas. Los FPO V a VII tendrían una edad mayor a 24 h, sin embargo queda la duda si pueden corresponder al grupo de 24 a 48 h de edad, especialmente los FPO VII pueden corresponder a edades mayores a 48 h, por lo que no se recomienda su utilización para efectos de cálculo.



Considerando los FPO de I al IV como correspondientes a edades menores a 24 horas, la fracción diaria de hembras desovantes se estima en 0,298 con una varianza de 0,00070 y un coeficiente de variación de 9%.

Es necesario señalar que los criterios de datación de los FPO cambiaron desde el año 2007 respecto de las evaluaciones anteriores, debido a los avances ya señalados en el proyecto FIP 2006-38 (Claramunt *et al.*, 2007), por lo que no se pueden realizar comparaciones válidas con estimaciones de años anteriores al 2007.

7. Objetivo específico 2.6 “Estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal, el modelo de regresión correspondiente a esta relación, y la fecundidad media poblacional, con sus respectivas varianzas”.

La estimación de la fecundidad parcial de anchoveta se realizó sobre la base del recuento de ovarios clasificados histológicamente como hidratados, sin presencia de folículos postovulatorios.

En el ajuste de la fecundidad parcial en función del peso corporal (**Fig. 42**), para las 121 hembras que efectivamente clasificaron microscópicamente como hidratadas, se utilizó el modelo de tipo lineal para los cálculos de fecundidad media poblacional. El modelo de tipo lineal es preferible debido a (Hunter *et al.*, 1985): 1) Explica mejor la variación que los curvilíneos; 2) sus coeficientes de regresión tienen significado biológico; 3) para la estimación de producción de huevos, la fecundidad de los ejemplares en los extremos (grandes y pequeños) no



es tan cr3tica como en la de los rangos medios, los que son bien explicados por el modelo lineal simple.

$$\begin{aligned} \text{Fecundidad} &= 134.31 + 713,99 * (W) \\ n &= 121 \\ r^2 &= 0,34 \\ S_a &= 1628,23 \\ S_b &= 90,545 \\ S_{yx} &= 2506,504 \\ \text{Suma Cuadrados residual} &= 747.624.697 \end{aligned}$$

La regresi3n de los residuos (i.e. Fecundidad observada-Fecundidad estimada) en funci3n del Peso Corporal (Variable independiente) indica una pendiente ($1,88 \cdot 10^{-11}$ con un error estandar de 90,54) no significativamente distinta de cero ($P = 0.9999$) y un intercepto ($-3,67 \cdot 10^{-10}$ con un error estandar de 1628,23) no distinto de cero ($P = 1$), indicando que no existen problemas de homocedasticidad (Zar, 1984). Por otro lado el ajuste de otros modelos como son el Potencial y Exponencial rinden una mayor suma de cuadrados residual: 753.485.365 y 766.345.806 respectivamente, en comparaci3n al modelo lineal.

La regresi3n ajustada para el a1o 2008 predice una de las m3s altas fecundidades dentro de la serie, siendo similar a la estimada en el a1o 1996 (**Fig. 43; Tabla 11**).

La fecundidad parcial promedio, utilizando el ajuste correspondiente a los del 2008 de acuerdo a los 60 lances efectivos vari3 de 9.423 a 19.431 ovocitos por hembra. La fecundidad media poblacional resulta de 14.920 ovocitos, con una varianza de 198.784 y un coeficiente de variaci3n de 3%. Este estimado resulta m3s alto en comparaci3n a a1os anteriores 2005, estando dentro de los valores m3s altos de la serie (**Tabla 12**).



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

La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 532.132 ton, con una varianza de 1,019E+11 y un coeficiente de variación de 60%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 141.270 ton con una varianza de 9.60 E+9 y un coeficiente de variación de 69%. Estas diferencias se explican por los distintos ajustes de acuerdo a la datación de los huevos y que en el caso del Modelo Multinomial conducen a una estimación en la que el valor de la pendiente no es significativa ($P > 0,05$; **Tabla 9**), por tanto estima una producción diaria de huevos muy baja (**Fig. 39; Tabla 13**). Sin embargo, ambas estimaciones están dentro de las más bajas de la serie (**Fig. 44**). Esta baja biomasa también se ve influenciada por el hecho que el área de desove detectada en el año 2008 está dentro de las más bajas de la serie histórica (**Fig. 45**).

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

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

La distribución geográfica de huevos se presenta en la **Figura 46**, para las temporadas de invierno para el período 1992-2008. De la misma manera, en las



Figuras 47 y 48 se observan las reparticiones espaciales de la temperatura y salinidad de igual período.

En el año 1992, la repartición espacial de los huevos se relacionó con regulares concentraciones. El foco que registro las mayores densidades se repartió desde Pisagua hasta Iquique en las primeras 15 mn de la costa, en términos espaciales se puede visualizar que los mayores focos se encuentran asociados a los bordes internos que forman las aguas de 15 y 16°C (**Fig. 49a**). En el caso de la salinidad, éstas registraron altos valores asociados al evento “El Niño”, incluso alcanzando los 35,5 psu al norte de Iquique (**Fig. 48**). La asociación entre las variables muestra que los huevos se encuentran desde los 34,7 a 35,2 psu con una nítida predominancia en salinidades entre los 34,8 y 35 psu (**Fig. 49b**).

En los años 1995 y 1996, los huevos exhibieron un bajo comportamiento territorial pero con focos que tuvieron mayores niveles de concentraciones; es así como es posible detectar núcleos muy densos que se localizaron entre Iquique y Tocopilla vinculados preferentemente a aguas de 14-16°C y a bordes de gradientes térmicos (**Fig. 47 y 49a**). En cuanto a las salinidades, se destaca el descenso de los registros, los cuales no superaron los 35,1 psu, situación por la cual los huevos de la especie tienden a agruparse en un rango de salinidades más bajas de 34,3 a 34,9 psu, con una preferencia por los 34,5-34,7 psu (**Fig. 49b**).

En el año 1997 se observó una repartición espacial diferente que años precedentes con una distribución mucho más desplazada hacia el sur debido a los efectos del fenómeno ENOS, detectándose tres núcleos principales: el primero se localizó frente a Arica muy pegado a la costa; el segundo se ubicó frente a punta Lobos (latitud 21°S) a una distancia de 40-50 mn y es el más importante; y el tercero se situó entre Mejillones y Antofagasta (**Fig. 46**). Por parte de la temperatura mostró un gran



aumento debido al fenómeno ENOS, destacándose que el núcleo de mayor densidad de huevos está relacionado con el borde costero de las aguas de 18-19°C (**Fig. 47**), en este año los huevos se presentaron en un rango de 15-21°C, con una predilección por las temperaturas de 17-18°C (**Fig. 49a**). De igual manera la salinidad experimentó un importante incremento, en este año los huevos se distribuyen en el rango 34,7-35,2 psu, y se relacionan mayoritariamente a salinidades superiores a los 34,8 psu (**Fig. 49b**).

En el período 1999-2001, la cobertura territorial de los huevos disminuyó significativamente (a excepción del año 2000) siendo de las menores de los años analizados, sin embargo se detectaron núcleos de grandes densidades, un primer sector se extendió desde el sur de Iquique hasta las proximidades de Tocopilla en una zona que no sobrepasa las 25 mn de la costa; el segundo se observó a unas 50 mn frente a Tocopilla y el tercero se emplazó entre Mejillones-Antofagasta y se caracterizó por una altísima densidad de huevos (supera los 1.500 h/0,05m²) y por su cobertura netamente costera en las primeras 10-15 mn de la costa. Respecto a la relación con la temperatura se observó que el primer núcleo se encuentra en aguas surgentes en tanto que el último y más importante está asociado a una masa de aguas frías de temperaturas de 13-14°C (**Fig. 47**), en estos años los huevos se ubicaron entre los 12° y 17°C, sin embargo las más altas concentraciones se encuentran relacionadas con aguas de 15 y 16,9°C. En cuanto a las salinidades observadas, éstas decaen considerablemente y se ubican en el estrato 34,1-35,2 psu, a su vez, estos años la ocupación espacial de los huevos es muy baja, no obstante la baja cantidad de huevos de la especie, éstos se concentraron en el estrato 34,7-35,1 psu y se asocian mayoritariamente a la moda de 34,7-34,89 psu (**Fig. 48 y 49b**).



En el período 2002-2003 hubo un aumento en la extensión espacial de los huevos, con una gran cantidad de estaciones positivas en el año 2002, en este período se destacaron dos grandes focos: el primero se localiza al sur de Arica y se extiende incluso hasta el oeste de los 71°W , este foco se caracteriza por presentar densidades intermedias y el segundo núcleo se ubica entre Iquique y el Loa y abarco un área de casi 1.000 mn^2 y logro densidades superiores a los $1.000 \text{ h}/0,05\text{m}^2$. En cuanto a su asociación con la temperatura, los núcleos se encontraron en aguas que fluctúan entre los 13 y 17°C y en sectores de gradientes térmicos relevantes (**Figs. 47 y 49a**). Respecto a la salinidad, los huevos se localizaron en el estrato de $34,4$ - $35,2$ psu, con una nítida predilección por el estrato $34,7$ y $34,8$ psu, lo que es coincidente con lo expuesto en años anteriores (**Figs. 48 y 49b**).

Durante los años 2004-2006, hay un leve crecimiento en la cobertura geográfica de los huevos, en especial en el sector ubicado al norte de Iquique. En estos años, se observaron tres focos principales: el primero se localizo frente al puerto de Arica y es un foco oceánico que registra las mayores concentraciones con densidades superiores a los $1.000 \text{ h}/0,05\text{m}^2$ y que abarco aproximadamente 280 mn^2 ; el segundo centro se ubico frente a Iquique en un sector muy costero que esta restringido por el borde interno de las aguas surgentes de 15°C y cubre un área aproximada de 700 mn^2 ; por último el tercer núcleo se situó entre Pta. Lobos y Tocopilla y también esta restringido por el borde interno de las aguas de 15°C , logra densidades superiores a los $500 \text{ h}/0,05\text{m}^2$ en un área aproximada de 800 mn^2 . En relación al temperatura, como se mencionó anteriormente, los núcleos principales quedan restringidos por el borde interno de las aguas de 15°C y las mayores abundancias se logran en aguas de 14 y 15°C . En cuanto a la salinidad, los huevos de la especie se asentaron en el rango $34,4$ - $35,1$ psu, con una moda en el estrato $34,6$ - $34,9$ psu (**Figs. 48 y 49b**).



En los a1os 2007-2008 se vuelve a registrar una disminuci3n geogr1fica de los huevos, siendo la menor de la serie analizada. Estos a1os no se presentaron grandes densidades y solamente se obtienen buenos registros en el sector costero frente de Arica con registros superiores a los 500 h/0,05m² y que abarcaron un 1rea de app 100 mn²; adem1s se observ3 un foco relevante entre Iquique y el r3o Loa en las primeras millas de la costa y un n1cleo con altas densidades en los alrededores de Antofagasta. En t3rminos espaciales se puede visualizar que los mayores focos estuvieron asociados a los bordes que forman las aguas de 15 y 16°C (**Fig. 47**).

9.2 An1lisis de los Centros de Gravedad (CG)

El estudio de los CG exhibi3 que 3stos no mostraron un comportamiento territorial muy acotado. Sin embargo se lograron visualizar ciertas tendencias en algunos a1os. As3 en el a1o 1992, el CG se localiz3 frente a Iquique siendo 3sta una de las posiciones m1s septentrional de todo el per3odo, debido a que los focos de mayor abundancia se localizaron al norte de Iquique (**Figs. 46 y 50**). Durante 1995 el CG sufri3 una gran migraci3n superando incluso la cuadra de Tocopilla, situ1ndose en la posici3n m1s meridional de todo los a1os analizados, esto se debi3 a la repartici3n geogr1fica de los huevos que estuvo centrada mayoritariamente al sur de los 21°S no detect1ndose n1cleos relevantes al norte de esta latitud; asimismo, el foco principal se ubic3 en las proximidades de Tocopilla. Por su parte, 1996 vuelve a exhibir un cambio en la distribuci3n de los huevos ya que virtualmente no existen registros de huevos al sur de Mejillones y adem1s se produce una gran concentraci3n al SW de Iquique a una distancia de 40-50 mn de la costa, lo que implic3 que el CG se ubique en una regi3n bastante oce1nica a unas a unas 35 mn de la costa (**Figs. 46 y 50**).



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

En el período, 1999-2001 los CG se localizaron levemente desplazados al SW del río Loa, lo que es representativo de que en ese período en que las mayores agregaciones se registraron en los alrededores de Tocopilla o bien en Mejillones. En este período se destacó el año 2001 que presentó un CG muy costero emplazado a unas 6-7 mn de la costa, debido a que ese año los huevos se reportaron mayoritariamente en las primeras millas de la costa (**Figs. 46 y 50**). Durante los años 2002-2003, los CG continúan posicionándose en la cercanías del río Loa pero más corridos hacia el norte, en estos años los CG también se situaron en posiciones bastante costeras que no sobrepasaron las 10 mn de la costa y que tienen relación con los mayores focos de abundancia que se encuentran en las primeras millas de la costa, en sectores de gradientes térmicos relevantes.

En los años 2004-2005, los CG migraron hacia sectores oceánicos a unas 40 mn de la costa debido principalmente a los focos emplazados frente al río Loa y Tocopilla los que están directamente relacionados con las grandes densidades que se registraron en esos lugares. En el año 2006 el CG se situó a unas 25 mn de la costa (al NW de pta. Lobos) influenciada por las altas densidades que se presentaron en las proximidades del río Loa (**Fig. 50**).

El 2007 debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento “La Niña”, los huevos cambian notablemente de comportamiento geográfico respecto de



años precedentes, este año se observó una distribución mucho más desplazada hacia el norte, que es coincidente con aguas de 14 y 15°C, por lo que el CG también se trasladó en dirección norte y se situó frente a Pisagua a unas 30 mn de la costa. En tanto el 2008 el CG vuelve a posicionarse en las cercanías del río Loa a unas 10 mn de la costa.

9.3 Análisis exploratorio de datos

En los años analizados se han monitoreado un total de 9034 estaciones, de las cuales se registraron las variables predictoras, latitud, longitud, temperatura y salinidad superficial del mar, ésta última presenta para el año 1992 una gran cantidad de estaciones sin información (86% de un total de 542 estaciones) (**Tabla 14**), hecho que repercute en el ajuste de los modelos, por lo que este año se ha excluido del análisis. Además de las variables predictoras mencionadas se contabilizó el número de huevos y por consiguiente, la presencia o ausencia de éstos. Del total de estaciones analizadas, aproximadamente un 30 % de éstas registró la presencia de huevos, observándose una densidad media por estación positiva del orden de 60 huevos/0,05 m² (**Tabla 15**).

En la **Tabla 15** se detalla por año el número de estaciones totales, el número de éstas con presencia y ausencia de huevos y la densidad media para las estaciones positivas y el total. En cuanto a la presencia de huevos, los años 2000 y 2002 presentaron la mayor proporción de estaciones positivas con un 42% y un 53%, respectivamente; mientras que el menor número de estaciones con presencia de huevos correspondió al año 2001 y el 2007, con un 12% y un 14% respectivamente, evidenciando para el año 2008 un leve aumento del 5 %, aun por debajo del promedio histórico (**Fig. 51**).



Respecto a la densidad de huevos para las estaciones positivas, el mayor índice se registró en el año 2001 con 125 huevos/0,05 m², año que presenta la menor proporción de estaciones positivas registradas. Se observa un aumento en la densidad media de huevos a partir del año 1999 y hasta el año 2006 en comparación con los años anteriores y el 2007, donde se registraron densidades medias entorno de los 40 huevos/0,05 m². Los años 2003, 2005 y 2008 presentan las segundas mayores densidades medias con valores entre los 70 y 80 huevos/0,05 m² respectivamente. Los años 1999, 2000, 2002, 2004 y 2006 presentan densidades medias que varían entre los 50 y 58 huevos/0,05 m² (**Fig. 51 y Tabla 15**).

La densidad media estimada para el total de estaciones presenta los menores registros en los años 1996 y 2007, producto de existir una baja presencia de estaciones con huevos y menores densidades medias para las estaciones positivas en esos años. Similar a lo observado para las estaciones positivas, a partir del año 1999 y hasta el 2005 se observa un aumento en la densidad media con valores que fluctúan entre los 15 y 30 huevos/0,05 m², y disminuyendo hacia el último año. Las mayores densidades medias se registran los años 2000, 2002 y 2005 producto de una mayor proporción de estaciones con registro de huevos y densidades medias moderadas a altas.

Las estadísticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura superficial y salinidad superficial, junto a las variables de interés densidad de huevos se presentan en la **Tabla 16**. En los 14 años se cubrió un área muy similar, que abarca latitudinalmente de los 18°23' y 26°3' S y longitudinalmente de los 70°5' y 72° 12' W. El año 1997 presenta la mayor temperatura superficial del mar promedio con 18° C, mientras que el año 2007 registro las menores temperaturas fluctuando entre los 12,4° C y 16° C con una



media de 14° C. El año 2008 junto a los restantes años, registran una temperatura superficial del mar promedio entorno a los 16 °C, con un máximo rango de variación para el año 1995 de 7°C. Para la salinidad superficial del mar, históricamente se han observado promedios en el intervalo de los 34,66 y los 34,98 psu con un rango máximo de variación de 1,4 psu el año 1999.

9.4 Modelamiento estadístico

Los resultados del ajuste de los modelos aditivos generalizados para cada set de datos se resumen en la **Tablas 17 y 18**. Los modelos de efectos principales de cuatro covariables (latitud, longitud, temperatura y salinidad superficial) y un factor correspondiente al año, fueron significativos, con pseudo-R² de 0,15 y 0,09 para los modelos de presencia de huevos y densidad de huevos para las estaciones positivas, respectivamente.

9.4.1 Análisis de presencia/ausencia de huevos

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

Los predictores incorporados en el modelo presentaron un comportamiento no-lineal, confirmado a través de la prueba F (**Tabla 17**). La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en la **Figura 52**.



En el caso de la presencia de huevos, se puede observar que latitudes (**Lat**) inferiores a los 23°S (al norte de Mejillones), existe un efecto positivo en encontrar estaciones con presencia de huevos, esto cambia gradualmente al sur de ésta latitud, mostrando un efecto negativo. Por su parte, la longitud (**Lon**) tiene un efecto positivo para valores entre los 70°36' y 71°12' W y negativo a longitudes mayores, es decir el proceso de desove aparece más vinculado a la zona costera que oceánica. En relación con la variable temperatura superficial (**TSM**), se observa una ventana positiva para valores entre los 15° y 17° C, mientras que para temperaturas fuera de éste intervalo el efecto es negativo. La variable salinidad (**Sal**) muestra una alta incertidumbre en el suavizador a salinidades inferiores a las 34,4 psu a consecuencia de la baja ocurrencia de éstas, no se observa un efecto en la presencia de huevos por estación para las otras salinidades (**Fig. 52**).

Finalmente, a partir de los modelos ajustados se puede observar una señal interanual de la respuesta (**Fig. 54**). La señal asociada a los años analizados indica que existió una menor probabilidad de éxito de encontrar estaciones con presencia de huevos los últimos dos años y los años 1995, 1996, 1999, 2001 y 2003. Los demás años presentan una mayor probabilidad de encontrar estaciones con presencia de huevos.

Análisis de la densidad de huevos

Para caracterizar la relación entre la densidad de huevos con variables de localización y oceanográficas, se modeló la variable respuesta (logaritmo de la densidad) considerando una distribución de probabilidades normal, con función de enlace identidad y un ajuste a través de un método robusto.



Los predictores incorporados en el modelamiento de la densidad de huevos presentaron un comportamiento no-lineal (**Tabla 18**). La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en la **Figura 53**.

Las estaciones con presencia de huevos se observan en todo el rango de latitud cubierto, pero con una mayor concentración de éstas al norte de los 24°30' S., de igual manera la función suavizada para la latitud muestra que al norte de los 23° S existe un efecto positivo sobre la densidad de huevos y la influencia es negativa a latitudes superiores. Por su parte, el efecto de la función suavizada para la longitud muestra que el proceso de desove aparece vinculado a una zona más costera que oceánica, teniendo un impacto positivo gradual en la densidad de huevos el área localizada al este de los 70°33' W. En relación a la temperatura, se puede observar que las estaciones con huevos se localizaron principalmente entre los 14° y 18° C y que temperaturas inferiores a los 17° C tienen un efecto positivo sobre la densidad de los huevos, sobre ésta temperatura la influencia es negativa. Cabe destacar que temperaturas fuera del intervalo de los 15,5° C y los 17,5° C, poseen una alta incertidumbre en la estimación reflejada por las amplias bandas de confianza del suavizador.

La figura relacionada con la variable salinidad, muestra que los huevos estuvieron presentes en un rango que va entre las 33,8 y 35,3 psu. No se observa un efecto sobre la densidad de huevos a salinidades mayores a los 34,8 psu y la función suavizada presentó una alta variabilidad para salinidades fuera del intervalo de las 34,50 y 35,10 psu., reflejada en la amplitud de las bandas de confianza (**Fig. 53**).

La contribución parcial del factor periodo indica que este último año como los años 1997, 2000, 2002, 2004 y el 2005 se tuvo un efecto positivo en la densidad de



huevos, coincidiendo con la mayoría de los años con mayor probabilidad de éxito de encontrar estaciones positivas. La mayor densidad se registro en el año 1997.



VIII. DISCUSI3N

La anchoveta se caracteriza por presentar un comportamiento reproductivo con una marcada estacionalidad. El patr3n normal de la actividad reproductiva en la zona norte abarca invierno-primavera, con un decrecimiento en verano y un reposo sexual relativo en oto3o.

De acuerdo al an3lisis hist3rico de los indicadores reproductivos macrosc3picos y microsc3picos, el per3odo de pleno o m3xima actividad de desove en la zona norte se inicia durante las semanas de julio, con mayores valores en el bimestre agosto-septiembre.

La tendencia de los valores de **IGS**, as3 como la evoluci3n del **IAD** e **IAO** en 2008, se3alan la estacionalidad de desove descrita para la anchoveta de la Zona norte. El desarrollo del proceso reproductivo en 2008 es concordante con lo visualizado en a3os normales recientes (2003, 2005 y 2006), en que la plena actividad de desove se manifest3 desde mediados de julio, mientras que en 2007, el m3ximo desove se adelant3 a principios de julio, en tanto, en 2002 y 2004, se atras3 a comienzos de agosto.

En relaci3n a la intensidad y extensi3n espacial del desove, las densidades promedio por estaciones positivas y totales, muestran un incremento en ambos 3ndices con respecto al invierno de 2007, aumentando la intensidad del desove en un 71% y la cobertura geogr3fica de este en un 133%% .

En t3rminos generales, la densidad promedio de las estaciones positivas por transecta para los huevos de anchoveta, tendi3 a disminuir de costa a mar afuera y de sur a norte. En relaci3n al n3mero de huevos, el invierno de 2008 present3 un



porcentaje de cambio igual a 107% con respecto al crucero MPH precedente, constituyéndose en el séptimo registro más importante de la serie 1992 – 2008.

La distribución de huevos a diferencia de otros años, se observó muy próxima a la costa excepto frente a Arica, Iquique y al norte de punta Tres Picos. Esta distribución particular parece estar asociada espacialmente al comportamiento de las corrientes geostróficas, ya que en general tienen dirección sur y hacia la costa, produciendo un efecto de acumulación e incluso hundimiento en la zona costera. Este efecto está evidenciado por la presencia de anomalías positivas del nivel del mar a lo largo de toda la zona costera y explicaría la estrecha banda costera observada en clorofila y la acumulación de huevos en casi toda la zona de estudio. Dentro de este contexto, las corrientes hacia fuera de la costa o divergentes, son consistentes con los núcleos de huevos observados en los puntos alejados al norte de punta Tres Picos. Mientras que frente al puerto de Arica e Iquique, la dirección de las corrientes y la distribución espacial de los huevos permiten suponer la existencia de una gran cantidad de huevos que provienen desde el sur de Perú y que debido a la curvatura del continente son fácilmente arrastrados cuando las corrientes apuntan hacia el sur. Además se puede inferir que esta distribución se proyectó frente a Iquique, por una corriente directamente paralela a la costa. En el contexto de la zona entre Arica e Iquique habría una puesta local y supuestamente un aporte desde el sur de Perú.

La distribución latitudinal adoptada por la anchoveta durante este período, fue similar a la observada durante el año 2007, pero con una menor cobertura longitudinal, no sobrepasando las 30 mn. En invierno de 2007, el gran porcentaje de los lances efectivos se situó por sobre las 60 mn, encontrándose todos estos muy agregados, mientras que en el año 2006 ocurrió la situación inversa, prácticamente todos ellos estuvieron muy dispersos y dentro de las primeras 50 millas. En el año 2005 los lances efectivos más oceánicos fueron también



escasos, encontrándose la gran mayoría hasta las 50 mn y focalizados entre caleta Patillos y el norte de punta Arenas. En los años previos se repite el mismo patrón, es decir, el mayor porcentaje de los lances se localizaron mas asociados a las áreas más costeras, a diferencia de este último período. En todos ellos, sin embargo, existe coincidencia en encontrar en las inmediaciones de Arica, presencia de recurso en focos bastante agregados.

Los rangos de temperaturas superficiales y la distribución de las isothermas muestran una gran coincidencia entre los valores observados en el crucero y las imágenes satelitales de las dos primeras semanas de septiembre de 2008. Valores entre 17° C hacia el norte y 15° C hacia el sur de la zona de estudio están dentro de los rangos promedios observados en la zona. Esto es consistente con los valores de anomalías presentados, todos cercanos a un valor neutro. La condición de normalidad o promedio que predominó durante el crucero, también se presenta en la distribución superficial de las isothermas, ya que es claro el descenso de la **TSM** hacia el sur formando un gradiente latitudinal, determinado por la disminución de la radiación hacia el sur y la mayor presencia de aguas de origen subantártico (Silva, 1983). Las salinidades (34,8-34,9 psu) tampoco mostraron anomalías significativas respecto a los promedios históricos, lo cual es consistente con la normalidad observada en las temperaturas. Un débil gradiente latitudinal de salinidad apareció asociado a un descenso de esta variable hacia el sur, vinculado a la advección de aguas menos salinas desde el sur, lo cual es típico para la zona. Entre Tocopilla y Arica se observó una banda costera de aguas más frías (<17°C) y mayores salinidades (>34,9 psu) asociadas a procesos de surgencia a lo largo de la costa (Strub *et al.*, 1998; Hormazabal *et al.*, 2001; Braun *et al.*, 2004).



La fase de normalidad encontrada es reflejo de una condici3n regional neutra, como lo muestra en Índice Ecuatorial Multivariado (MEI)(Wolter & Timlin, 1998), y como se anunciaba en los boletines N° 10 y 11 del Monitoreo BIO-Oceanográfico entre la I a IV regiones (Braun *et al.*, 2008a, b).

La profundidad de la isoterma de 15° C, como era de esperarse, presentó valores que disminuyen hacia la costa por efecto topográfico y la surgencia a lo largo de la costa. Variaciones entre 40 y 70 m en la zona oceánica cambian a menos de 20 m en la zona costera. Un núcleo con profundidades del orden de 80 m frente a punta Hornos y Mejillones, y de menos de 30 m entre punta Tres Picos y Tal-Tal revelan la presencia de procesos locales de meso escala. Las anomalías de la isoterma de 15° C revelan la influencia de estructuras de mesoescala en la distribuci3n vertical de las propiedades oceanográficas. Las anomalías de nivel del mar y distribuci3n horizontal de las velocidades geostróficas muestran la presencia de un giro ciclónico frente a Mejillones, el cual genera un flujo convergente hacia la costa que podría explicar que se encuentre menos profunda que lo normal en la isoterma de 15° C y el aumento en la profundidad de la isolínea de 1 mL/L en relaci3n a los sectores contiguos. Mientras que hacia el sur el bombeo de Ekman que se generó en el centro del giro (Bakun, 2006), estaría explicando que la isoterma de 15° C esté entre 15 a 20 m por sobre su nivel normal.

A 50 m de profundidad la temperatura (14°-16° C) disminuy3 entre 1 a 3° C respecto de la superficie, lo que representa un comportamiento típico de la estructura vertical de temperatura. Las mayores diferencias se observaron en una banda a lo largo de la costa, lo que representa menores temperaturas (<14°C) asociadas a aguas más profundas que se inclinan hacia la superficie por la surgencia en la costa y la presencia de la plataforma continental. La salinidad a 50 m presentó valores



relativamente más bajos (~ 0,1 psu) que en superficie, asociados a la banda costera descrita en la temperatura. Esta banda evidencia la mayor presencia de aguas relativamente menores en salinidad que las superficiales. Menor temperatura y menor salinidad estarían asociadas a una mayor presencia, en esta banda, de agua del tipo Subantártica (**ASA**), la cual es característica de la zona y se ubica por debajo del agua subtropical (**AST**) y por encima del agua del tipo Ecuatorial subsuperficial (**AESS**)(Sievers & Silva, 1982; Silva, 1983).

Durante agosto de 2008, entre Arica y punta Arenas, como también al sur de Antofagasta, dominaron flujos hacia el sur, mientras que entre Tocopilla y Mejillones un flujo convergente hacia la costa puede producir un proceso de hundimiento en el sector nerítico. Los valores de anomalías no mostraron la influencia de un proceso regional, sino que solamente actividad local de mesoescala. Parte de esta actividad es reflejada por la surgencia a lo largo de la costa, la que fue inducida por el componente del viento a lo largo de este sector y que predominó durante el crucero y en las observaciones satelitales.

La distribución espacial del oxígeno en la capa superficial mostró altas concentraciones en casi toda la zona, solamente evidenciando una disminución en la costa asociada a la zona de Iquique. Aquí las concentraciones caen hasta 2 mL/L respecto a la zona circundante, evidenciado el afloramiento de aguas subsuperficiales próximas a la capa de mínimo oxígeno. Esta disminución también aparece (~1 mL/L), aunque menos intensa, en la proximidad costera entre punta Copaca y Mejillones y mas extendida frente a punta Tres Picos. La distribución espacial del límite superior de la capa de mínimo oxígeno confirma la surgencia de aguas subsuperficiales en la costa, ya que mostró un importante ascenso llegando a menos de 50 m a lo largo de la costa, mientras que en la zona oceánica se ubicó a más de 80 m de profundidad. La presencia de aguas de menor concentración de



oxígeno que aquellas superficiales en la zona norte de Chile, es una clara evidencia de afloramientos, debido a la existencia de surgencia costera. Paralelamente, la cloa superficial mostró una clara banda costera de altas concentraciones, mientras que la integrada presentó más bien focos. Esta distribución también es observada, pero con menor intensidad en los feopigmentos lo que indica un óptimo estado fisiológico del fitoplancton. La ausencia de un foco importante de cloaint en Arica estaría indicando una distribución superficial del pigmento, a diferencia de las otras localidades. Por otra parte, en el sector más pobre en términos pigmentarios, en punta Arenas, tanto a nivel superficial como integrado, se observó la mayor profundidad de la isolínea de 1 mL/L del sector costero, lo que está relacionado con una mayor presencia en la zona de aguas de características oceánicas, pobres en nutrientes y más oxigenadas. Cabe mencionar que frente a punta Madrid, asociado a los 71° W, aparece un núcleo oceánico de cloa superficial, integrada y feopigmentos. Este núcleo aparece en las imágenes de satélite y parece estar asociado a un giro de mesoescala.

En relación a años anteriores y en relación a los focos más importantes de cloaint observados durante el presente estudio (punta Lobos, punta Copaca y Antofagasta), sólo los correspondientes a punta Copaca y Antofagasta, han sido recurrentes desde el año 2004. Respecto a las concentraciones superficiales observadas en el actual período agosto-septiembre de 2008, fueron muy similares a las registradas en igual fecha del año 2007 (0,1 a 9,1 µg/L), sin embargo, en la vertical la clorofila integrada del presente año alcanzó un máximo superior a lo reportado el año precedente (8,1 y 188,6 mg/m²) (Braun *et al.*, 2008c), siendo comparables en magnitud, no en cobertura, a lo reportado para el crucero MPH de 2004 (Braun *et al.*, 2004).



Durante este período, entre punta Tres Picos y Chañaral, el viento satelital promedio aparece subestimado con respecto al registrado a bordo, especialmente en la zona oceánica. El promedio espacial y temporal asociado a la observación satelital no está reflejando la situación detectada especialmente frente a Tal-Tal. Aun así, el viento satelital muestra la predominancia de la condición a gran escala, mientras que el del crucero muestra eventos particulares. En relación a esto y tomando en cuenta que cerca de la costa son relativamente coincidentes, se puede afirmar que el viento cercano a la costa mostró una intensidad relativamente baja (<8 m/s), excepto frente a Tal-Tal y punta Ballenita.

La dirección predominante del viento a lo largo de la costa fue la dirección noreste. A este respecto, la banda costera de aguas frías y alta concentración de cloa, que trae como consecuencia la surgencia, fue débil y acotada a los primeros 30 km de la costa durante todo el período. De hecho, aguas más frías cerca de la costa sólo aparecen en los datos de crucero. Por otro lado, una capa de mezcla somera (<10 y < 5 m) es consistente con bajas intensidades de viento, donde sólo en el sector más oceánico, entre Iquique y punta Copaca, sobrepasa los 20 m de profundidad. Esta zona es la que presentó la mayor intensidad del viento observada por satélite. Las bajas intensidades de viento en las costa determinaron un bajo transporte y surgencia débil (excepto entre Tal-tal y punta Ballenita), lo cual se ve reflejado en una banda costera estrecha, donde las mayores concentraciones de cloa que caracterizan a la zona, llegan rápidamente a 1 mg/m^3 en los primeros 10 mn desde la costa. La baja intensidad de la surgencia costera es también consistente con la predominancia hacia el sur de los flujos geostróficos (hundimiento) cerca de la costa, ya que la presencia de surgencia intensa en este sector, tiene la capacidad de modificar la circulación cercana a la costa, haciéndolos tender hacia el norte y noroeste sobre la plataforma continental.



De manera general, se observó que los huevos de la especie mostraron un comportamiento espacial más bien costero en que las mayores agregaciones se centraron en las 15-20 primeras millas de la costa. No obstante lo anterior, otros autores indican que en invierno las reparticiones espaciales del ictioplancton se encuentran en posiciones más oceánicas debido a una mayor cobertura territorial.

Los huevos de anchoveta presentaron una leve preferencia por las temperaturas de 15-16,9°C, lo cual es coincidente a lo mencionado por Braun *et al.*, (2004) y Oliva *et al.*, (2002), quienes indican que en los meses de otoño e invierno el ictioplancton se distribuye preferentemente entre los 15 y 17°C. A su vez la distribución espacio-temporal de los adultos de la especie ha sido relacionada con altos valores de gradientes térmicos Silva *et al.*, (2003). En cuanto a la salinidad, se observó que los huevos de anchoveta muestran una nítida preferencia por el rango 34,8-34,99 psu, lo que no es concordante con años anteriores.

La distribución espacial del estadio de huevos, indicó que existen tres sectores principales, el primero está localizado en los alrededores del puerto de Arica y tiene una baja extensión espacial, un segundo núcleo se ubicó en las proximidades de punta Lobos y finalmente en las cercanías de Antofagasta. Cabe destacar que Pizarro *et al.* (1998) plantean que la desembocadura del río Loa en las cercanías de punta Lobos, es un sector de alta producción biológica y mencionan que frente a esta, entre los 20°30'S - 21°45'S, se han encontrado históricamente concentraciones importantes de huevos y larvas de *Engraulis ringens*. No obstante lo anterior, en el año 2008 la distribución fue diferente y los huevos de anchoveta se ubicaron más al norte del área de estudio.

Por su parte, el patrón de distribución de los centros de gravedad indicó que los CG se posicionaron mayoritariamente en las primeras millas de la costa, no obstante lo anterior, se apreció que entre los años 2004 – 2007, los CG tienden a



localizarse en sectores m1s oce1nicos. Sin embargo, en 2008 este vuelve a posicionarse en un sector muy costero. Lo anterior es concordante con lo mencionado por otros autores, que indican que los focos m1s importantes de huevos de la especie tienden a situarse en las primeras millas de la costa (Oliva *et al.*, 2002 y Braun *et al.*, 2004). Tambi3n es importante destacar que en el a1o 2007, debido a la influencia del evento “La Ni1a”, el centro de gravedad se desplaza hacia el norte, a su vez Ya1ez *et al.*, (1993), al analizar la distribuci3n de anchoveta y sardina en la zona norte tambi3n mencionan un desplazamiento de las especies hacia el sur, cuando la zona de estudio se ve influenciada por el evento ENOS.

Al emplear modelos aditivos generalizados qued3 en evidencia la relaci3n no lineal entre los factores de localizaci3n y oceanogr1ficos y la presencia y densidad de huevos de anchoveta en la zona norte del pa1s. Los modelos propuestos permiten explicar una fracci3n de la variabilidad en los datos, vale decir, existe una ganancia de los modelos que incorporan las covariables latitud, longitud, salinidad y temperatura superficial del mar, frente a uno sin incorporar dichas variables explicatorias. No obstante los 1ndices de calidad del ajuste (pseudo R^2) en general son bajos, situaci3n esperable debido a la alta variabilidad entre las variables modeladas y sus covariables. Sin embargo, y a1n con niveles bajos de ajuste, los modelos desarrollados permiten describir el comportamiento de la presencia y densidad de huevos en funci3n de las covariables incorporadas en el an1lisis y ratificadas por la significancia estad1stica de los modelos.

En t3rminos de las temperaturas a 10 m promedio del crucero, que son las utilizadas en los c1lculos de edad de los huevos, el a1o 2008 se encuentra dentro de los rangos normales o ENSO neutro, despu3s del fuerte evento “La Ni1a” de 2007 (**Fig. 55**). El 1rea de desove se present3 muy restringida a la zona costera y



si bien está dentro de las más bajas de la serie histórica, se encuentra muy extendida latitudinalmente.

La frecuencia de desove de anchoveta estimada para el invierno de 2008 es muy similar a la encontrada durante el año 2007. Sin embargo, se debe tener cautela al comparar con años previos, ya que existen diferencias metodológicas importantes a partir de 2007, debido al avance que significa el establecer siete categorías de FPO. La sucesión de los estadios de degeneración de los FPO es un proceso continuo con un solapamiento entre los estadios contiguos, lo cual es indicador de la variabilidad natural en el proceso degenerativo y probablemente en la variabilidad de la hora de desove. De acuerdo a los resultados para anchoveta de la zona norte, los primeros cuatro estadios tienen una duración inferior a 24 h, lo que es coincidente con lo reportado por Alday *et al.* (2008) para *Engraulis encrasicolus*. Para los siguientes estadios se necesitaría adoptar ciertas asunciones para clasificarlas en cohortes de desove, debido al fuerte solapamiento de las distribuciones horarias de los estadios. Por tanto, el uso de FPO menores a 24 horas (1 día) es más objetivo y confiable para la estimación de la fracción desovante.

La relación de la fecundidad parcial con el peso corporal si bien es una de las más altas, mantiene la tendencia general. Este aumento en la fecundidad puede ser una respuesta al medio ambiente, donde el año 2008 vuelve a un estado de “normalidad”, después de lo ocurrido en 2007 (**Fig. 55**), año en que se registró un mayor tamaño de los huevos producto de la menor temperatura (Flores *et al.*, 2008). Por tanto, la mayor fecundidad para el año 2008 podría estar relacionada a una posible reducción en el tamaño de los huevos a desovar como también a la energía destinada a la reproducción. Ya que la fecundidad parcial presenta variaciones producto de cambios en el tamaño del huevo, disponibilidad de alimento y número de desoves previos dentro de la estación (Hunter y Leon, 1981; Alheit, 1988; Claramunt *et al.*, 1994). Sin



embargo, para dilucidar estas fluctuaciones es necesario realizar estudios de la variabilidad intra-anual en la fecundidad.

No se observa una relación entre la fecundidad específica, esto es el resultado de los parámetros de adultos del modelo de estimación de biomasa ($F \cdot E \cdot R / W$; N° huevos por gramo de población) y la producción diaria de huevos, de acuerdo a lo señalado por Somarakis *et al.* (2004) para anchovetas europeas. Según estos autores, esto se debería principalmente a que en áreas de upwelling, la producción diaria de huevos es generalmente mucho más alta para un estrecho rango de valores de fecundidad específica. Probablemente, la condición trófica y la capacidad de carga de las áreas de upwelling es mucho mayor que en los mares oligotróficos europeos, soportando mucha más alta biomasa por unidad de área de mar (Somarakis *et al.*, 2004)

El Modelo Multinomial predice un valor de mortalidad diaria de huevos que no es significativamente distinto de cero, debido al bajo número de puntos para el ajuste y una alta dispersión, por lo que el estimado de biomasa debe ser tomado con cautela. Siendo para el año 2008, la biomasa proveniente del Modelo tradicional de Lo, la mejor alternativa.

Somarakis *et al.* (2004), encuentra una relación lineal entre el área de desove y la biomasa desovante estimada en *Engraulis encrasicolus* en aguas europeas. En el caso de la zona norte de Chile, para *Engraulis ringens*, si bien la relación presenta una pendiente y r^2 significativos ($P < 0,05$) esta es más débil que en el caso de Somarakis *et al.* (2004) y con un mayor grado de varianza no explicada por la regresión. El año 2008 se encuentra dentro de la tendencia general (**Fig. 56**). De verificarse esta relación, implicaría un uso denso-dependiente del hábitat de desove por parte de la anchoveta, es decir, es probable que cuando la biomasa



por unidad de área en la zona de desove excede cierto umbral, los peces tienden a esparcirse sobre una mayor área, para evitar interacciones intraespecíficas como competición trófica y/o canibalismo de huevos (Somarakis *et al.*, 2004).

La biomasa estimada es una de las más bajas de la serie histórica de aplicaciones del método. Manteniéndose una relación significativa entre el área de desove estimada y las capturas totales del año (**Fig. 57**), sin embargo, existe un alto grado de varianza no explicada por el modelo lineal. Si aceptamos la existencia de esta relación, se explicaría por los cambios en las áreas de desove en función de la disponibilidad o abundancia de anchoveta en la zona norte, asumiendo que la captura total del año es un buen indicador de la abundancia/disponibilidad. Es decir, cuando la abundancia/disponibilidad es alta, la anchoveta tiende a desovar en una zona más amplia en comparación a años de menor abundancia/disponibilidad, lo que implicaría una utilización denso-dependiente del hábitat de desove por la anchoveta.

La estadística es una sola y se fundamenta en la probabilidad de que una hipótesis sea cierta o falsa. En el caso de las regresiones lineales por mínimos cuadrados, lo que se prueba es la hipótesis de si la pendiente no es distinta de cero (i.e. H_0 : Pendiente = 0). Si esta probabilidad es menor al 5%, decimos que la regresión es significativa (Se Rechaza H_0) y por tanto existe una probabilidad mayor al 95% de que la pendiente es distinta de cero y por tanto la variable Y depende de X. En el caso de las **figuras 56 y 57** se verifica una pendiente positiva y significativa. El apreciar “a ojo” que el valor del r^2 sea bajo o alto no tiene ningún fundamento estadístico serio, para esto están las pruebas de hipótesis. El cuerpo teórico detrás del análisis de regresiones lineales simples es bastante sólido dentro de la teoría estadística.



IX. CONCLUSIONES

- El área prospectada fue de 35.264 mn². El área de desove estimada correspondió a 7.594 mn², la cual está dentro de las más bajas de la serie histórica para anchoveta.
- En relación al número de huevos, el invierno de 2008 presentó un porcentaje de cambio igual a 107% con respecto al crucero MPH precedente, constituyéndose en el séptimo registro más importante de la serie 1992-2008.
- La intensidad y extensión espacial del desove, muestran un incremento con respecto al invierno de 2007, lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 71% y 133%, respectivamente.
- La zona de estudio registró durante el crucero condiciones superficiales de temperatura y salinidad, dentro de los rangos de neutralidad de estas variables, lo que es coincidente con las condiciones regionales (Pacífico ecuatorial) observadas en igual período.
- Los rangos de las variables oceanográficas medidas durante el crucero MPH están dentro de los rangos promedios observados en la zona y no muestran anomalías significativas, indicando una condición de neutralidad, lo que es coincidente con las condiciones regionales (Pacífico ecuatorial) observadas en igual período.



- La distribución vertical de variables como la profundidad de la mínima de oxígeno, capa de mezcla, profundidad de la isoterma de 15°C, señalan también una condición normal para la zona.
- Algunos sectores donde se sobrepasan los valores de neutralidad para variables en la vertical, como la profundidad de la isoterma de 15°C, registraron actividad local asociadas a procesos de mesoescala, como giros y principalmente a la surgencia costera.
- La surgencia costera se registró a lo largo de toda la zona de estudio, afectando en su proceso a las primeras 20 mn de la costa. La presencia de aguas más frías, con menor oxígeno disuelto, mayor salinidad y clorofila, fue consecuencia de estos procesos, principalmente entre Tocopilla y Arica.
- No hubo una buena correspondencia entre las intensidades del viento medidas durante el crucero y aquellas satelitales para el sector oceánico en el área entre punta Tres Picos y Chañaral. No obstante lo anterior, el viento medido en ambos métodos señala, para el resto del área, una condición de viento débil y favorable a la surgencia, lo que se reflejó en una banda de surgencia costera angosta para gran parte de la zona de estudio.
- De los 60 lances de pesca efectivos realizados por las embarcaciones cerqueras, se midió un total de 7.384 anchovetas. La distribución latitudinal adoptada por esta especie durante este período, fue similar a la observada durante el año 2007, pero con una menor cobertura longitudinal.
- La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó una amplitud comprendida entre 0,13 y 0,70 con un promedio de 0,45, una varianza igual a 0,00022 y un coeficiente de variación de 3,4%.



- El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas en 60 lances, fluctuó de 13,69 a 28,33 gramos. El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 21,88 gramos, con una varianza de 0,265 y un coeficiente de variación de 2,4%.
- La producción diaria de huevos estimada para el modelo de Lo es de 92,97 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 0,27. En el modelo multinomial la estimación es de 24,68 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 0,32.
- El análisis histológico de los ovarios indicó que el 100% de las hembras se encontraban activas. El comportamiento reproductivo de la anchoveta evidencia que el crucero se efectuó durante el máximo proceso de desove.
- Considerando los FPO de I a IV como correspondientes a edades menores a 24 horas, la fracción diaria de hembras desovantes se estima en 0,298 con una varianza de 0,00070 y un coeficiente de variación de 9%.
- La fecundidad parcial promedio, utilizando el ajuste correspondiente al año 2008 de acuerdo a los 60 lances efectivos, varió de 9.423 a 19.431 ovocitos por hembra. La fecundidad media poblacional resulta de 14.920 ovocitos, con una varianza de 198.784 y un coeficiente de variación de 3%.
- La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 532.132 ton, con una varianza de 1,019E+11 y un coeficiente de variación de 60%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 141.270 ton con una varianza de 9.60 E+9 y un coeficiente de variación de 69%. Esta última debe considerarse con cautela debido a que el término asociado a la mortalidad de huevos en el modelo de decaimiento no es significativo.



- En el año 2008 se destaca que los huevos de anchoveta mostraron una leve preferencia por el estrato de 15-16,9°C. En cuanto a la salinidad, el ictioplancton se distribuye en un amplio rango, que oscila entre los 34,6 y 34,99 psu, con una preferencia por el rango 34,8-34,99 psu.
- La distribución geográfica de los centros de gravedad de los huevos indica que los CG se ubicaron preferentemente en sectores costeros en las primeras 20 mn de la costa. Por otro lado, el análisis de los CG del año 2008 indican que éste exhibió un emplazamiento en las 8 mn de la costa frente a punta Lobos.
- Los resultados sugieren que la distribución meridional es dominante en todas las variables, las cuales pueden estar moduladas por la surgencia costera e influencia de procesos interanuales como “El Niño” y “La Niña”.
- Es evidente que la distribución de parámetros como la temperatura y densidad influyen la abundancia y distribución espacial de los huevos de anchoveta, pero aun así, estas variables pueden estar relacionadas con procesos más complejos que no son evidentes a la luz de los análisis.



X. BASE DE DATOS

La estructura de las bases de datos, con toda la información recopilada durante la ejecución del proyecto FIP 2008 - 01 “Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2008” se almacenó en registros magnéticos. Los archivos y el formato de grabación de cada una de las componentes del proyecto se detallan a continuación.

1. Datos oceanográficos y meteorológicos

La información oceanográfica y meteorológica de cada una de las estaciones oceanográficas que se realizarán durante el crucero de prospección, se almacenarán en el siguiente archivo: **CRUCEMPH**, cuyo formato de grabación (Formulario de codificación), corresponde a una modificación del formato **NODC**. El formato **IFOP** está compuesto por un registro de identificación y varios registros de información:



a) Registro de identificación

Campo	Columna de inicio	Formato
país	1	E 2
buque	3	A 2
latitud grados	5	E 2
minutos	7	R 3.1
longitud grados	10	E 2
minutos	13	R 3.1
marsden	16	E 3
año	19	E 2
mes	21	E 2
día	23	E 2
hora local	25	R 3.1
institución	28	E 2
crucero	30	E 3
estación	33	A 3
prof.ecosonda	36	E 4
máxima profundidad	40	E 2
n° observaciones	42	E 2
trans. Secchi	44	E 2
dirección olas	46	E 2
altura olas	48	E 1
período olas	49	E 1
dirección viento	50	E 2
velocidad viento	52	E 2
presión barométrica	54	R 3.1
bulbo seco	57	R 3.1
bulbo húmedo	60	R 3.1
tiempo	63	E 2
tipo nubes	65	E 1
cant. Nubes	66	E 1
visibilidad	67	E 1
latitud n-s	68	A 1
longitud w-e	69	A 1
tipo de datos	76	A 1
control	80	E 1



b) Registros de datos

identificación	1	35 (Repetición)
profundidad (m)	36	E 4
temperatura (°C)	40	R 4.2
salinidad	44	R 5.3
oxígeno (ml/l)	49	R 4.4
control	80	E 1

Observaciones:

- Formato tipo: A n: Alfanumérico
E n: Entero
R n: Real sin el punto (ej. 34.356 en formato R 5.3 es 34356
n: Número de columnas
- Columna 28 y 29 - códigos institución : 01=SHOA, 02=IFOP, 03=UCV, 04=SSP y 05=otros
- Columna 76 - códigos del tipo de datos: B = botellas, C = CTD
- Columna 80 - código control : 1 identificación de la estación y 2 último dato observado

Los datos meteorológicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y códigos del NODC. A continuación se entregan codificaciones realizadas a los datos meteorológicos.



ALTURA OLA DOMINANTE				
CODIGO	altura de la Ola			
X	X	altura no determinada		
0	0	a	0.25	m
1	0.25	a	0.75	m
2	0.75	a	1.25	m
3	1.25	a	1.75	m
4	1.75	a	2.25	m
5	2.25	a	2.75	m
6	2.75	a	3.25	m
7	3.25	a	3.75	m
8	3.75	a	4.25	m
9	> 4.25			m

PERIODO DE OLA		
CODIGO	periodo	
X	calma o no determinado	
2	5	seg o menos
3	6	seg
4	8	seg
5	10	seg
6	12	seg
7	14	seg
8	16	seg
9	18	seg
0	20	seg
1	> 21	seg

TIPO DE NUBE	
CODIGO	NUBE
s	sin nubes
X	nube no visible
0	cirrus
1	cirrocumulus
2	cirrostratus
3	altocumulos
4	altostratus
5	nimbostratus
6	stratocúmulos
7	stratus
8	cúmulos
9	cumulonimbus

VISIBILIDAD			
CODIGO	distancia de visibilidad		
0	< 50		m
1	50	a	200 m
2	200	a	500 m
3	500 m	a	1 km
4	1	a	2 km
5	2	a	4 km
6	4	a	10 km
7	10	a	20 km
8	20	a	50 km
9	50		km o más
x	no registrado		

TIEMPO PRESENTE	
CODIGO	CONDICION
0	despejado
1	parcial nublado
2	capas continuas de nubes
3	ráfagas con polvo o nieve
4	neblina o bruma
5	chubascos
6	lluvia
7	nieve o lluvia y nieve
8	lluvia torrencial
9	tormenta
x	no registrado

OTROS
Direcciones viento y olas grados verdaderos
Intensidad del viento nudos
cantidad de nubes de 0 a 8 partes, 9 = no observado



2. Archivo Base datos Adultos 2008.xls

Descripción: Archivo con la base de datos de ejemplares adultos de anchoveta muestreados en los lances de pesca. Permite estimar los parámetros de adultos: Peso promedio de hembra, Proporción sexual, Fecundidad Parcial y Fracción diaria de hembras desovantes.

Hoja: Datos Hembras

Columnas corresponden a:

- Lance** : Orden del Lance.
- Orden** : Número de orden de la hembra del lance
- LT(cm)** : Longitud Total en centímetros
- PT (g)** : Peso Total en gramos
- PE (g)** : Peso Eviscerado en gramos
- PG (g)** : Peso Gónada en gramos
- EMM** : Estado de Madures Microscópico según escala en Informe
- FPO** : Presencia de Foículos PostOvulatorios (0, 1 o 2 días). 999: Sin FPO.
- PC** : Peso Corporal en gramos (PT-PG).

Hoja: Prop. Sexual

Columnas corresponden a:

- Lance correlativo:** Orden de lances de pesca correlativos.
- LANCE** : Número de Lance de Pesca
- NO** : Número de Orden del ejemplar.
- PT** : Peso Total en gramos del ejemplar
- SEXO** : Sexo del ejemplar. 1: Macho. 2: Hembra



Hoja: Fecundidad

- NO** : Número de orden del ejemplar
LT : Longtud Total en centímetros
PT : Peso Total en gramos
PE : Peso Eviscerado en gramos
PG : Peso Gónada en gramos
PC : Peso Corporal en gramos (PT-PG)
EMM : Estado de Madurez Microscópico según escala. 6: Hidratado
FECUNDIDAD: Fecundidad parcial estimada para el ejemplar, en número de ovocitos.

3. Archivo: Base de datos Po.xls

Descripción: Archivo con base de datos del número de huevos por estadio y estación de muestreo, temperatura a 10 m de profundidad y hora de muestreo. Entrada para la estimación de Producción diaria de huevos (Po)

Columnas

N° huevos por ESTADOS DE DESARROLLO, corregidos por DES
Del I al XI estadios de desarrollo de Huevos. En Filas el número de huevos en cada estadio por estación. Número de huevos ya está corregido por huevos desintegrados (DES).

Hora: Hora de muestreo de la estación. En hora y fracción de hora.

T° 10 m: Temperatura (°C) de la estación a 10 m de profundidad.



4. Clorofila –a

Descriptor

Crucero de invierno MPH cru511-clo

Estructura interna:

Columna A	crucero	número de crucero
Columna B	est	estación
Columna C	prof	profundidad
Columna D	cloa	clorofila a en $\mu\text{g/L}$
Columna E	feop	feopigmentos en $\mu\text{g/L}$



XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aitchison, J., & J. A.C. Brown. 1957.** The lognormal distribution. Cambridge University Press, Cambridge, MA. 387 p.
- Alday, A.; A. Uriarte; M. Santos; I. Martín; A. Martinez and L. Motos. 2008.** Degeneration of postovulatory follicles of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). *Scientia marina* 72(3): 565-575.
- Alday, A., A. Uriarte, M. Santos, I. Marín, A. Martínez de Murgia y L. Motos. 2006.** Degeneration of postovulatory follicles of Bay of Biscay anchova (*Engraulis encrasicolus*). Resúmenes XXVI Congreso de Ciencias del Mar, Iquique 22-26 de Mayo. 191 p.
- Alheit, J. 1988.** Reproductive biology of sprat (*Sprattus sprattus*): factors determining annual egg production. *Journal de Conseil International pour l'Exploration de la Mer.* 44:162-168.
- Augustin, H.N. D.L. Borchers, E.D. Clarke, S.T. Buckland & M. Walsh. 1998.** Spatiotemporal medelling for the annual egg production method of stock assessment using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat .Sci.* 55: 2608-2621.
- Bakun, A. 2006.** Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptative response and competitive advantage, *Scientia marine*, 70S2, 105-122.



- Bakun, A. 1987.** Monthly variability in the ocean habitat off Perú as deduced from maritime observations, 1953 to 1984. In: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of changes. D. Pauly & I. Tsukayama (Eds.) ICLARM Studies and Reviews 15: 46-74.
- Bakun A. and R. Parrish. 1982.** Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current System. CalCOFI. Rep., Vol XXIII, 99-112.
- Bakun, A. 1975.** Daily and weekly upwelling indices, West Coast of North America, 1967 – 1973. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 693, 113 pp.
- Bakun, A. 1973.** Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America, 1946 – 1971. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 671, 103 pp.
- Bernal, M., Borchers, D.L., Valdéz, L., Lanzós, A.L., Buckland, S.T. 2001.** A new ageing method for eggs of fish species with daily spawning synchronicity. Can. J. Fish and Aquat. Sci, 58:2330-2340.
- Bernal, M. 1999.** A likelihood model and a new ageing procedure for improving the daily egg production estimates in species with fast-developing eggs. M. Sc. thesis, University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland.
- Blanco, J. L., A. C. Thomas, M. E. Carr y P. T. Strub. 2001.** Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. J. Geophys. Res., 106, C6, 11451-11467.



Blanco, J. L. 1996. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile. Informe interno para IFOP.

Blaxter, J. and J. Hunter, 1982. The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.* 20: 201 – 223.

Borchers, D.L., S.T. Buckland, I.G. Priede and S. Ahmadi. 1997. Improving the precision of the daily egg production method using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 2727 –2742.

Braun, M., J. Letelier, V. Valenzuela, H. Reyes, E. Pizarro, V. Catasti & J. R. Cañon. 2008a. Boletín N°10. Monitoreo Bio-Oceanográficos de la I a IV regiones, Año 2007 (II Licitación). Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 23. <http://www.fip.cl>

Braun, M., J. Letelier, V. Valenzuela, H. Reyes, E. Pizarro, V. Catasti & J. R. Cañon. 2008b. Boletín N°11. Monitoreo Bio-Oceanográficos de la I a IV regiones, Año 2007 (II Licitación). Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 23. <http://www.fip.cl>

Braun, M., V. Valenzuela, P. Moreno, H. Reyes, M. Pizarro, J. Letelier, G. Claramunt, E. Díaz, G. Herrera, J. Sanchez, A. Flores, J. Saavedra y V. Catasti. 2008c. Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II regiones, año 2007. Informe Final FIP 2007-01, 180 p + 17 Tablas, 61 Figuras + Anexos.



- Braun, M., G. Claramunt, V. Valenzuela, G. Herrera, H. Reyes, M. Pizarro, J. Saavedra, V. Catasti, Z. Young y R. Serra. 2005.** Evaluación deL stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, año 2004. Informe Final Consolidado Corregido FIP N°2004-04, Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 154 p + Tablas, figuras y anexo.
- Braun, M., H. Reyes, V. Valenzuela, J. Castillo, J. Osses y V. Catasti. 2004.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y II regiones, año 2002. Informe Final. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 300.
- Braun, M., H. Reyes, V. Valenzuela, E. Pizarro, J. Castillo y V. Catasti. 2004a.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Informe Final FIP N°2002-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 183 p + Anexos.
- Braun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo y V. Catasti. 2002.** Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).
- Buttler, M., C. LeBlanc, J. Belbin y J. MacNeil. 1990.** Cartografía de recursos marinos: un manual de introducción. FAO, documento técnico de pesca N° 274. 281 p.
- Canavos, G. C. 1988.** Probabilidad y estadística - aplicaciones y métodos, McGraw-Hill, España.



- Cañón, J. R. 1986.** Variabilidad ambiental en relación con la pesquería pelágica de la zona norte de Chile. In: “La pesca en Chile”, P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso: 195 – 205.
- Carpenter, J. H. 1965.** The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. And Oceanogr.*, 10: 141-143.
- Castillo, J. y O. Guzmán. 1985.** Variaciones de la distribución espacial de la sardina española y jurel durante El Niño 1982-83. *Invest. Pesq. (Chile)*, 32: 79-93.
- Claramunt, G., L. Cubillos, M. Braun, R. Serra, M. Canales, J. Sanchez, A. Flores, P. Moreno, K. Riquelme, C. Castillo y C. Valero. 2007.** Mejoramiento del método de producción diaria de huevos aplicado en pelágicos pequeños. Informe final FIP N° 2006-38.
- Claramunt, G. and R. Roa. 2001.** An indirect approach to estimate spawning fraction as applied to *Sardinops sagax* from northern Chile. *Scientia Marina* 65(2):87-94.
- Claramunt, G., G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, R. Escribano, M. Oliva, A. Olivares y A. Zuleta. 1997.** Evaluación del stock desovante de anchoveta por el “Método de Producción de Huevos” en la I y II Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 96-01. Fondo de Investigación Pesquera. Universidad “Arturo Prat” Iquique. 75 p. + anexos.
- 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 y P. Pizarro. **1994.** Producción potencial anual de huevos por tallas en *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) del norte de Chile. Rev. Biol. Mar. 29(2):211-233.

Cochran. 1977. Sampling techniques. John Wiley & Sons Inc. New York. 513p.

DeVlaming, V.; G. Grossman and F. Chapman. **1982.** On the use of the gonosomatic index. Comparative Biochemistry and Physiology. 73A: 31-39.

Eastman, J.R. 1997. IDRISI for windows: User's Guide, Version 2.0. Clark University, Worcester, MA, USA, 346 pp.

Flores, A.; G. Claramunt y L. Castro. **2008.** Fecundidad y tamaño de ovocitos de *Engraulis ringens* de la zona norte de Chile. ¿Efecto de La Niña?. XXVIII Congreso de Ciencias del Mar, Viña del mar, Chile. p. 135

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

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



- Gordon, S., H. Chisheng & K. Stephen. 1992.** Spatial analysis of Bearing Sea groundfish survey data using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1366-1378.
- Hastie, T. J. and Tibshirani, R.J. 1990.** *Generalized Additive Models*, Chapman & Hall, London.
- Hormazabal, S., G. Shaffer and O. Leth. 2004.** The coastal transition zone off Chile, *Journal of Geophysical Research*, 109 (C01021), doi:10.1029/2003JC001956, 2004.
- Hormazabal, S., G. Shaffer, J. Letelier and O. Ulloa. 2001.** Local and remote forcing of the sea temperature in the coastal upwelling system off Chile, *Journal of Geophysical Research*, 106 (C8), 16657-16671.
- 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 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. and R.J. Leon. 1981.** The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin*, U.S. 79(2):215-230.



- 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.
- Ibabarriaga, L.; M. Bernal, L. Motos, A. Uriarte, D.L. Borchers, M.E. Lonergan, and S.N. Wood. 2005.** Estimation of development properties of stage-classified biological processes using multinomial models: a case study of Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) egg development. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1–23.
- Leal, E., L. Castro and G. Claramunt. 2009.** Variability in oocyte size and batch fecundity in anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns 1842) from two spawning areas off the Chilean coast. Scientia Marina 73(1): 59-66.
- Lo, N.C.H. 1997.** Empirical analyses of the precision of regression estimates of daily egg production and egg mortality of pelagic fish for daily egg production method. Ozanografika. 2: 71-89.
- Lo, N. 1985.** A model for temperature – dependent northern anchovy egg development an automatic procedure for the assignment of egg to staged eggs. NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 43 – 50.
- Lohrenz, S. E., D. Wiesenburg, I. P. Depalma, K. S. Jhonson y D. E. Gustafson, Jr. 1988.** Interrelationships among primary production, chlorophyll, and environmental conditions in frontal regions of the western Mediterranean Sea. Deep-Sea. Res. 35(5):793-810.



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

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.

Martínez, C, M.G. Böhm, E. Díaz, L. Ossa, H. Reyes, J. Letelier, R. Aravena, H. Padilla, F. Cerna, V. Bocic, C. Machuca, L. Muñoz y M. Troncoso. 2009. Informe Final Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Norte, 2008. SUBPESCA/Abril 2009. 248pp + Anexos.

Martínez, C. y G. Böhm. 2006. Informe biológico pesquero mensual. Marzo 2006. 8 págs.

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

Martínez, C., L. Caballero, U. Parker, G. Böhm, J. Oliva, V. Fernández, S. Peña, R. Pili, H. Hidalgo, P. Barría, 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.



Martínez, C., U. Parker, L. Caballero, G. Böhm, J. Oliva, S. Peña, R. Gili, H. Hidalgo, V. Fernández, P. Barria y R. Serra. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1992. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. 135 p.

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

McCullagh, P. And Nelder, J.A. 1989. Generalized Linear Models (2nd Edition), Chapman & Hall, London.

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

Morales, C., S. Hormazabal, J. L. Blanco. 1999. Interannual variability mesoescala distribution on the depth of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18-24°S): Implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. Journal of Marine Research 57, 909-932.

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

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



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

Oliva, J., C. Montenegro, O. Rojas, H. Reyes, V. Catasti, E. Díaz, P. Barria, R. Serra, V. Baros, A. Vargas, G. Claramunt, G. Herrera, P. Pizarro, R. Escibano y M. Oliva. 2002. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final Proyecto FIP N° 2001-10. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso.

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

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

Oliva J., M. Braun, J. Castillo, J. Blanco y O. Rojas. 1998. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones (1997). Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 97-01. 133 p.



- Oliva J., J. Barañados y M. Tirado. 1989.** Determinación de la fecundidad y frecuencia del desove de la sardina (*Sardinops sagax*), 1986. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número Especial): 341-348.
- Parker, K. 1980.** A direct method for estimating northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning biomass. Fish. Bull., U.S. 78: 541-544.
- Parsons, T. T., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984.** A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press 173 pp.
- Pennington, M. 1986.** Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. (U.S.) 84:519-525.
- Pennington, M. 1983.** Efficient estimators of abundance for fish and plankton surveys. Biometrics 39:281-286.
- Pepin, P. 1991.** Effect of temperature and size on development, mortality and survival rates of the pelagic early life history stages of marine fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci, 48:503-518.
- Pérez, C. 2005.** Técnicas estadísticas con SPSS 12, aplicaciones al análisis de datos, Pearson Prentice Hall, España.
- Piquelle, S.J. y 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.



- Pizarro J.**, W. Palma y Claudio Flores. **1998**. Validaci3n de la hip3tesis de mortalidad por inanici3n en larvas de *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (Pisces: Engraulidae), utilizando el criterio histol3gico en un 3rea de surgencia costera en el norte de Chile. En: Invest. Mar., Valpara3so, 26: 97-108.
- Reynolds, R.** **1982**. A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Technical Report NNS-31, National Meteorological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- Rojas, R.** y N. Silva. **1996**. Atlas Oceanogr3fico de Chile. (18°21'S – 50°00'S). Volumen I. Servicio Hidrogr3fico y Oceanogr3fico de la Armada. 234 pag.
- Rojas, O.** y J. Oliva. **1993**. Evaluaci3n del Stock Desovante de Anchoveta de la Zona Norte por el M3todo de Producci3n de Huevos. Programa de evaluaci3n directa de recursos pel3gicos de la zona Norte. Convenio Empresas Pesqueras del Norte e Instituto de Fomento Pesquero. 50 p.
- Santander, H.**, J. Alheit and P.E. Smith. **1984**. Estimaci3n de la biomasa de la poblaci3n desovante de anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicaci3n del " M3todo de Producci3n de Huevos". Bol. Inst. Mar Per3, Callao. 8: 209-250.
- Santander, H.**, P. E. Smith y J. Alheit. **1982**. Determinaci3n del esfuerzo de muestreo requerido para el estimado de producci3n de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente al Per3. Bol. Inst. Mar. Per3, Callao. 7(1):16p.



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

http://www.seabird.com/pdf_documents/manuals/SBEDataProcessing_5.3_2a.pdf

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.

SERNAPESCA, 2006. Anuario Estadístico de Pesca.

Serra, J.R. 1976. Escalas de madurez sexual para sardina española (*Sardinops sagax musica*), y jurel (*Trachurus murphyi*). Investigación Pesquera IFOP (24), 20 págs.

Sievers, H. & N. Silva. 1982. Masas de agua y circulación geostrofica frente a la costa de Chile entre las latitudes 18°S-33°S (Operación Oceanográfica MARCHILE VII). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA*. 6: 61-99.

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

Silva, N. 1983. Masas de agua y circulación de la región norte de Chile. Latitudes 18°S-32°S. (Operación Oceanográfica MARCHILE XI - ERFEN II). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA*. 7: 47-84.



- 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.
- 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.
- Somarakis, S.; I. Palomera; A. García; L. Quintanilla, C. Koutsikopoulos; A. Uriarte and L. Motos. 2004.** Daily egg production of anchovy in European waters. ICES Journal of Marine Sciences, 61:944-958.
- Stauffer, G.D. and S.J. Picquelle. 1985.** Procedures for sorting, staging, and ageing 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: 33-35.
- 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.
- Stefansson, G. 1996.** Analysis of groundfish survey abundance data: combining the GLM and delta approaches. ICES. Journ. Of Mar. Sci. 53(3). Pp577-588 (12).



- Stratoudakis, Y., M. Bernal, M.F. Borchers. 2003.** Changes in the distribution of sardine eggs and larvae off Portugal, 1985-2000. *Fisheries Oceanography*, 12:49-60.
- Strub, P., J. Mesías, V. Montecino, J. Rutlland & S. Salinas. 1998.** Coastal ocean circulation off western south America. Chapter 10. En. *The sea: The global coastal ocean, regional studies and synthesis*. vol.11 A. R. Robinson, & K. H. Brink (Eds.). John Wiley and Sons, Inc., New York. 273-313 pp.
- Thompson, S.K. 1992.** "Sampling". John Wiley & Sons, Inc. 343 pp.
- UNESCO, 1981a.** Background papers and supporting data on the International Ecuation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- Wallace, R. and k. Selman. 1981.** Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21:325-343.
- West, G. 1990.** Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 41: 199-222.
- Wolter, K. & M. S. Timlin. 1998.** Measuring the strength of ENSO events - how does 1997/98 rank? *Weather.* 53: 315-324.
- Yamamoto, K. and H. Yoshioka. 1964.** Rhythm of development in the oocyte of the medaka, *Oryzias latipes*. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 15: 5-19.



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

Yáñez E.; C. Canales; M. A. Barbieri; A. González y V. Catasti. 1993. Estandarización del esfuerzo de pesca y distribución espacial e interanual de la CPUE de anchoveta y sardina en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. En: Invest. Mar., Valparaíso, 21: 111-132.

FIGURAS

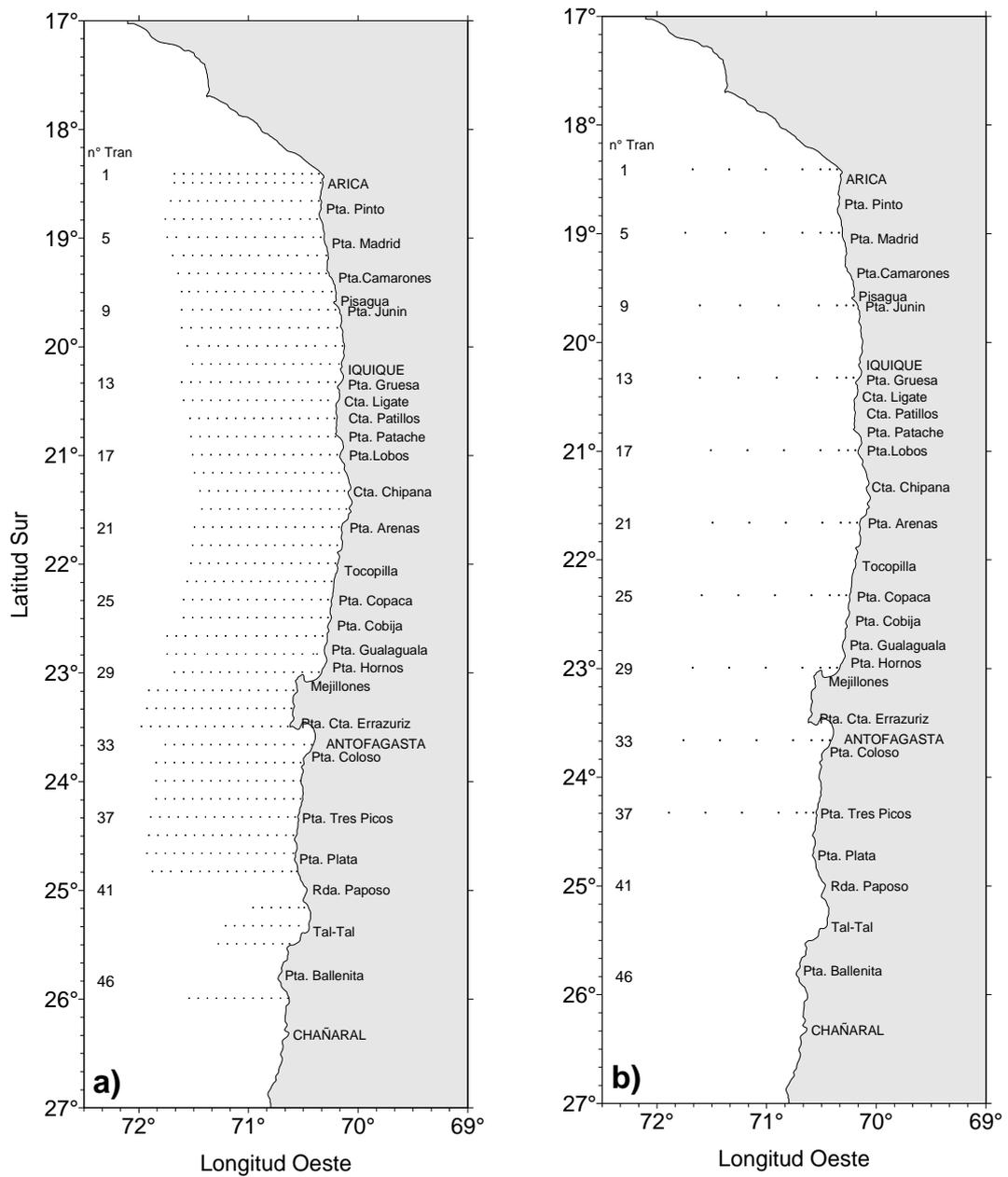


Figura 1. Ubicaci3n geogr3fica de a) estaciones bio-oceanogr3ficas y b) estaciones con muestreo de clorofila y oxigeno (estaciones oceanogr3ficas profundas). Crucero MPH - Invierno 2008.

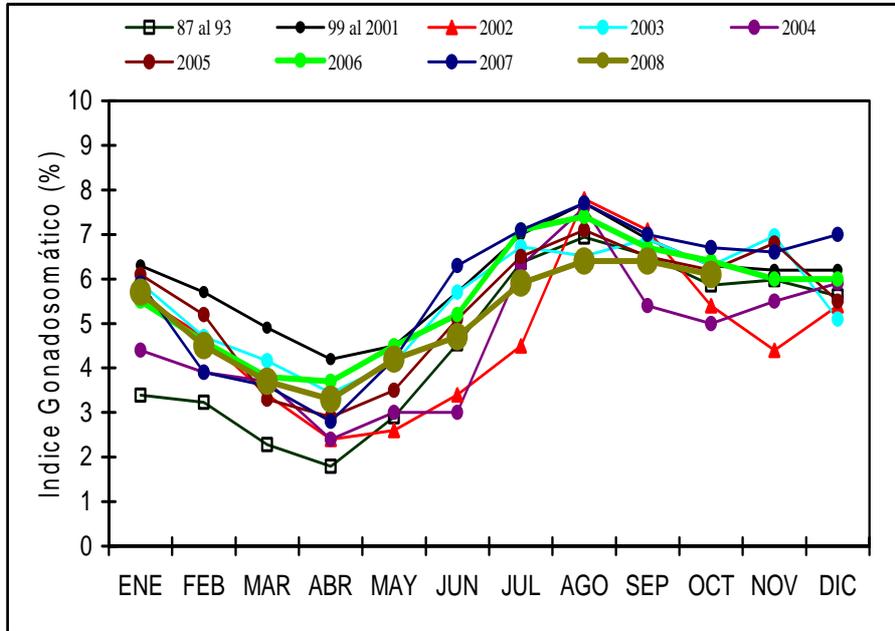


Figura 2. Evoluci3n mensual del índice gonadosomático de la anchoveta de la zona norte, a3o 2008.

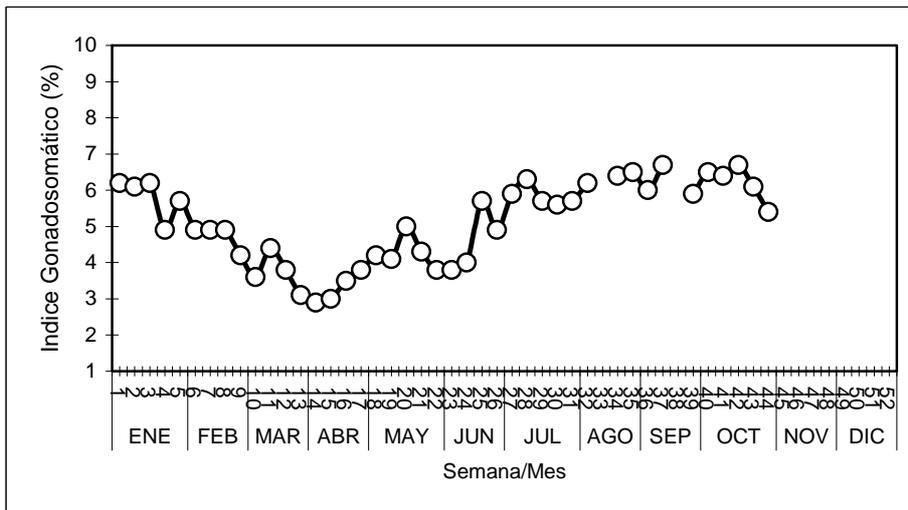


Figura 3. Evoluci3n semanal del índice gonadosomático de la anchoveta en la zona norte., a3o 2008.

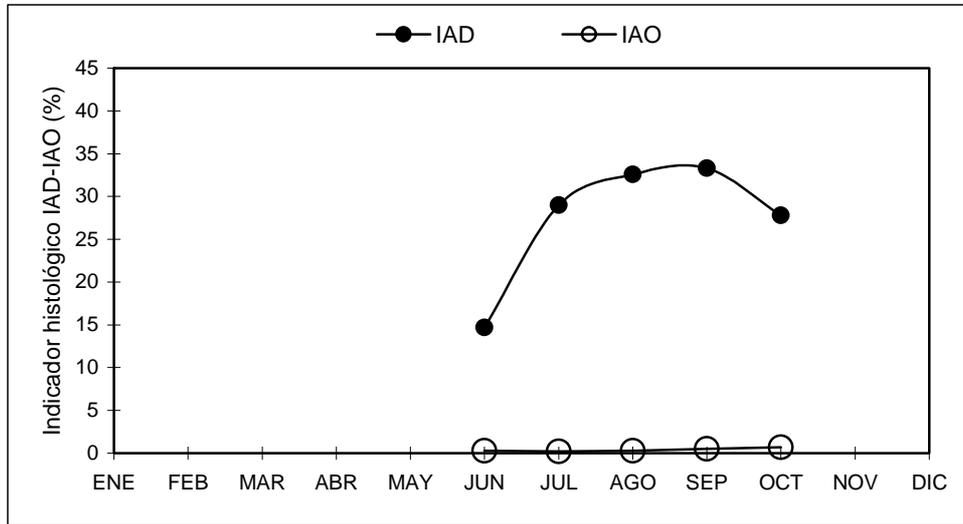


Figura 4. Evoluci3n mensual del 3ndice de Actividad de Desove (IAD) e 3ndice de Atresia Ov3rica (IAO). A3o 2008.

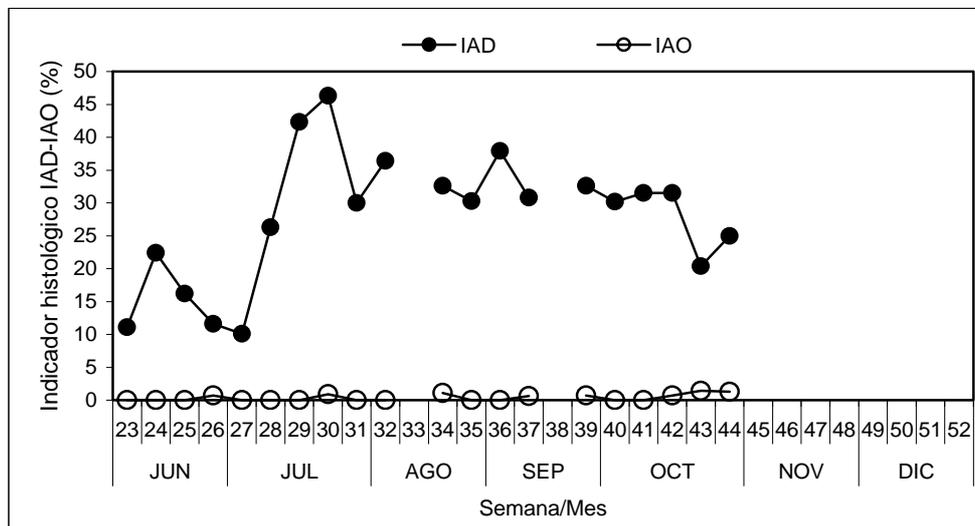


Figura 5. Evoluci3n semanal del 3ndice de Actividad de Desove (IAD) e 3ndice de Atresia Ov3rica (IAO). A3o 2008.

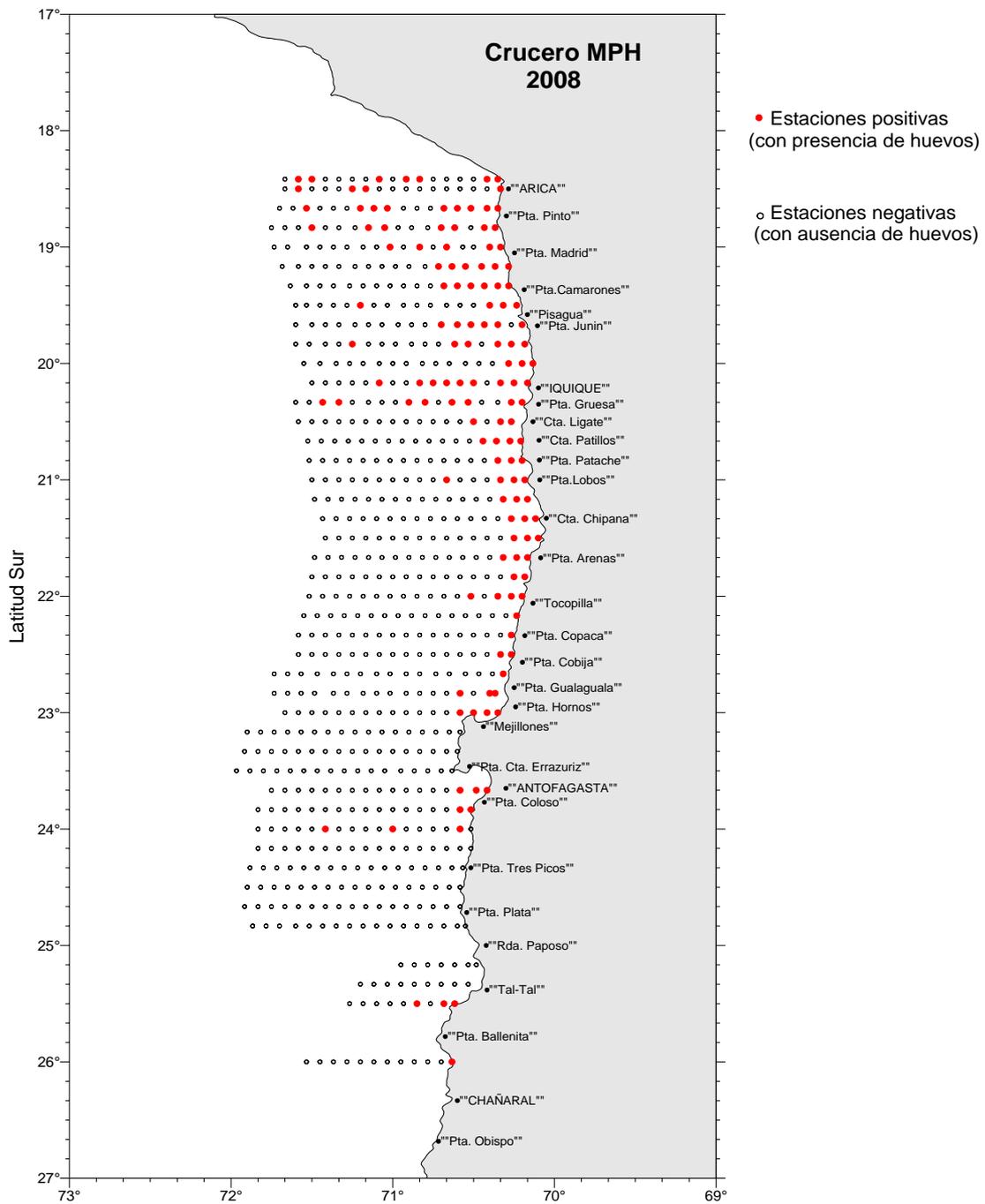


Figura 6. Distribuci3n geogr3fica de las estaciones planct3nicas con presencia y ausencia de huevos de anchoveta. Crucero MPH 511(3)08 Eperva 57 - Invierno 2008.

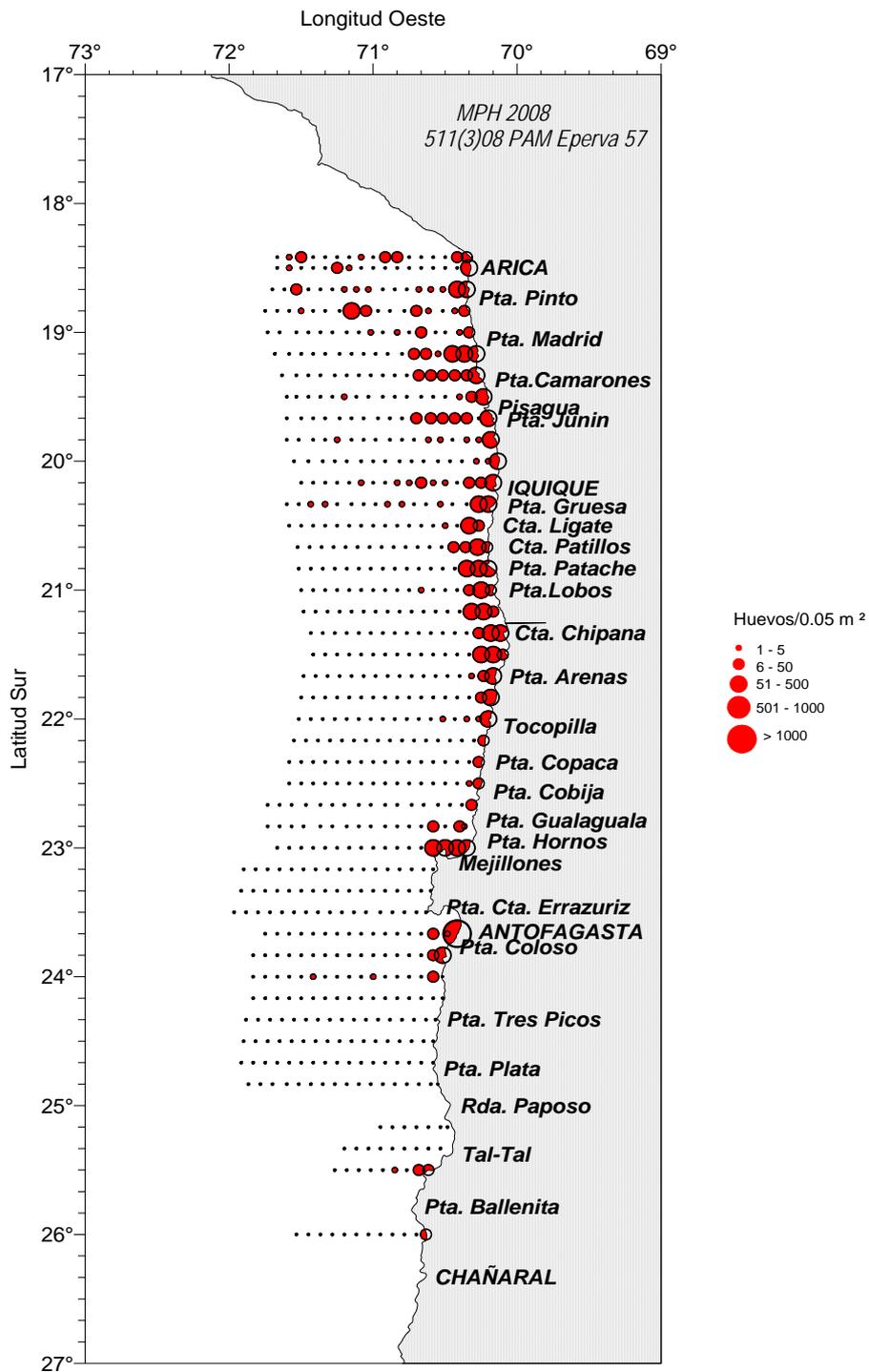


Figura 7. Distribuci3n y abundancia de huevos de Anchoveta. Crucero MPH - Invierno 2008.

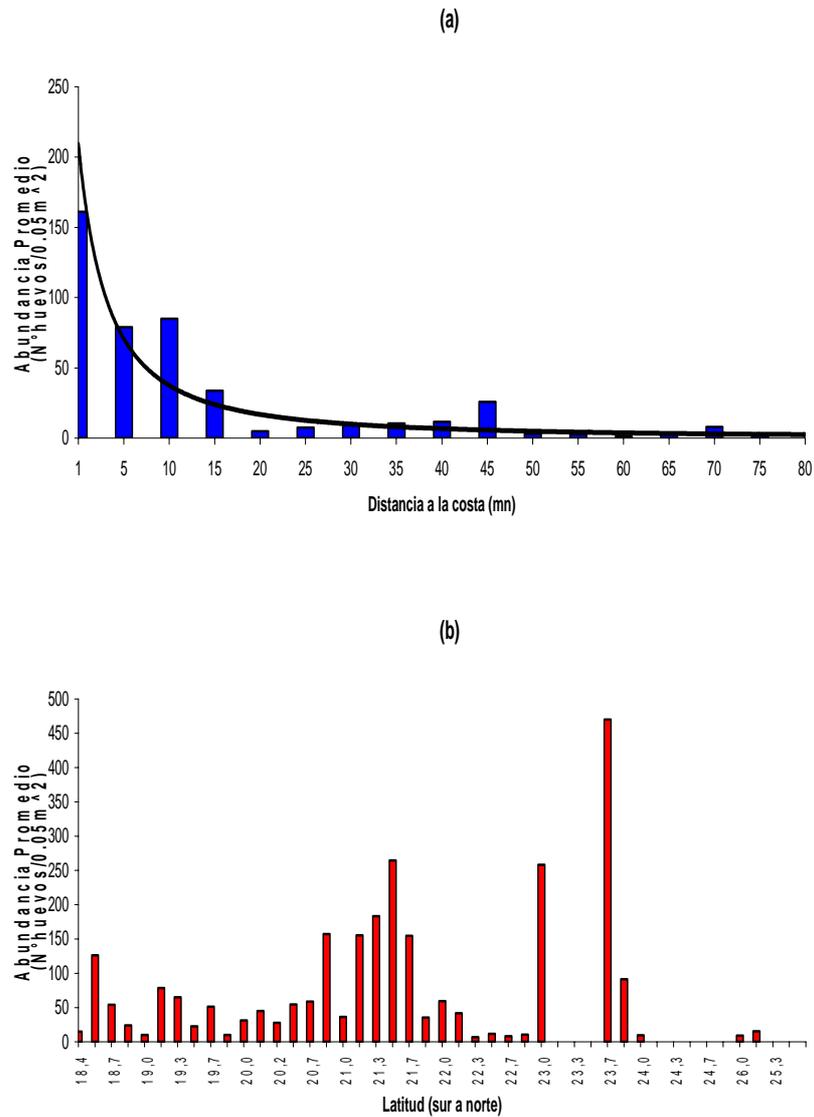


Figura 8. Distribuci3n de la densidad promedio de huevos de anchoveta con respecto a la distancia de la costa (a) y con respecto a la latitud (b). Crucero MPH – Invierno 2008.

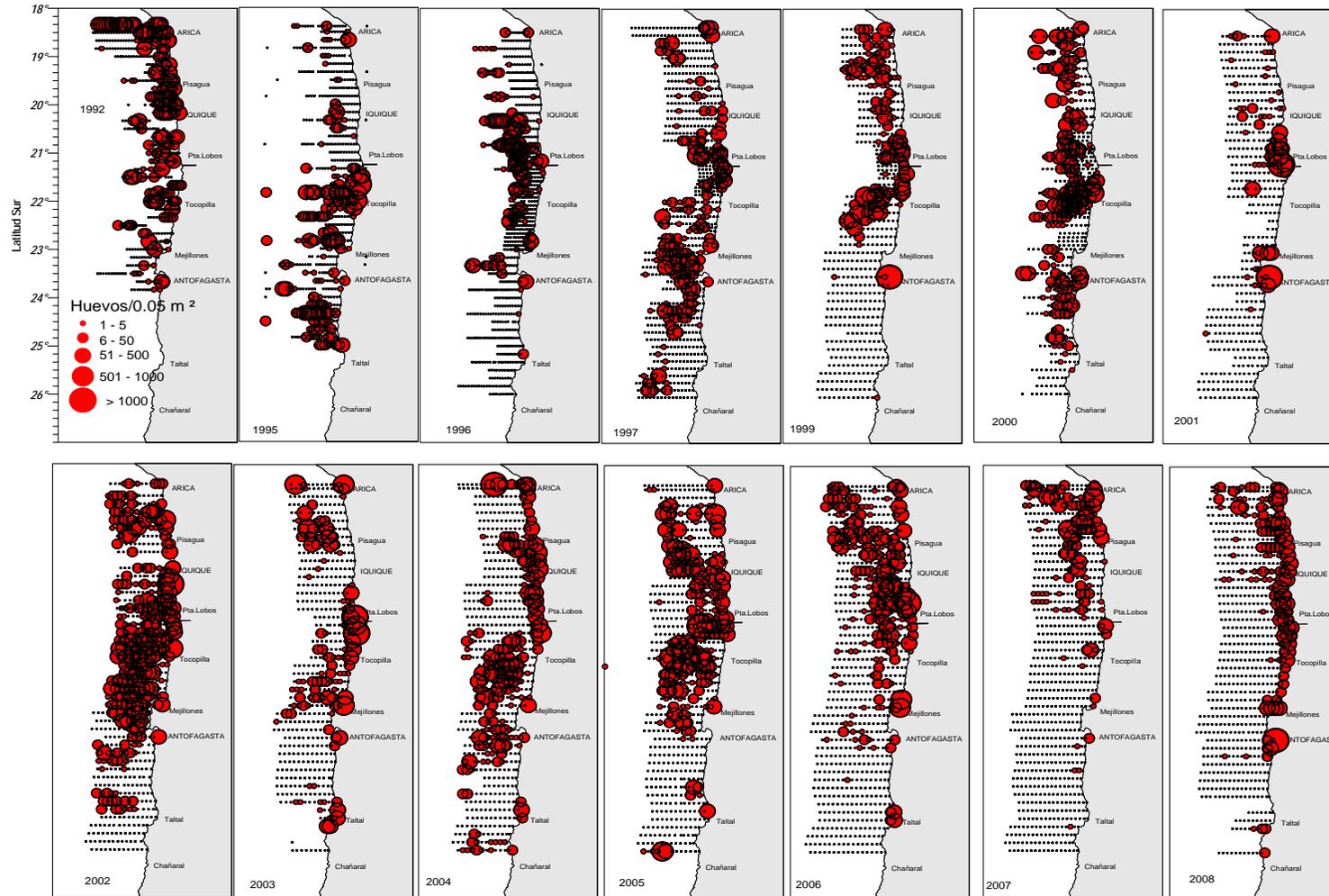


Figura 9. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de Anchoqueta. Cruceros MPH Inviernos 1992 - 2008.

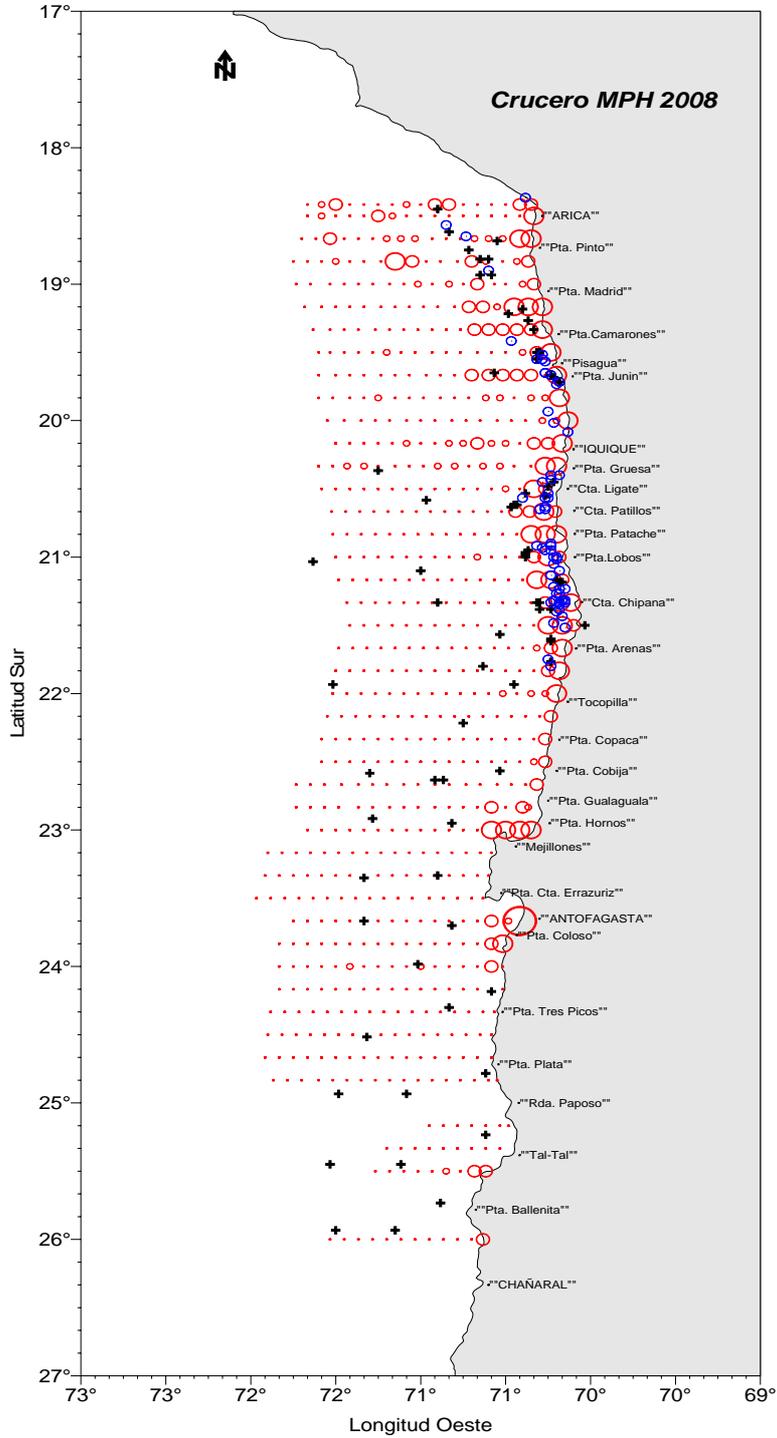


Figura 10. Distribuci3n espacial de los lances de pesca v/s los huevos de anchoveta. Crucero MPH Invierno 2008. Color azul: lances efectivos; color negro: lances no efectivos y color rojo: huevos de anchoveta.

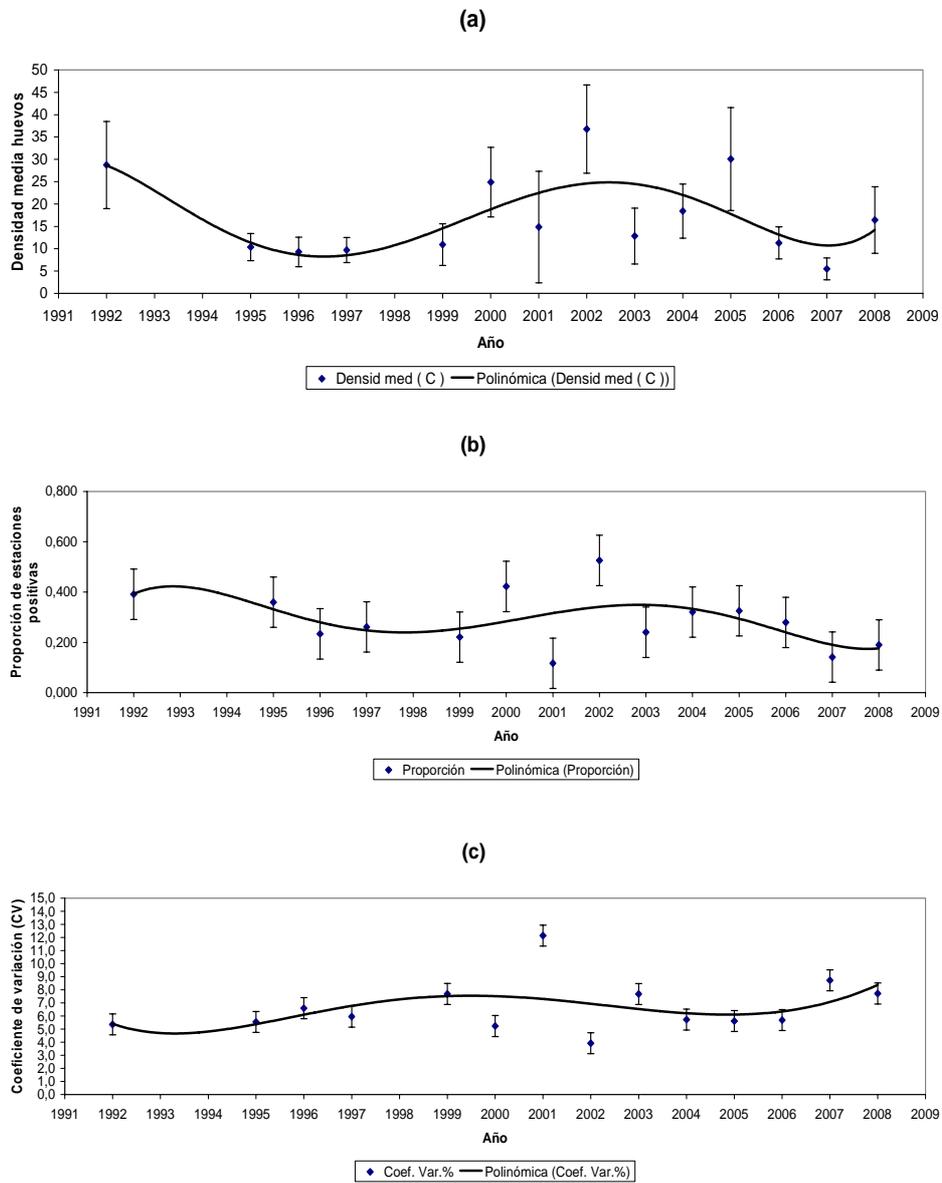


Figura 11. Densidad media de huevos estimada para el per3odo 1992-2008, a trav3s del estimador de la media de una distribuci3n delta (a), proporci3n de estaciones positivas (con huevos), per3odo 1992 – 2008 (b) y coeficiente de variaci3n (c). Se incluyen curvas de tendencia evaluadas a trav3s de un polinomio de grado 5. (intervalos de confianza $\alpha = 0.1$).

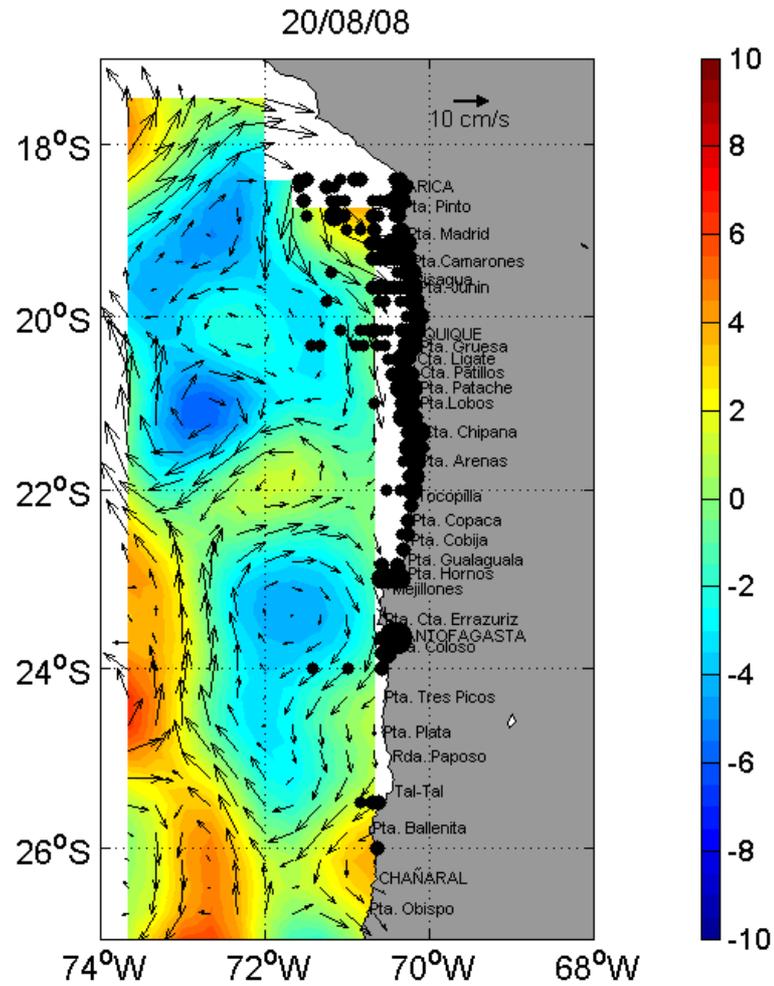


Figura 12. Anomalia de nivel del mar (cm), corrientes geostóficas (cm/s) y huevos (N°/0,05m²) durante el crucero MPH 2008 (Fuente: AVISO).

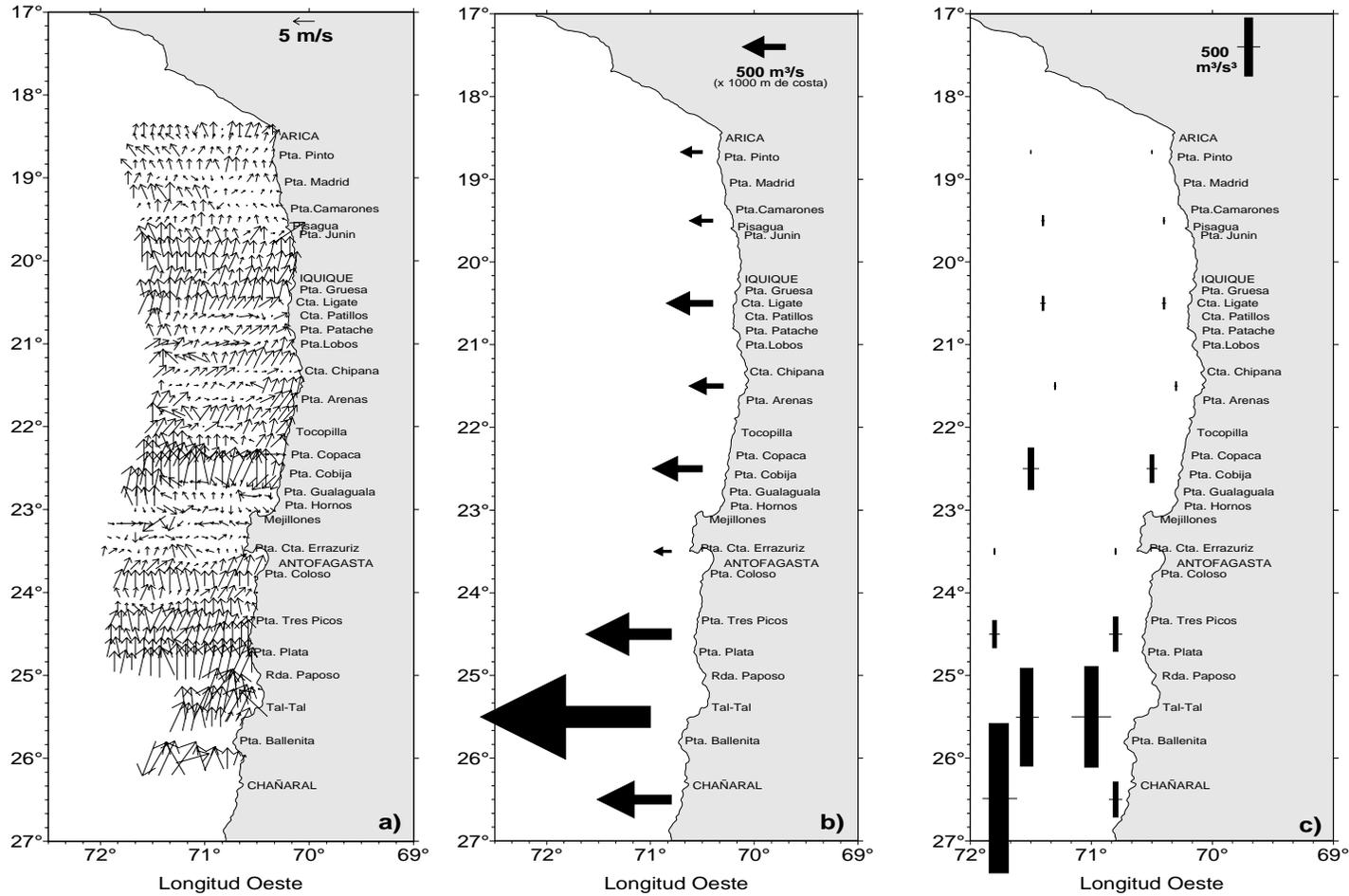


Figura 13. Informaci3n de a) direcci3n e intensidad del viento (m/s), b) índice de surgencia promedio de las observaciones en las primeras 30 mn por grado de latitud y c) índice de turbulencia promedio costero y oceánico por grado de latitud del viento predominante medido en las estaciones oceanográficas. Crucero MPH - Invierno 2008.

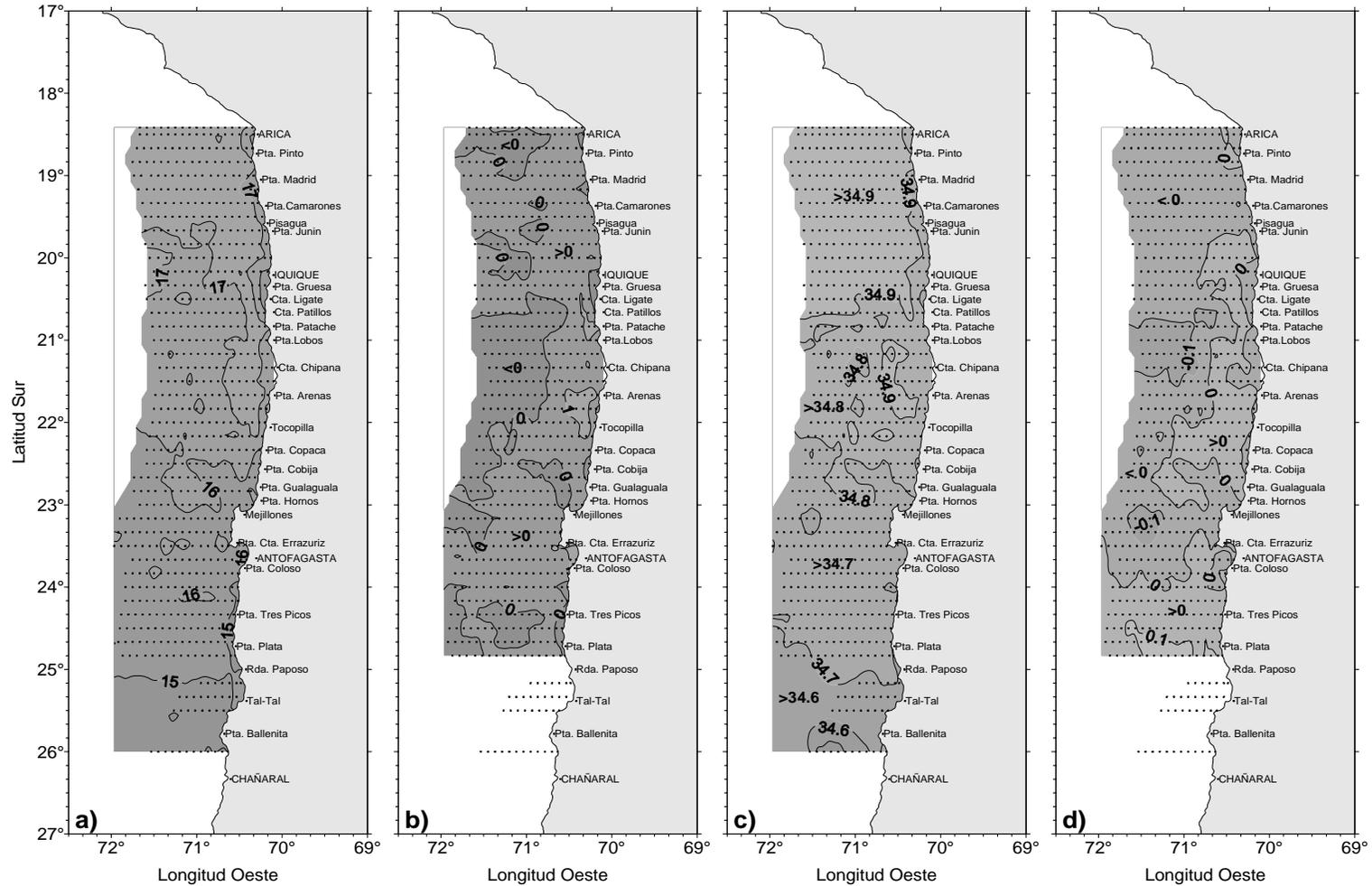


Figura 14. Distribuci3n superficial de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

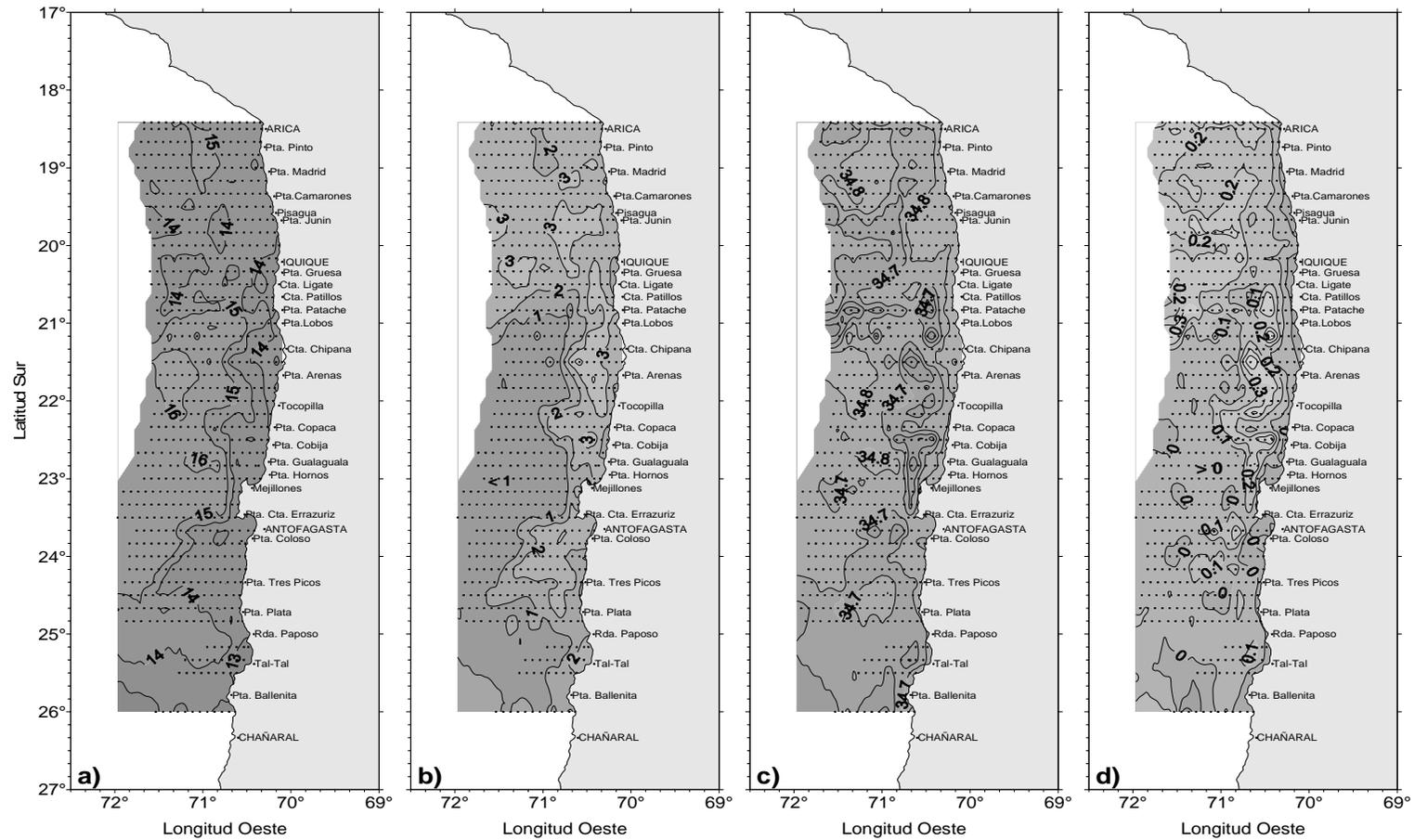


Figura 15. Distribuci3n de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el nivel de 50 m de profundidad, b) diferencia t3rmica ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y el nivel de 50 m, c) salinidad (psu) en el nivel de 50 m de profundidad y d) diferencia de salinidad (psu) entre superficie y el nivel de 50 m. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

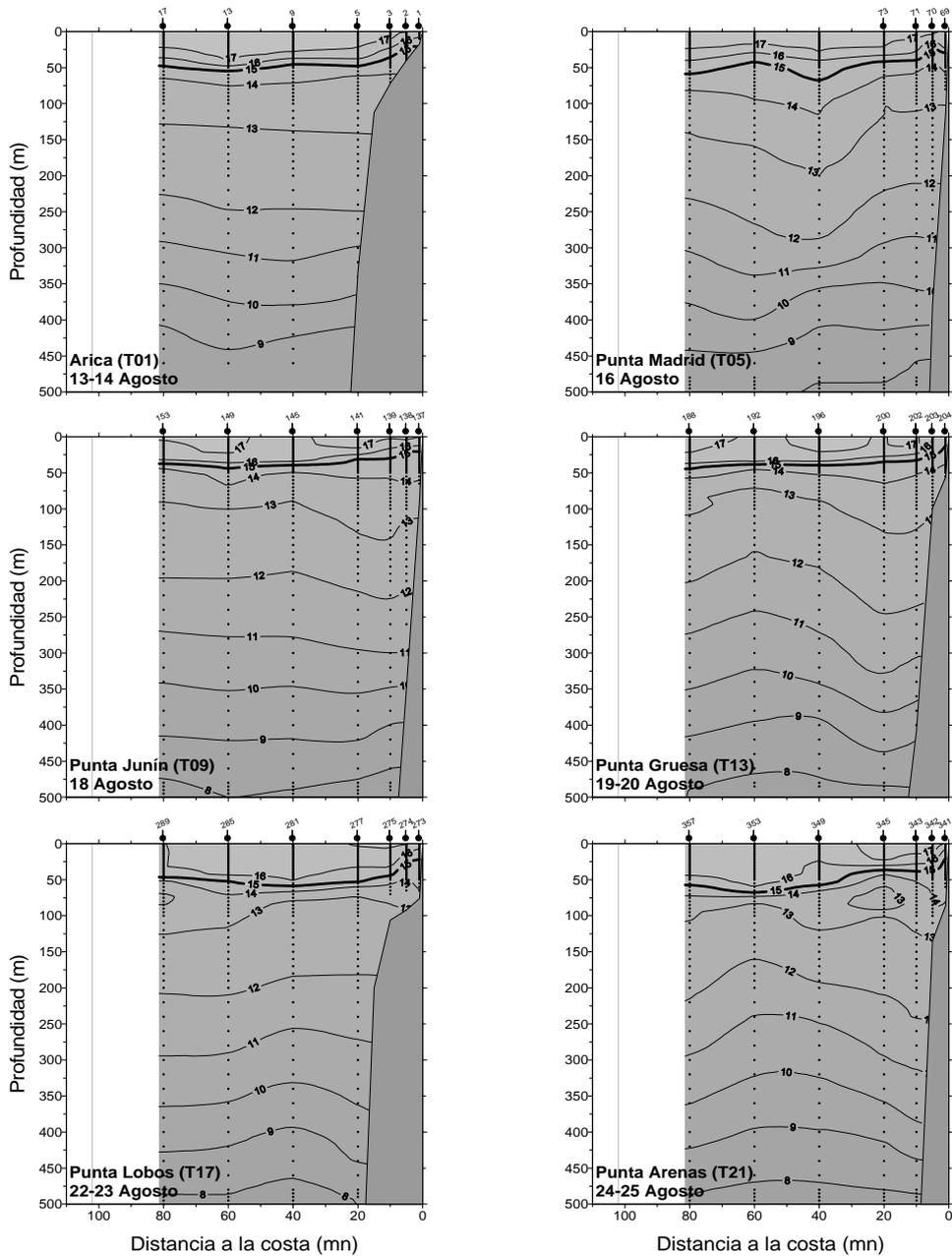


Figura 16. Distribuci3n vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas oceanogr1ficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

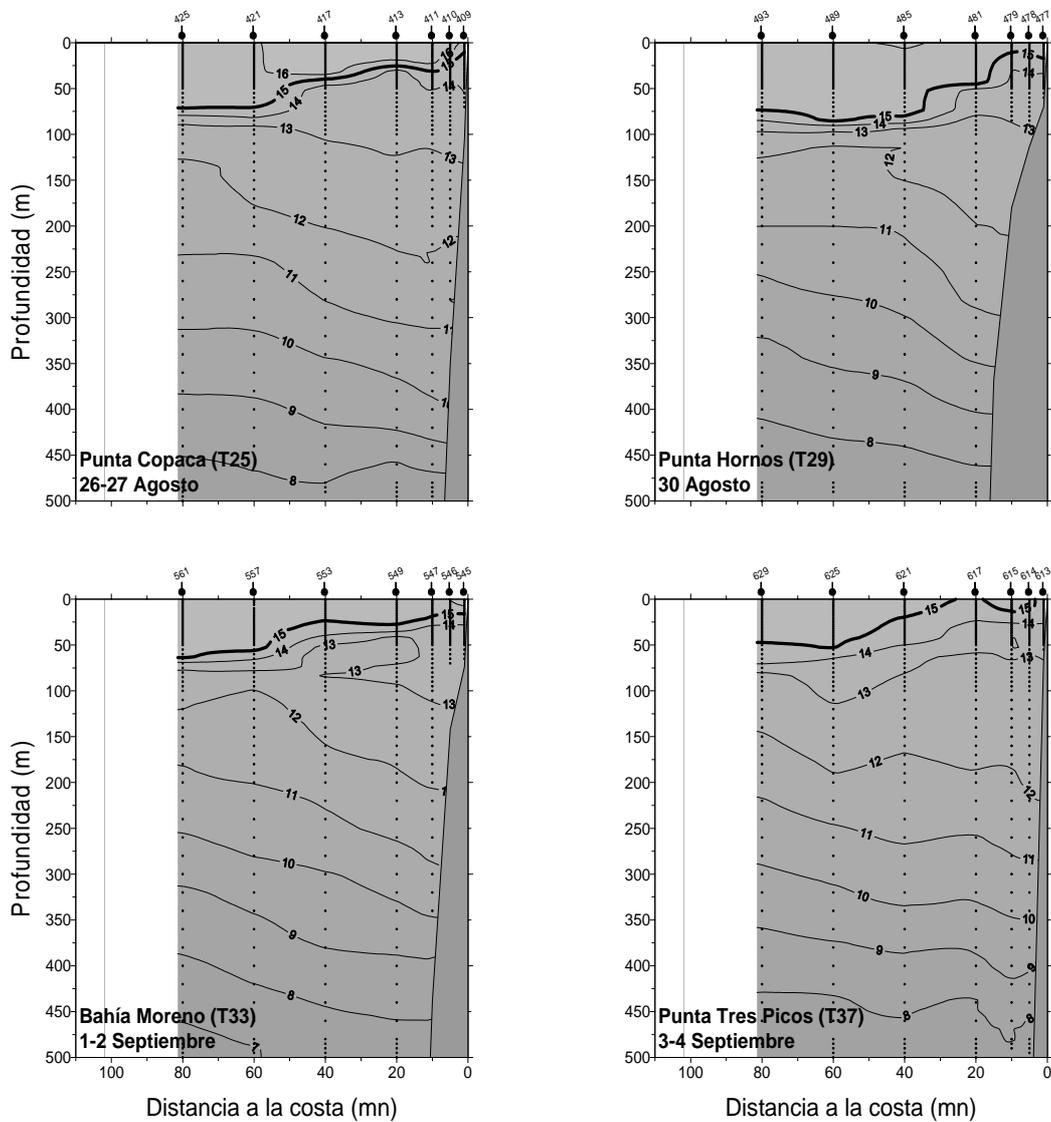


Figura 17. Distribuci3n vertical de temperatura ($^{\circ}$ C) en las transectas oceanogr3ficas 25, 29, 33 y 37. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

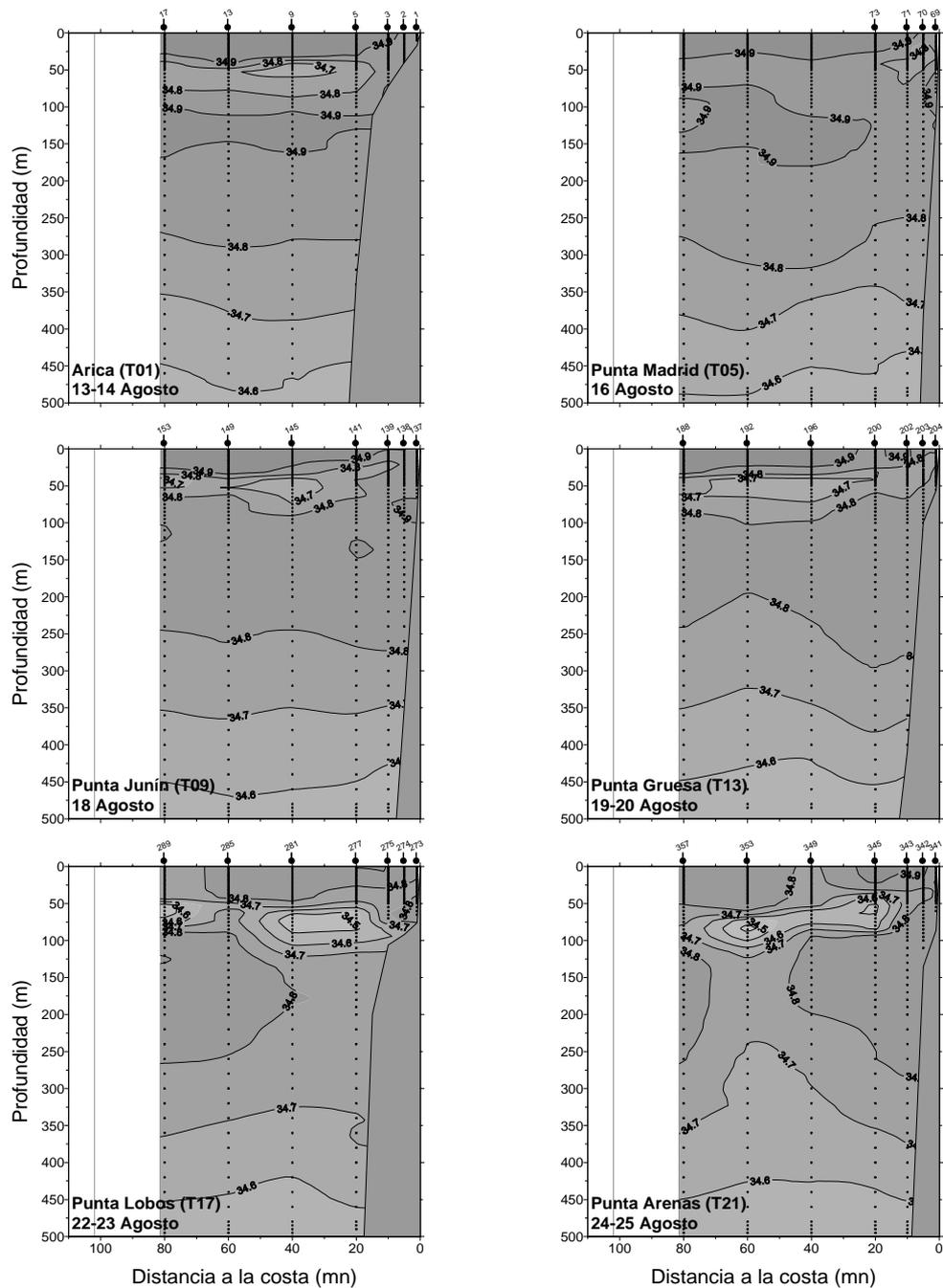


Figura 18. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanogr3ficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

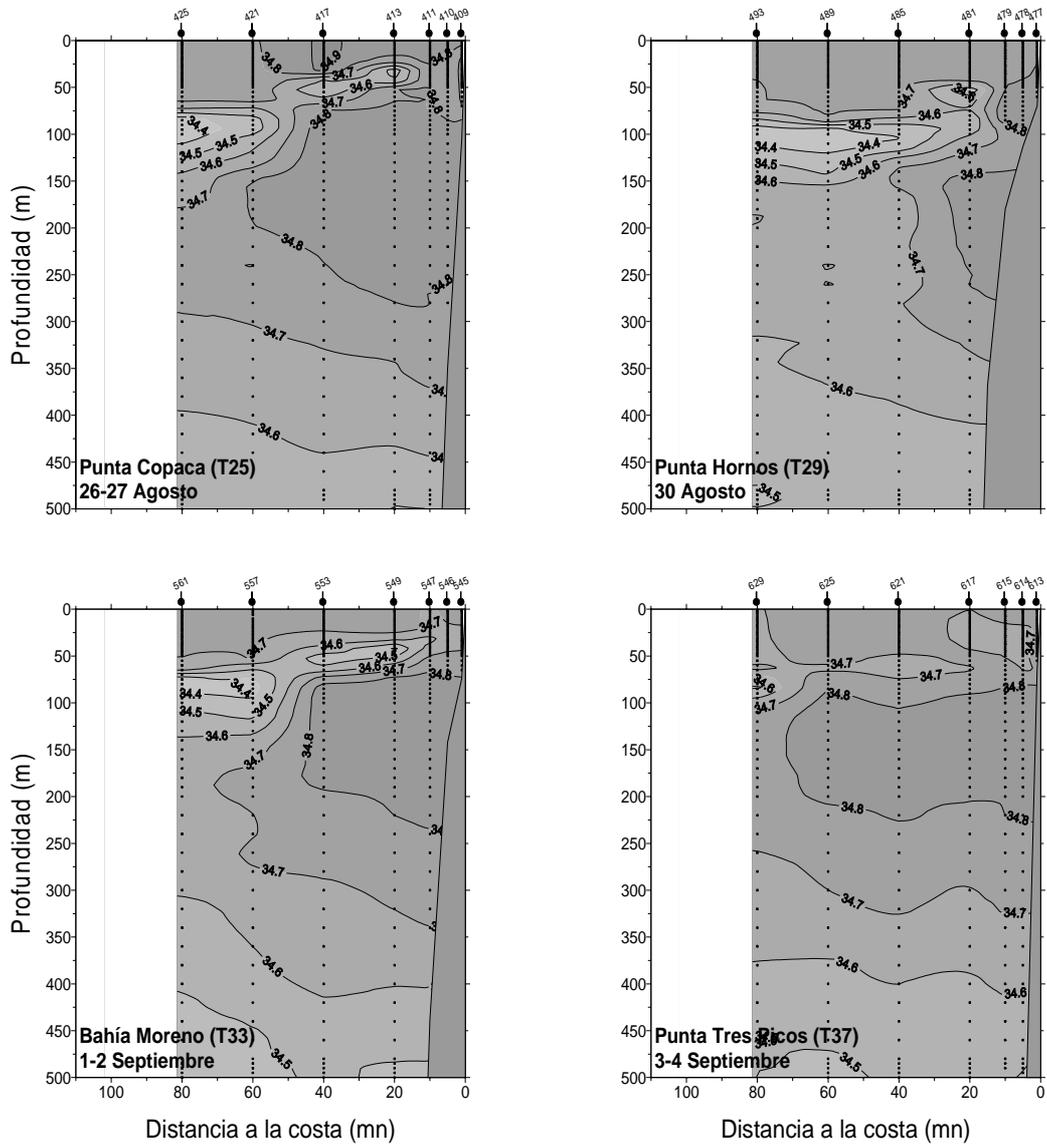


Figura 19. Distribuci3n vertical de salinidad (°C) en las transectas oceanogr3ficas 25, 29, 33 y 37. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

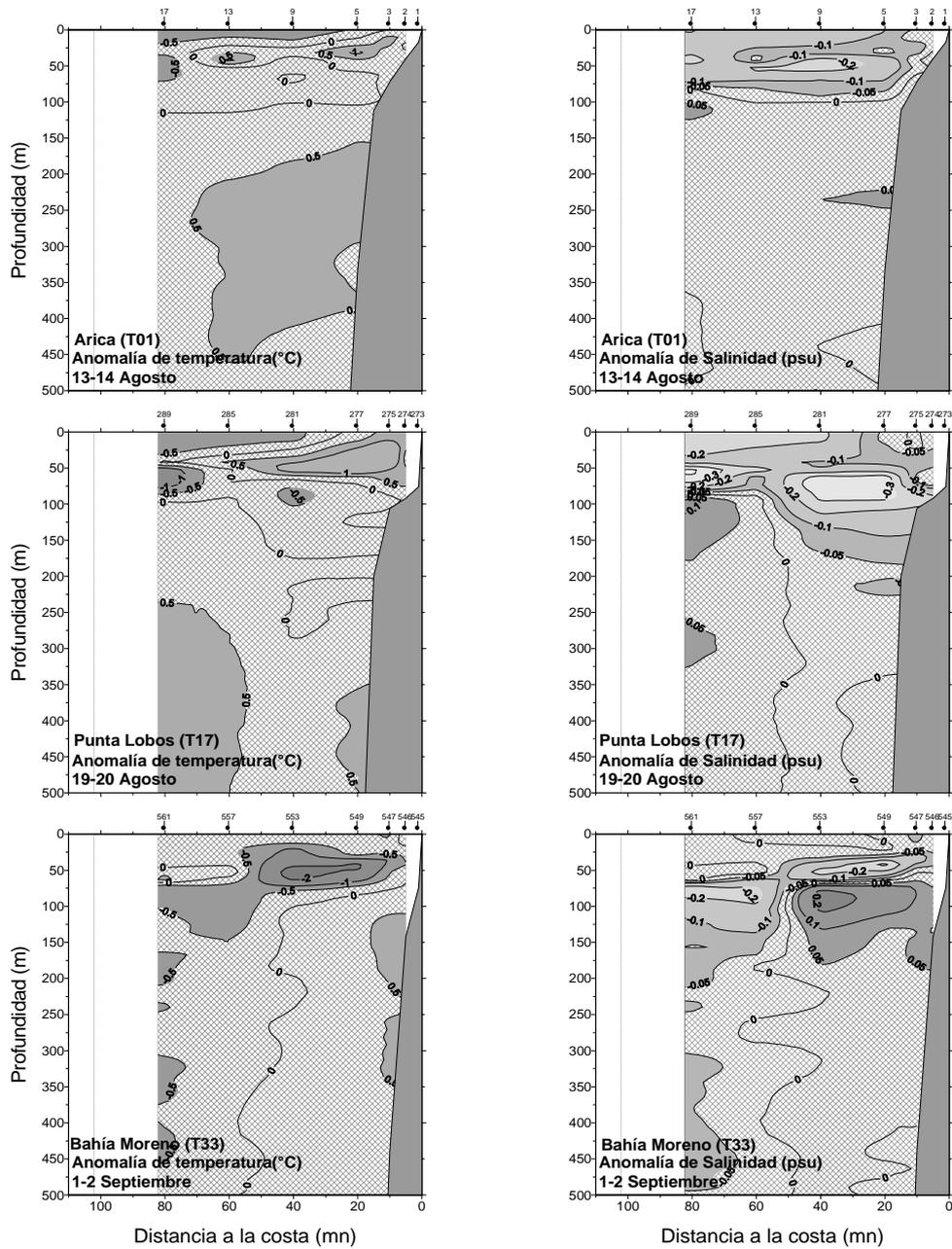


Figura 20. Anomalia vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas: de Arica (18°25'S) (T1), punta Lobos (21°00'S) (T17) y Bahía Moreno (23°40'S) (T33). Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

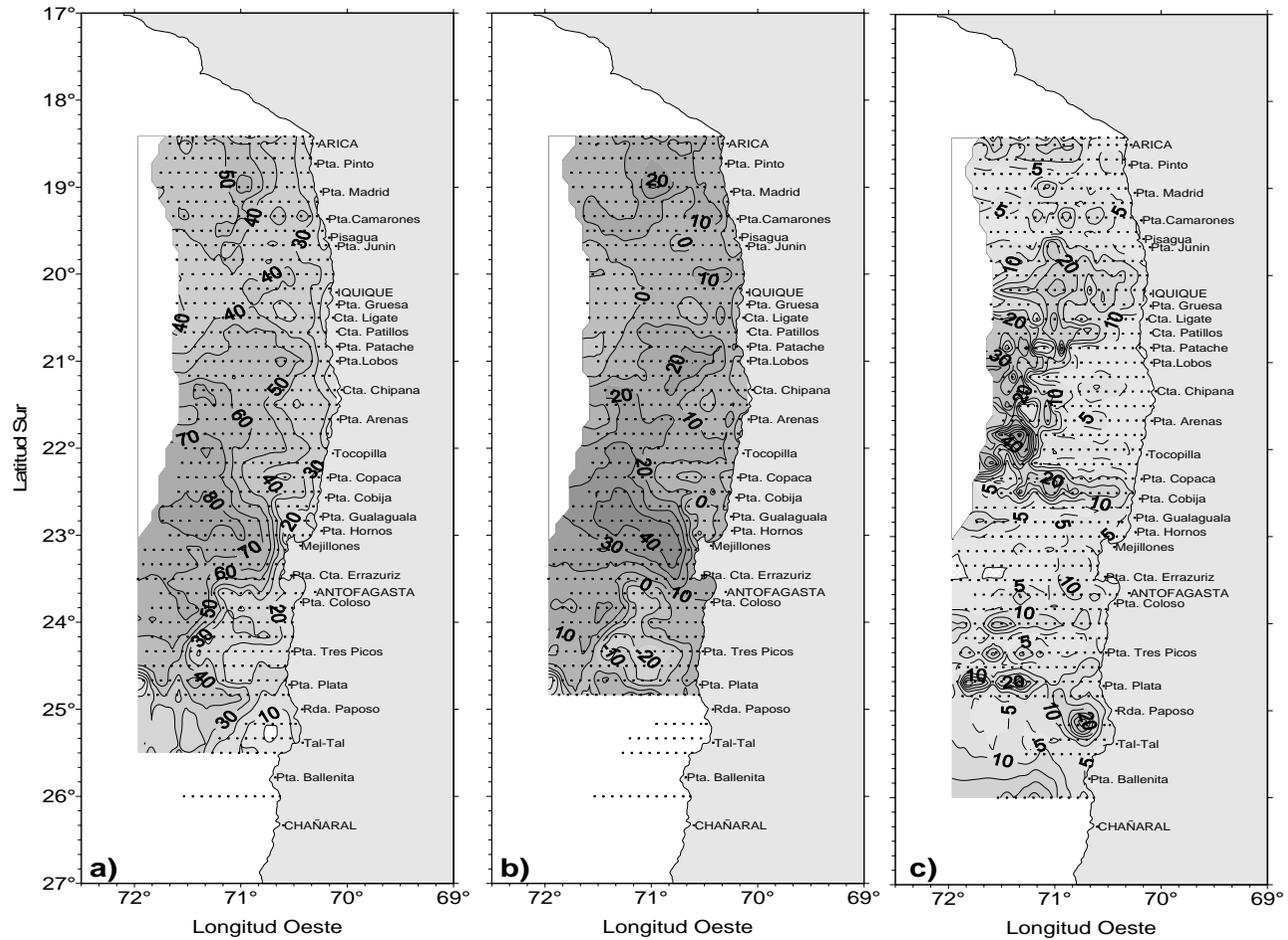


Figura 21. Distribuci3n de a) profundidad de la isoterma de 15°C (m), b) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) y c) espesor de la capa de mezcla (m). Crucero MPH -11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

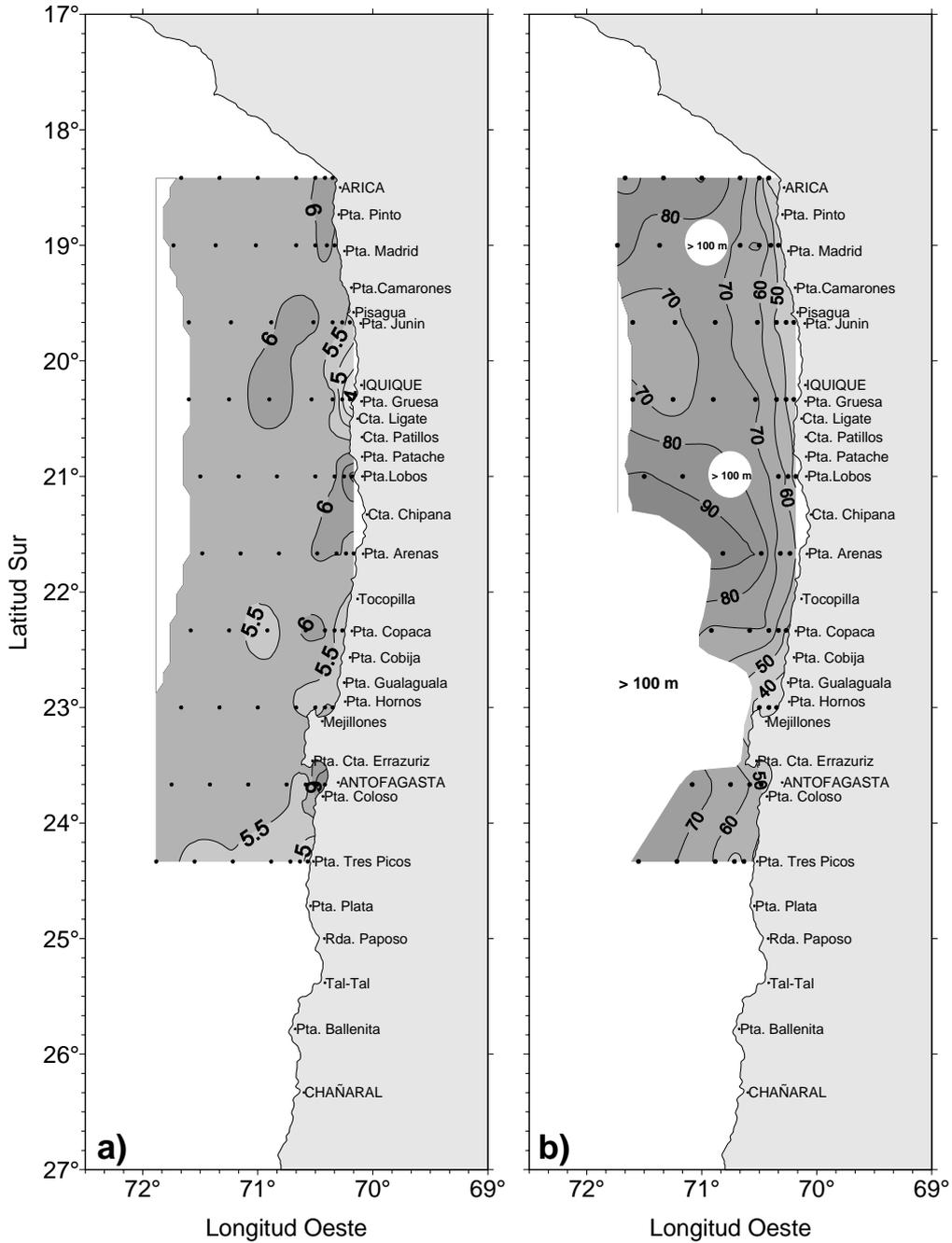


Figura 22. Distribuci3n de a) concentraci3n de ox3geno disuelto superficial (mL/L) y b) profundidad de la isol3nea de 1 mL/L de ox3geno disuelto (m). Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

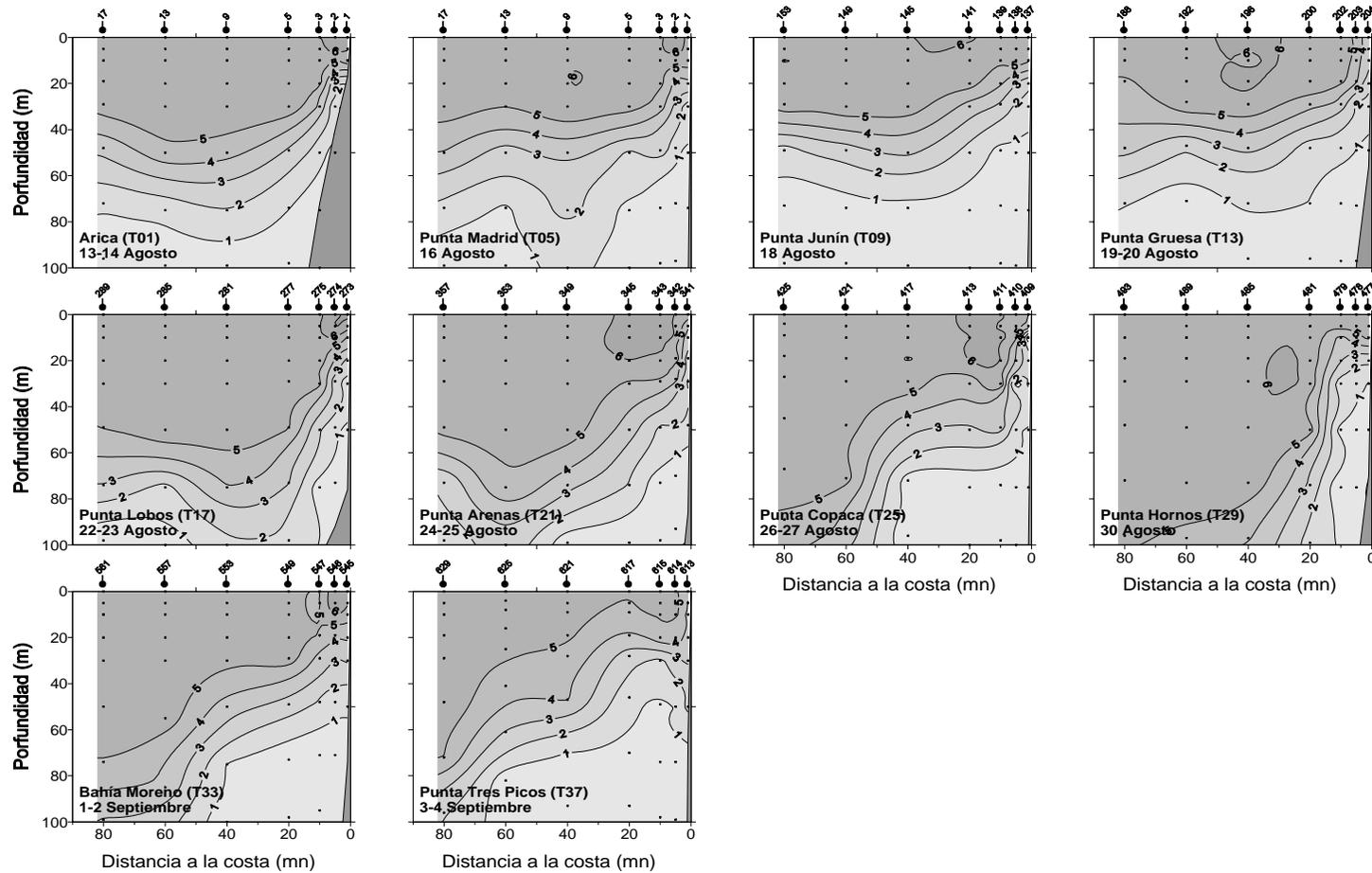


Figura 23. Distribuci3n vertical de ox3geno disuelto (mL/L) en las transectas oceanogr3ficas. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

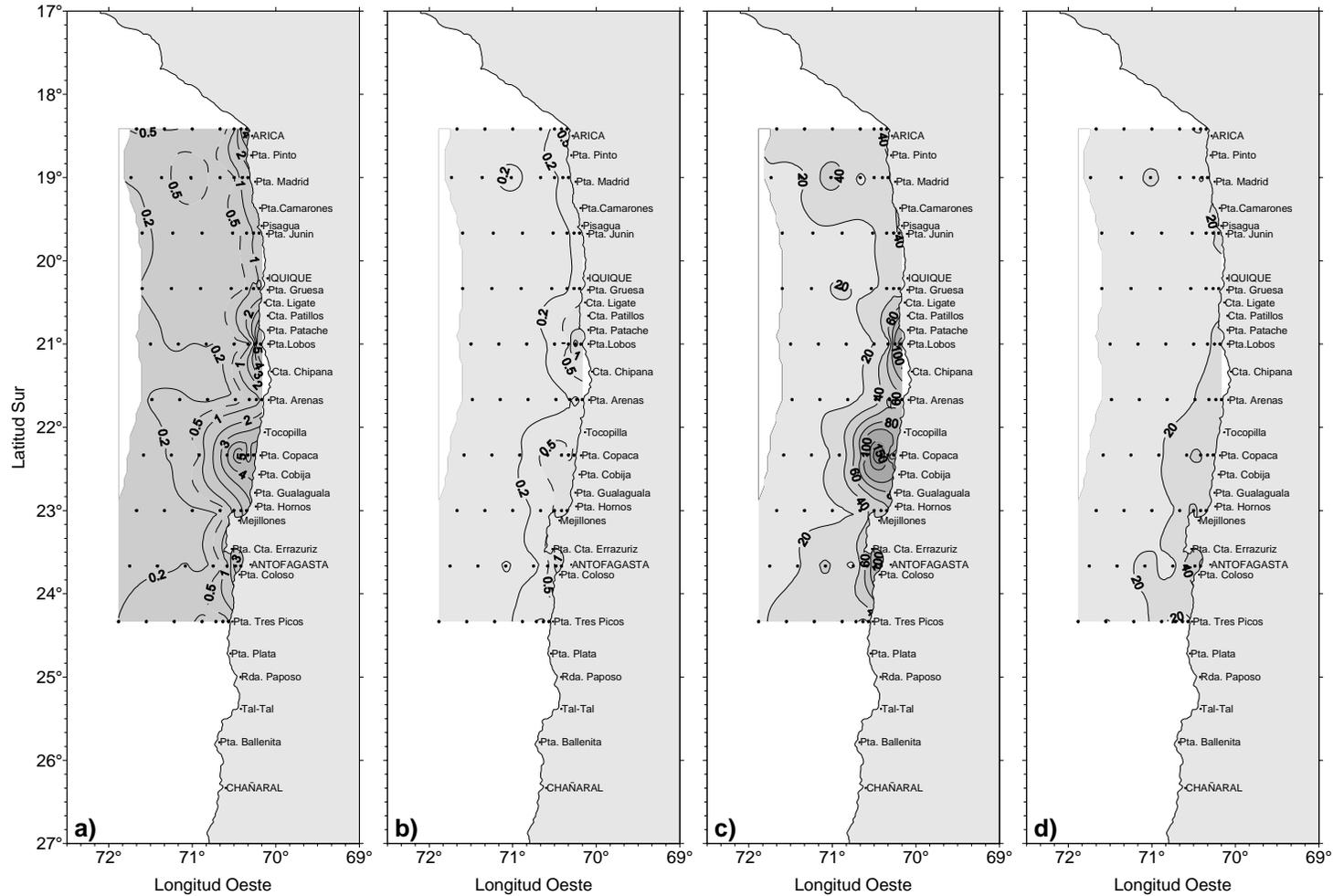


Figura 24. Distribuci3n de a) clorofila a superficial ($\mu\text{g/L}$), b) feopigmento superficial ($\mu\text{g/L}$), c) clorofila integrada (mg/m^2) y d) feopigmentos integrados (mg/m^2) Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

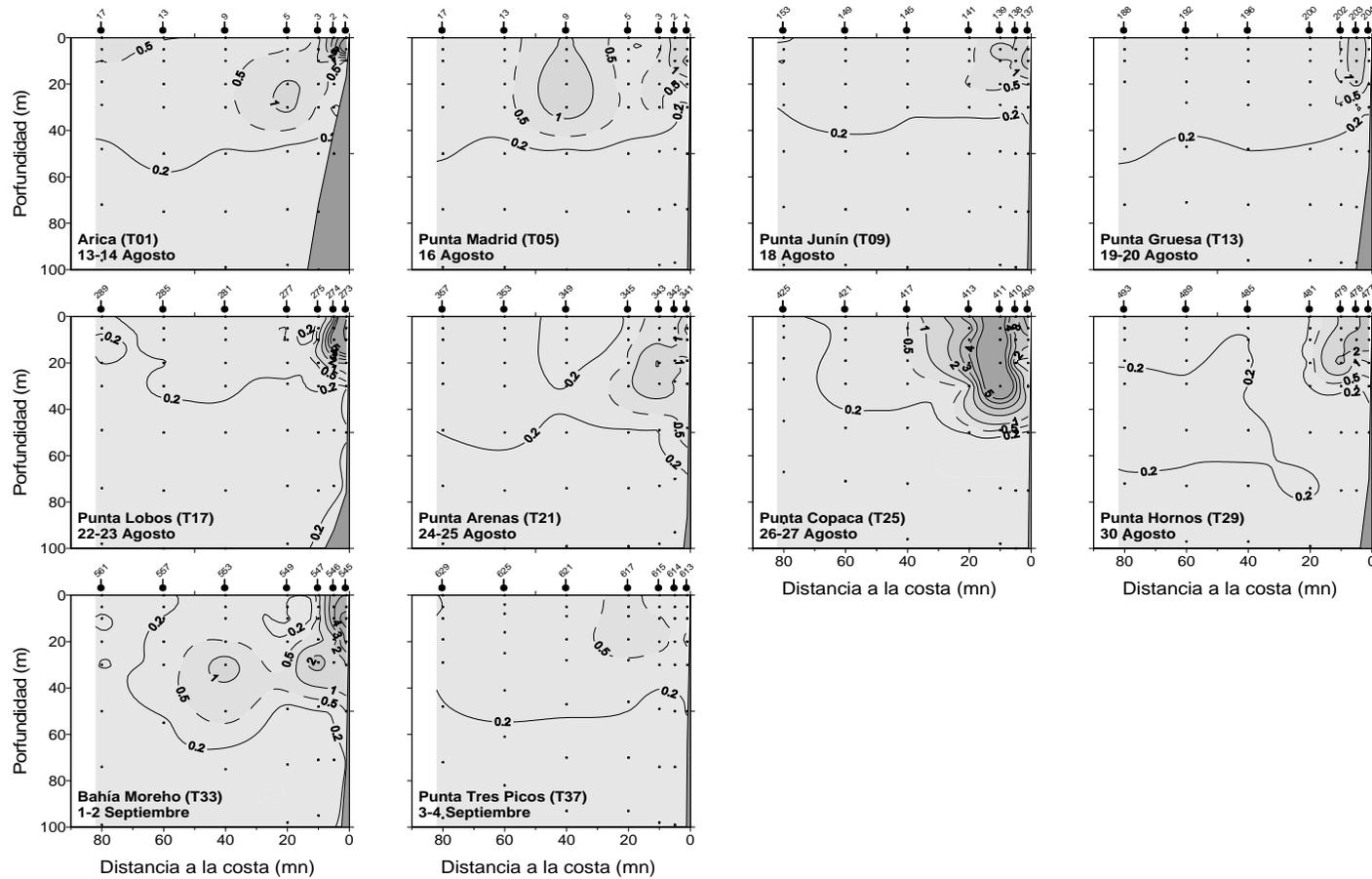


Figura 25. Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en las transectas oceanogr3ficas. Cruceiro MPH -11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

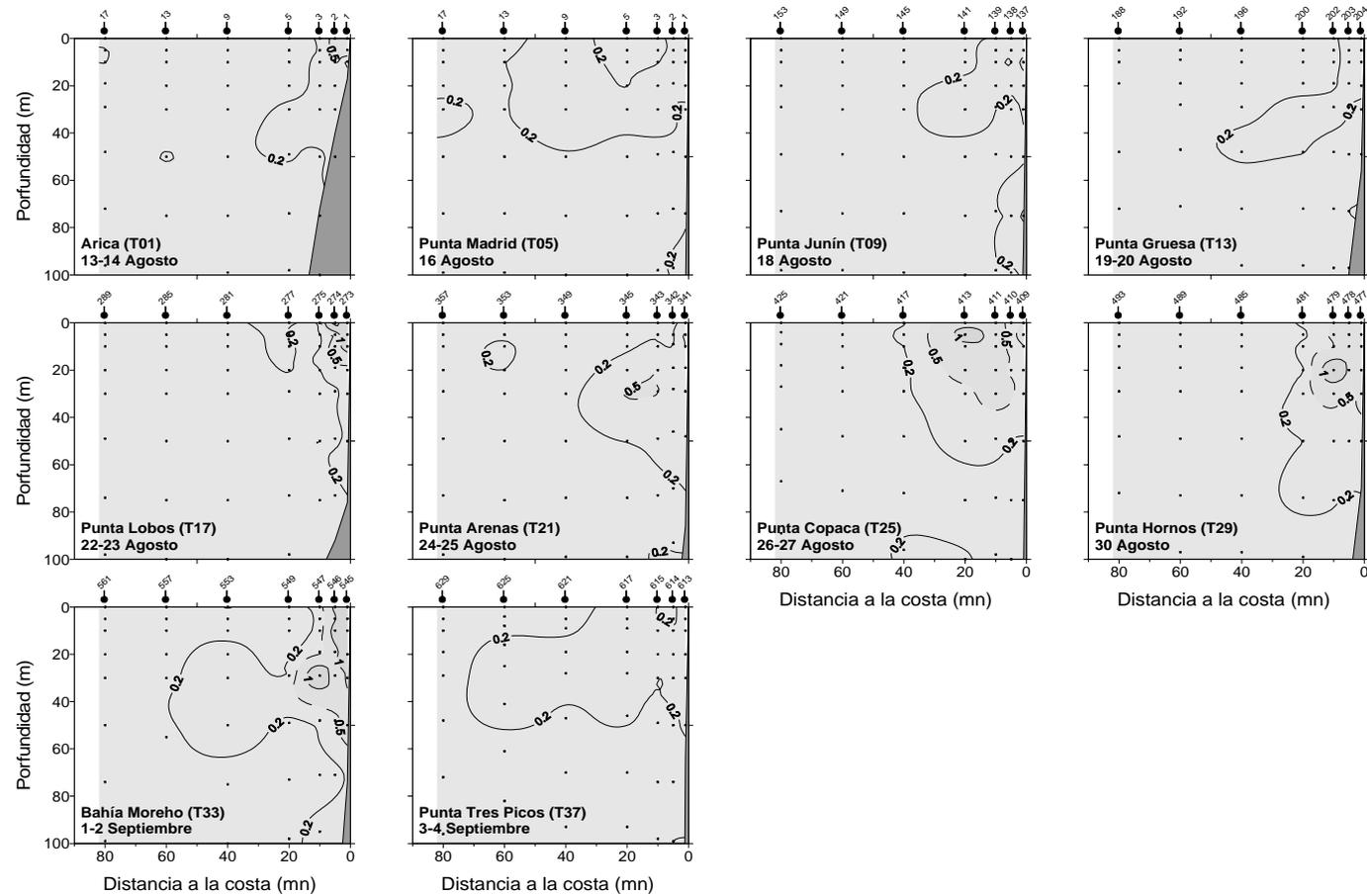


Figura 26. Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en las transectas oceanogr3ficas. Crucero MPH -11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

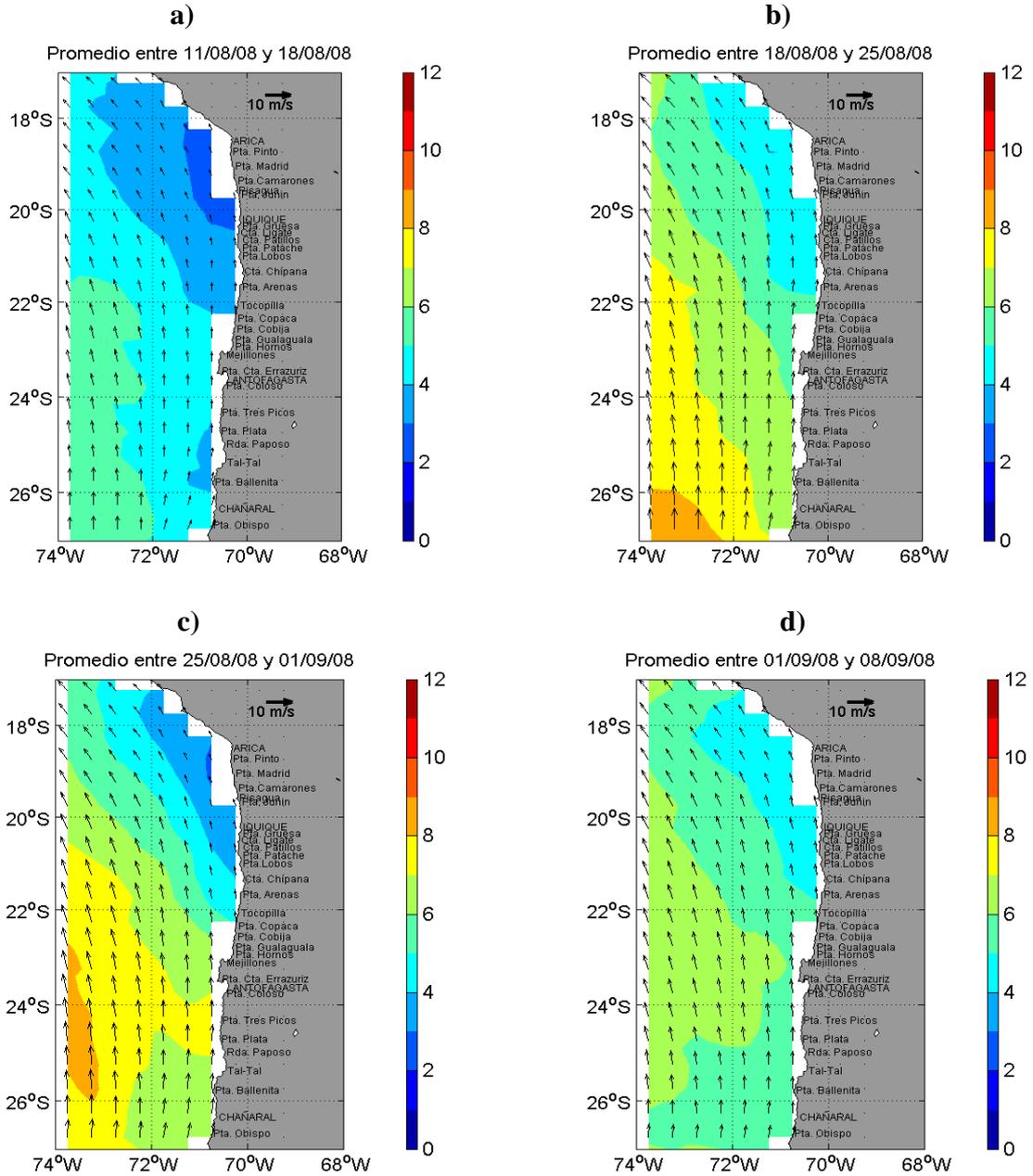


Figura 27. Distribución espacial del promedio semanal del viento y la magnitud del viento (colores) en la zona norte de Chile, correspondiente a los periodos 11 al 18 de agosto (a), 18 al 25 de agosto (b), 25 de agosto al 1 de septiembre (c) y 1 al 8 de septiembre (d), de 2008. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

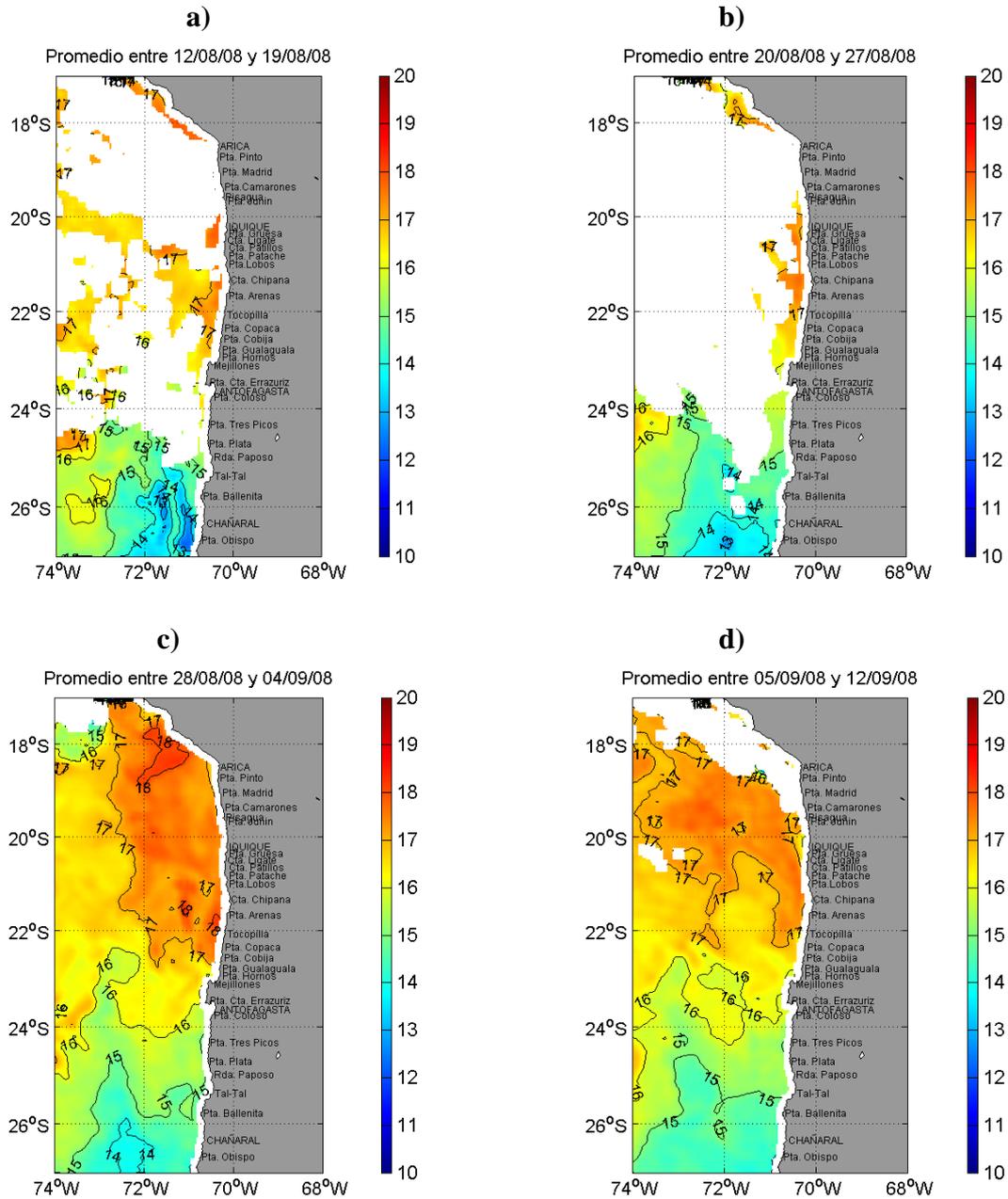


Figura 28. Distribución espacial del promedio semanal de temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile, correspondiente a los periodos 12 al 19 de agosto (a), 20 al 27 de agosto (b), 28 de agosto al 4 de septiembre (c) y 5 al 12 de septiembre (d), de 2008. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

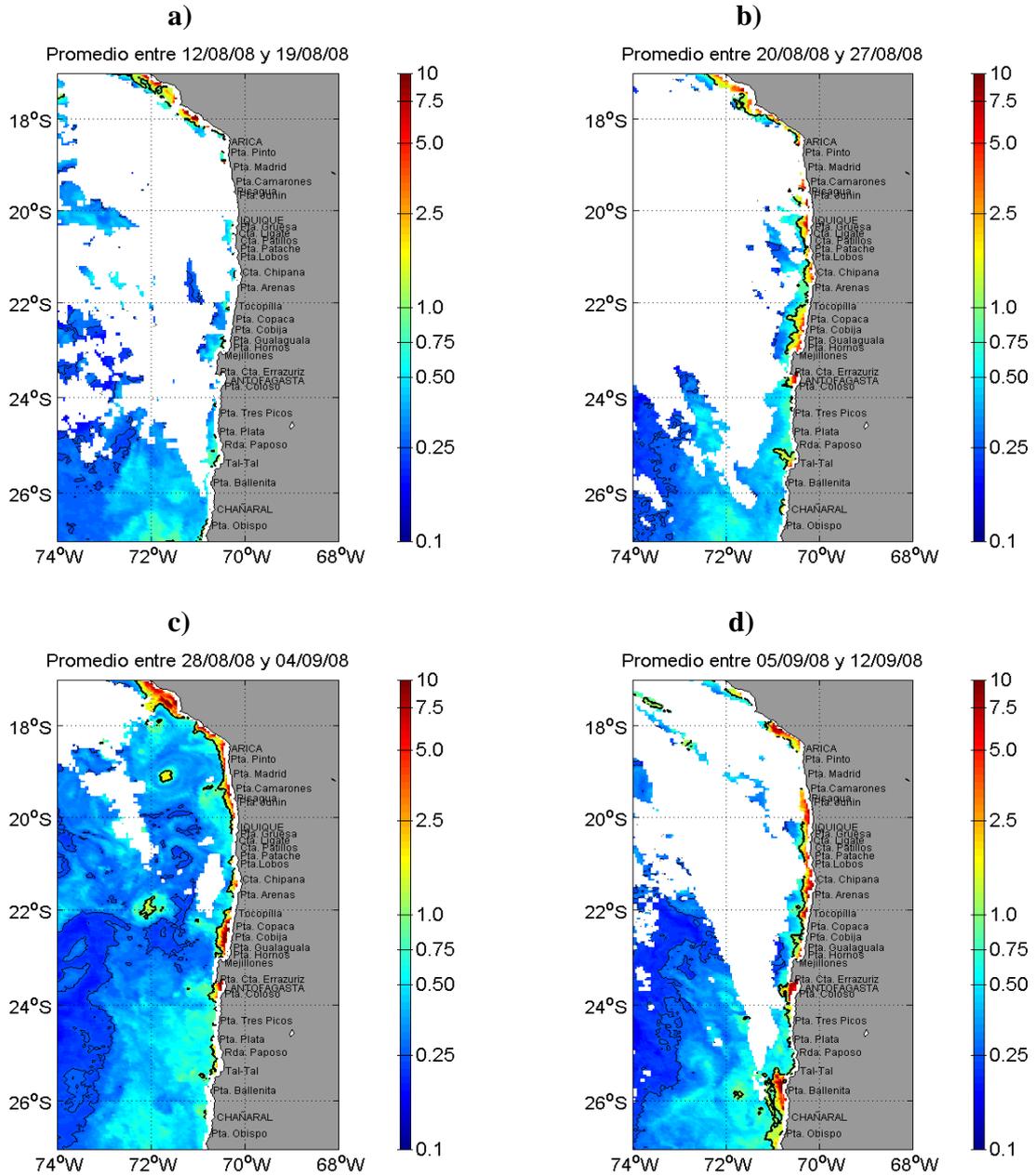


Figura 29. Distribución superficial promedio semanal de la clorofila-a satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los periodos 12 al 19 de agosto (a), 20 al 27 de agosto (b), 28 de agosto al 4 de septiembre (c) y 5 al 12 de septiembre (d), de 2008. (Satélite: MODISA). Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

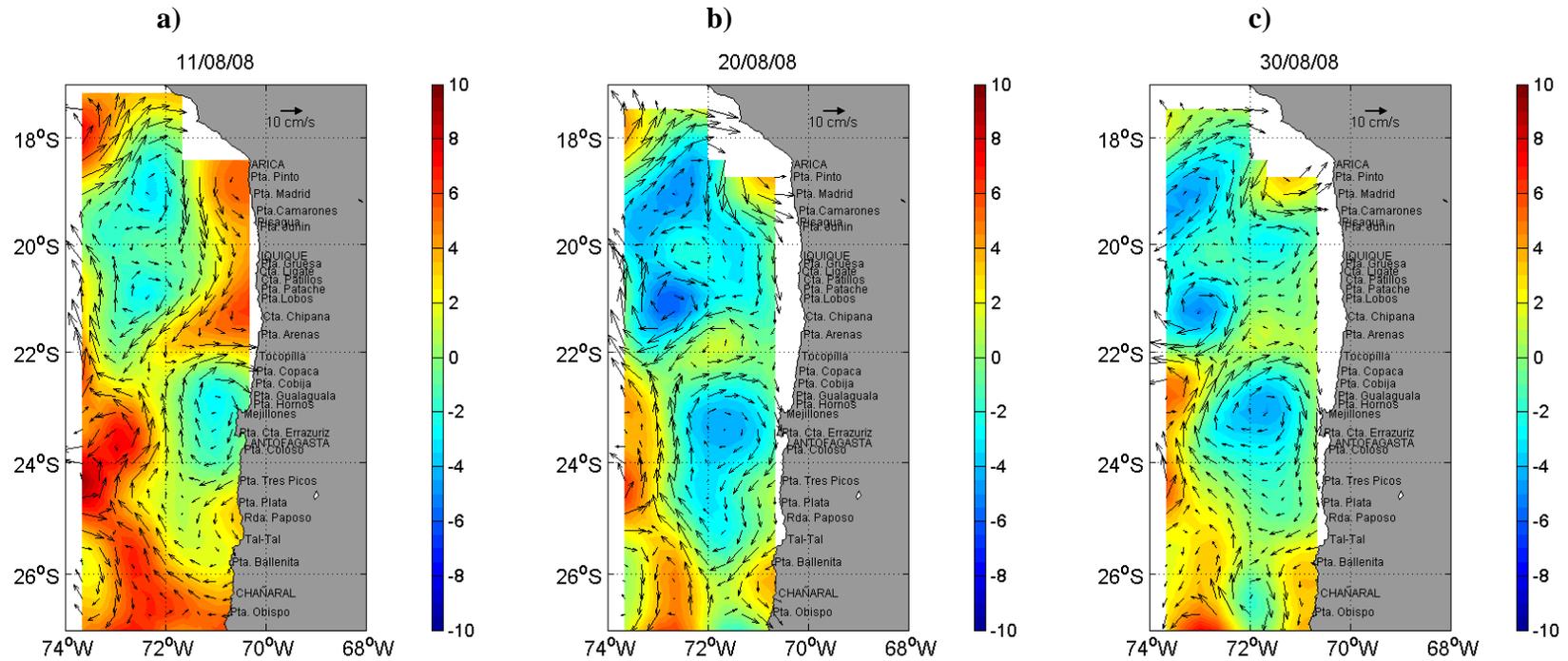


Figura 30. Distribuci3n espacial de la anomalía de nivel medio del mar (color) y las velocidades geostróficas correspondientes en la zona norte de Chile, las cuales son imágenes diarias representativas de la situaci3n prevaleciente durante el crucero. Las imágenes corresponden al 11 (a) y 20 (b) y c) 30 de agosto de 2008. Crucero MPH - 11 de agosto al 10 de septiembre de 2008.

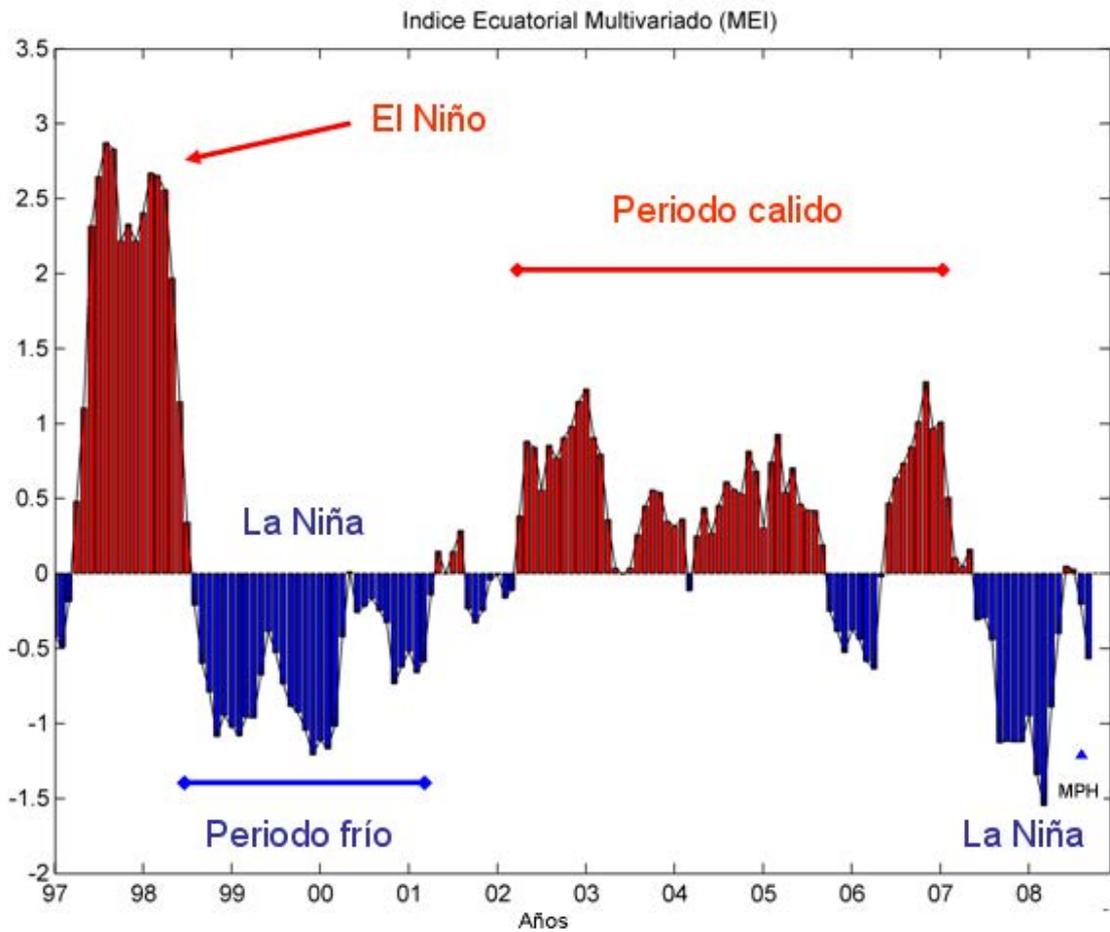


Figura 31. Promedios trimestrales del Índice Multivariado Ecuatorial de eventos ENSO (MEI) para el periodo enero de 2000 a septiembre de 2008. En color rojo se indican los eventos cálidos y en azul los fríos (fuente: Physical Science División. Earth System Research Laboratory, NOAA). Se señala el periodo del crucero MPH dentro de la serie.

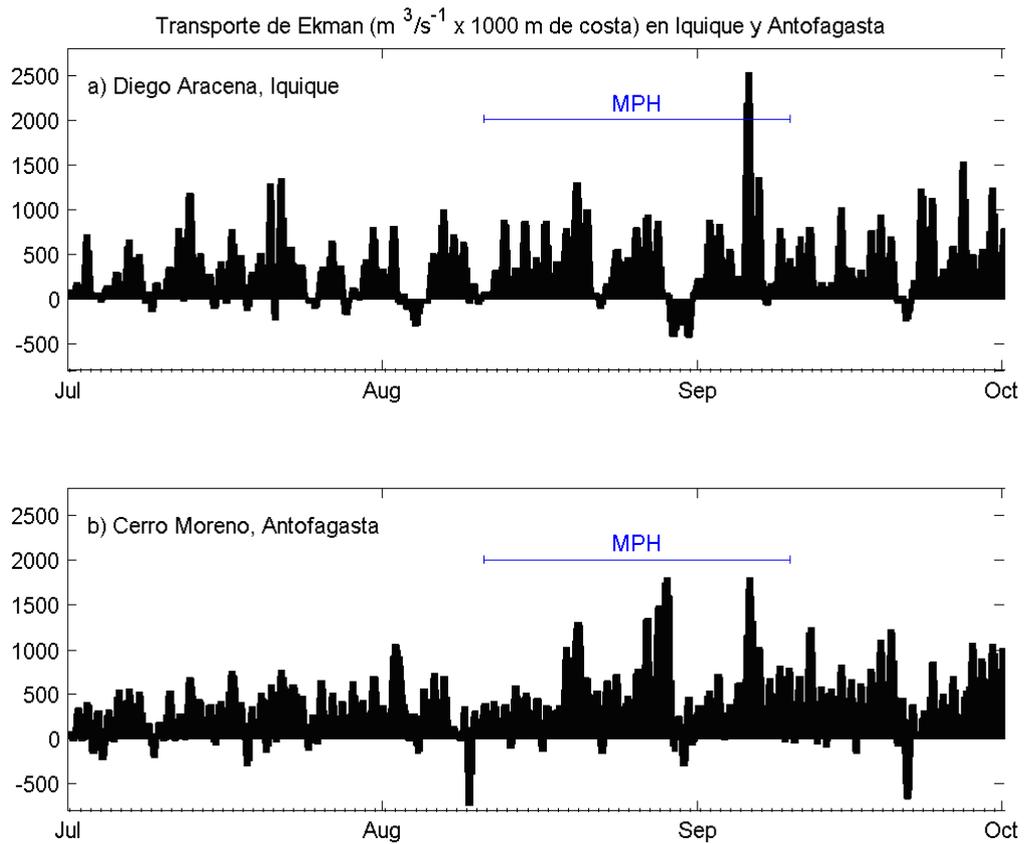


Figura 32. Índice del transporte de Ekman cada 3 horas derivado de los datos de viento de los aeropuertos de Diago Aracena de Iquique (a) y Cerro Moreno de Antofagasta (b). La línea azul marca el periodo del crucero. Fuente: Direcci3n Meteorol3gica de Chile.

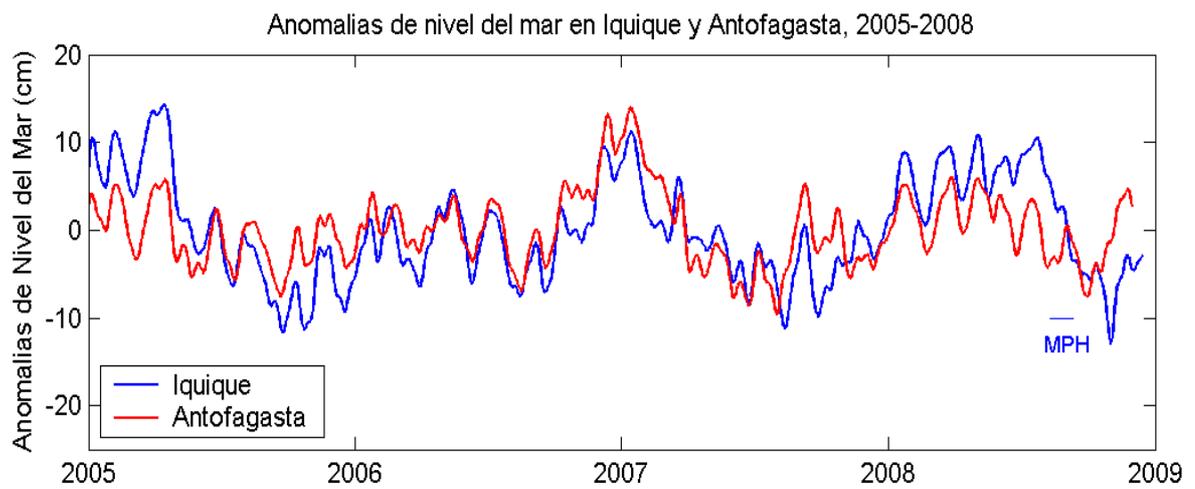


Figura 33. Anomalias de nivel del mar (ANM) calculada a partir de datos diarios de nivel del mar (NM) de los mare3grafos del Servicio Hidrogr3fico y Oceanogr3fico de la Armada de Chile ubicados en los puertos de Iquique y Antofagasta.

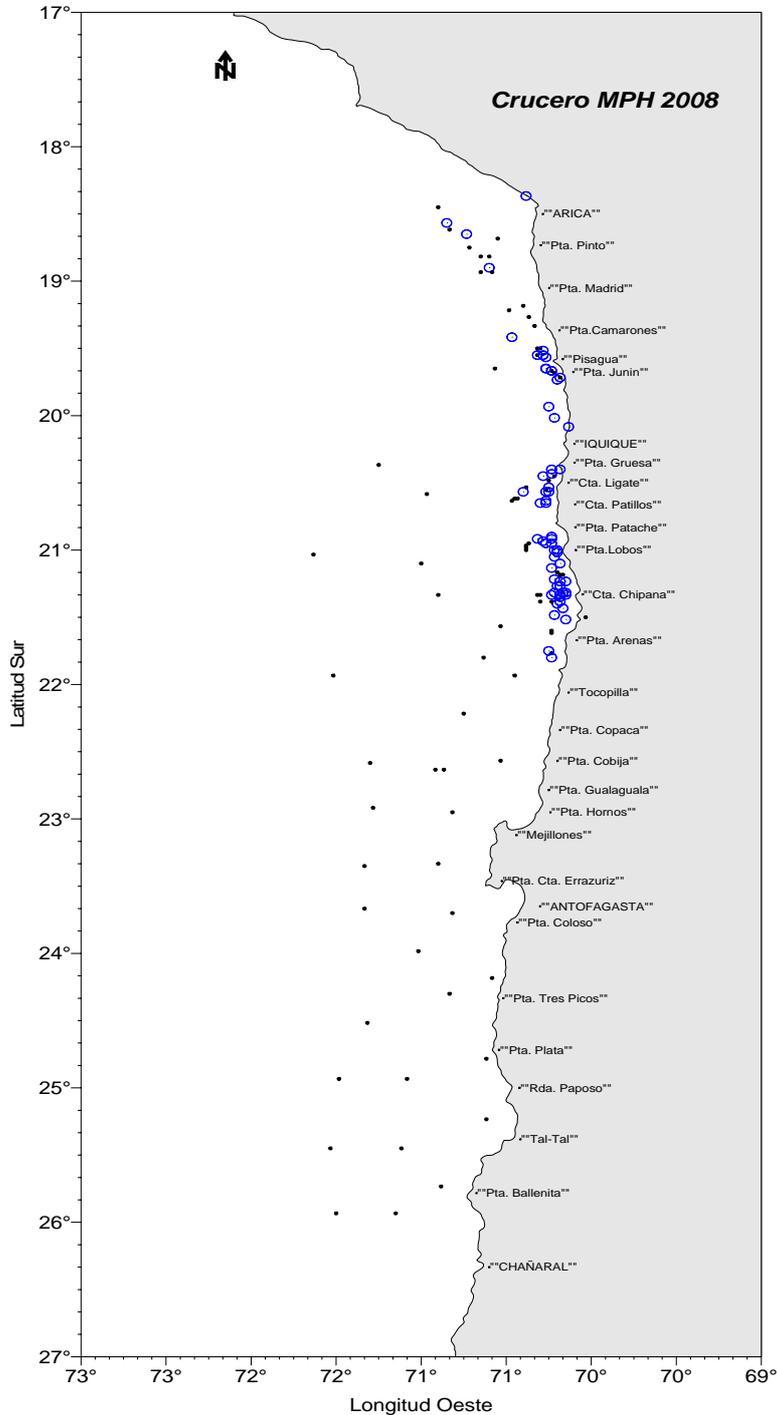


Figura 34. Distribuci3n espacial de los lances de pesca. Crucero MPH - Invierno 2008. Color azul: lances efectivos; color negro: lances no efectivos).

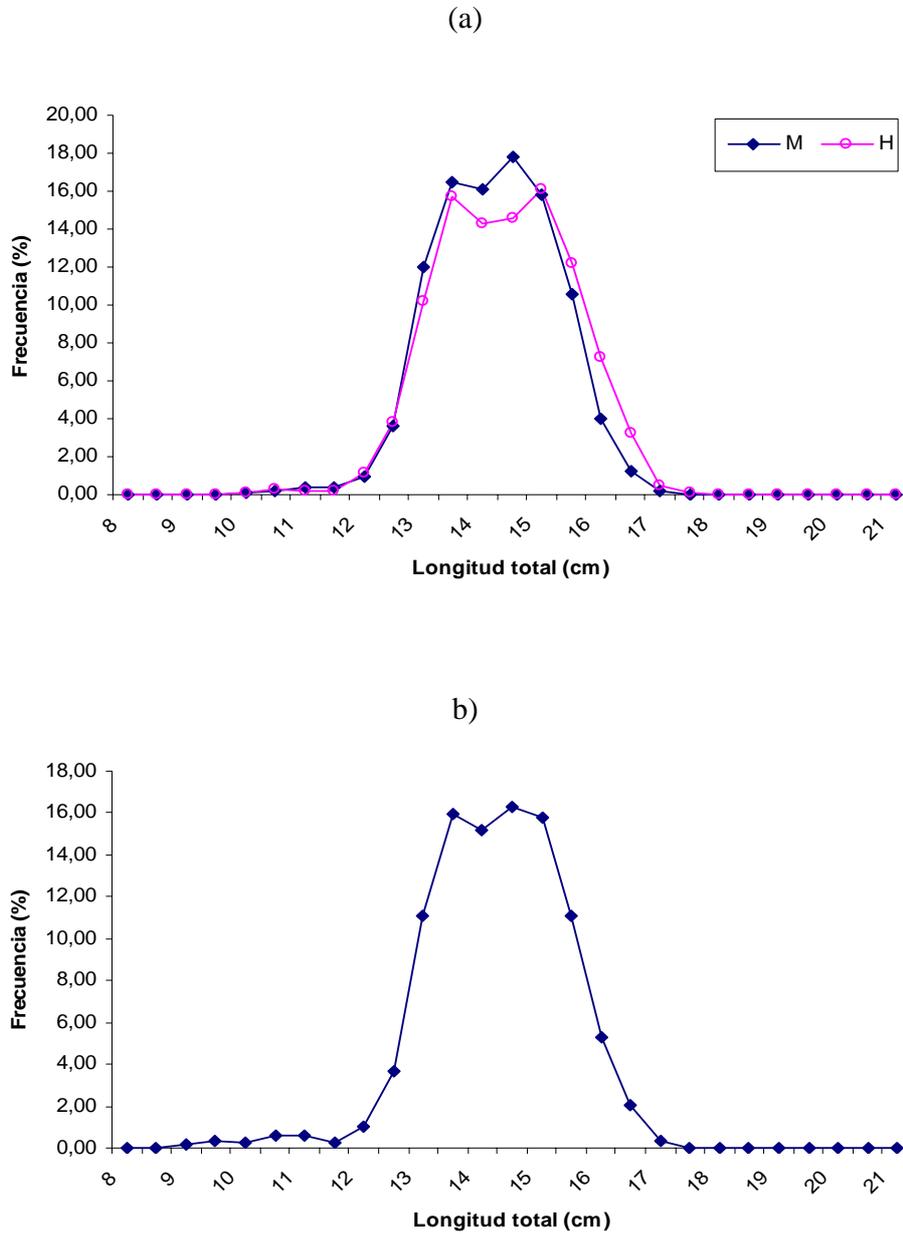


Figura 35. Distribuci3n de tama1os de anchoveta capturadas entre la I y II Regiones, (a): por sexo (M: machos; H: hembras) y (b): Total. Crucero MPH - Invierno 2008.

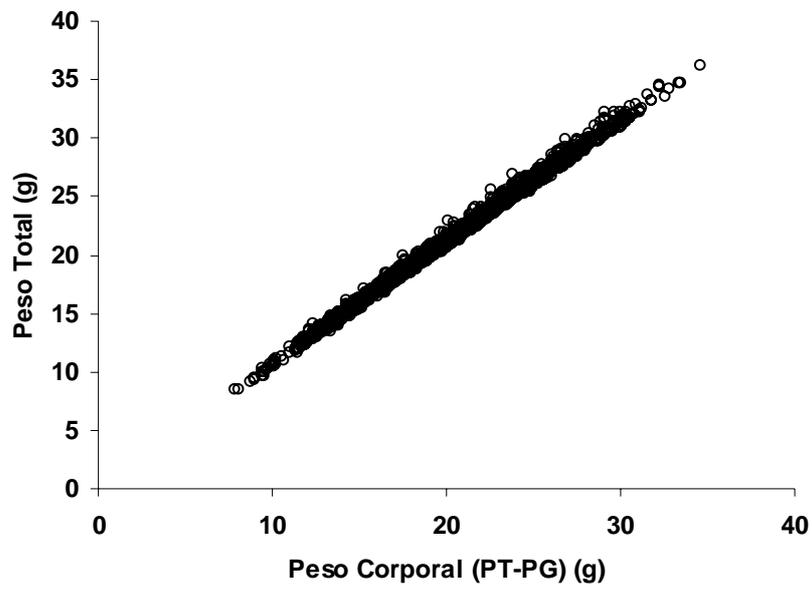


Figura 36. Relaci3n entre el Peso Corporal (PT-PG) y el Peso Total de las hembras no hidratadas.

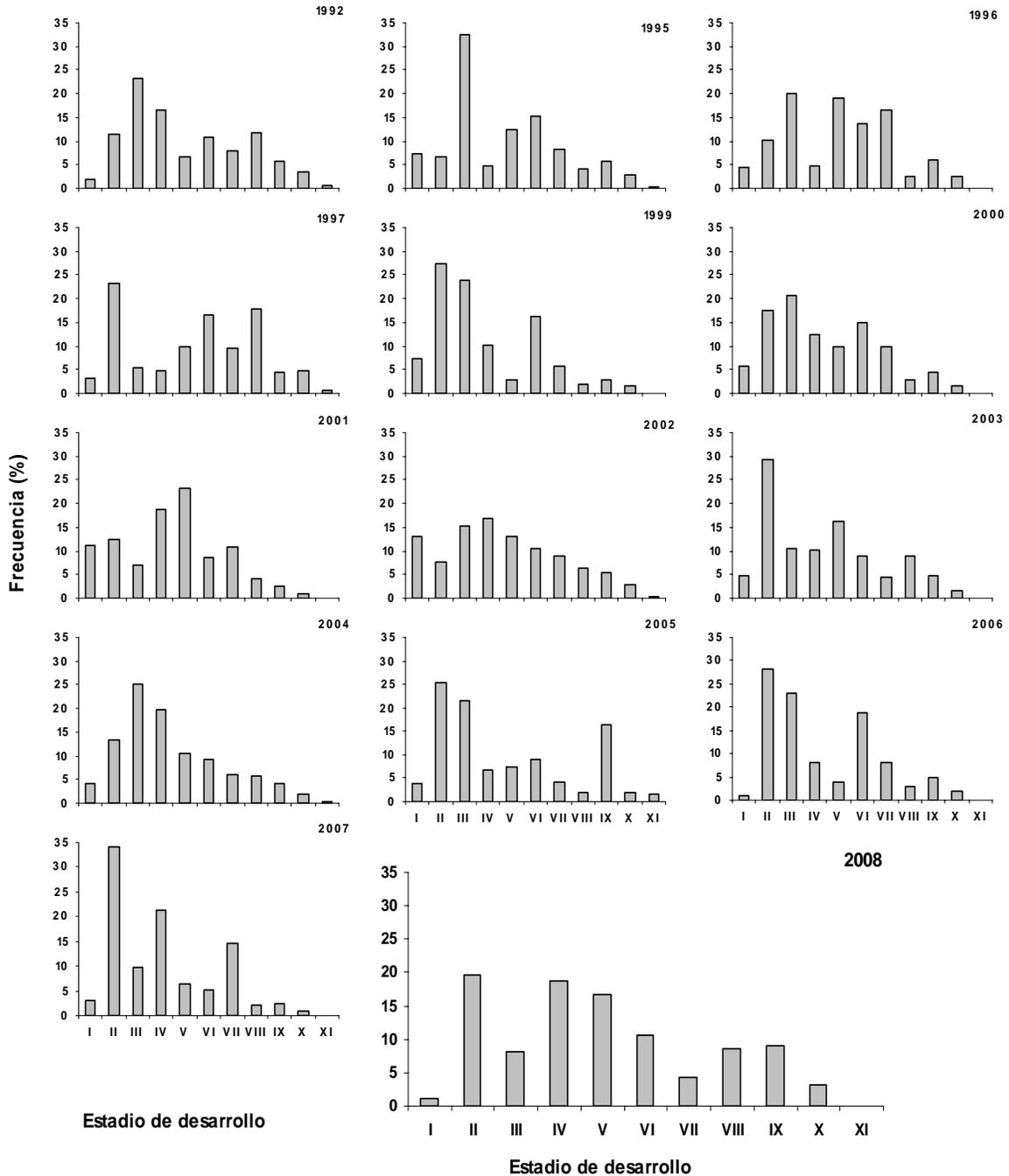


Figura 37. Frecuencia (N°) de huevos de anchoveta por estadio de desarrollo para cada a1o de aplicaci3n del MPH en la zona norte.

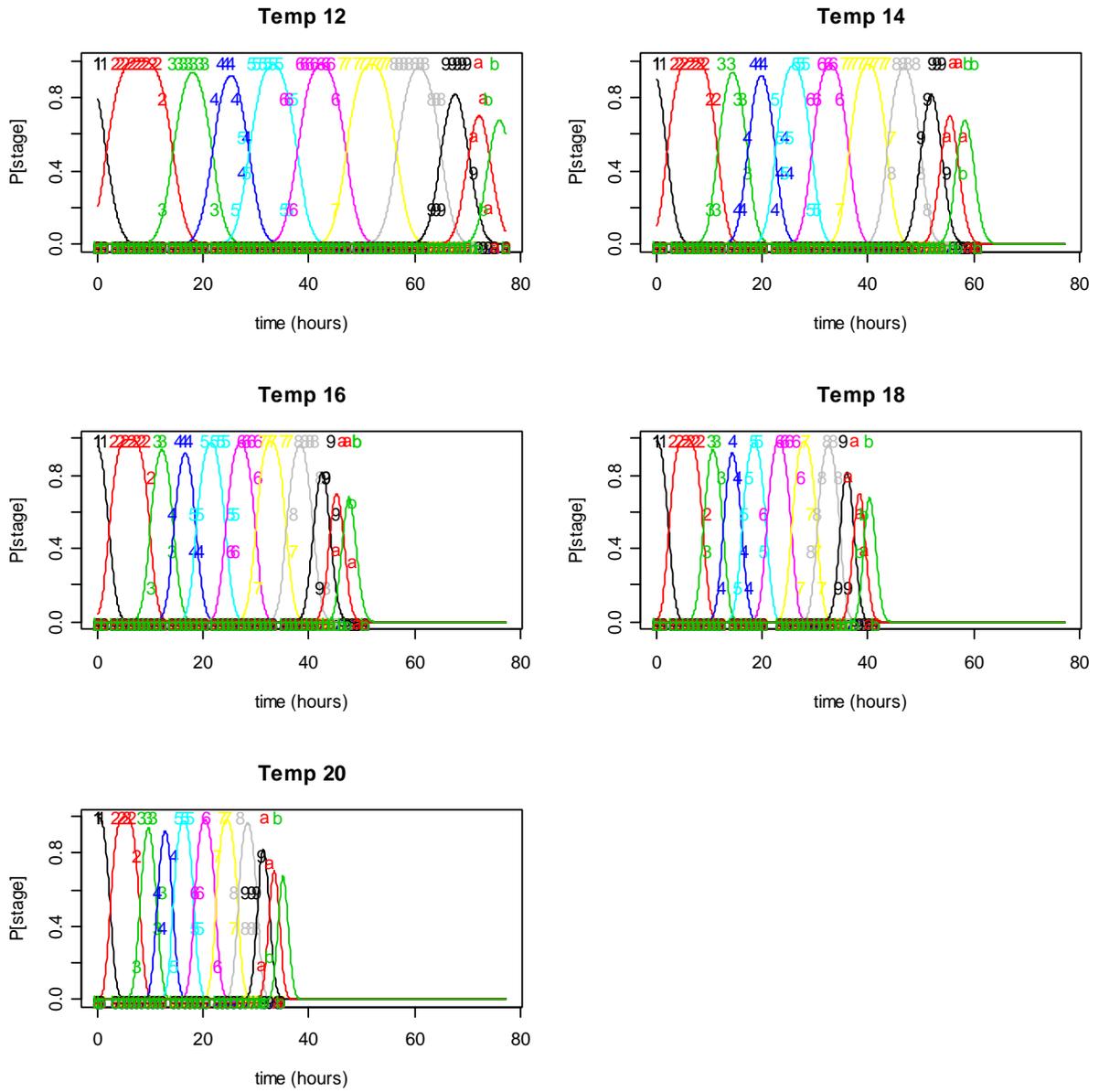


Figura 38. Ajuste del modelo probabilístico multinomial para huevos de anchoveta de la zona norte a las temperaturas de incubaci3n.

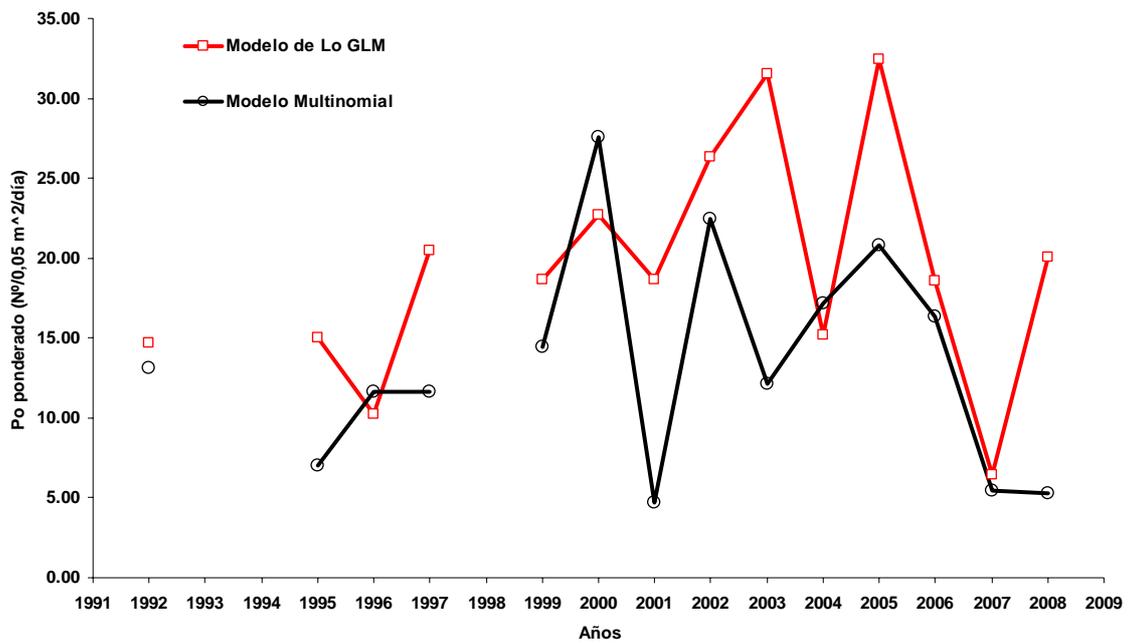


Figura 39. Estimaciones de Producci3n diaria de huevos (Nº/0,05 m²/día), ponderado por el área, para anchoveta de la zona norte, en base a las dos metodologías aplicadas.

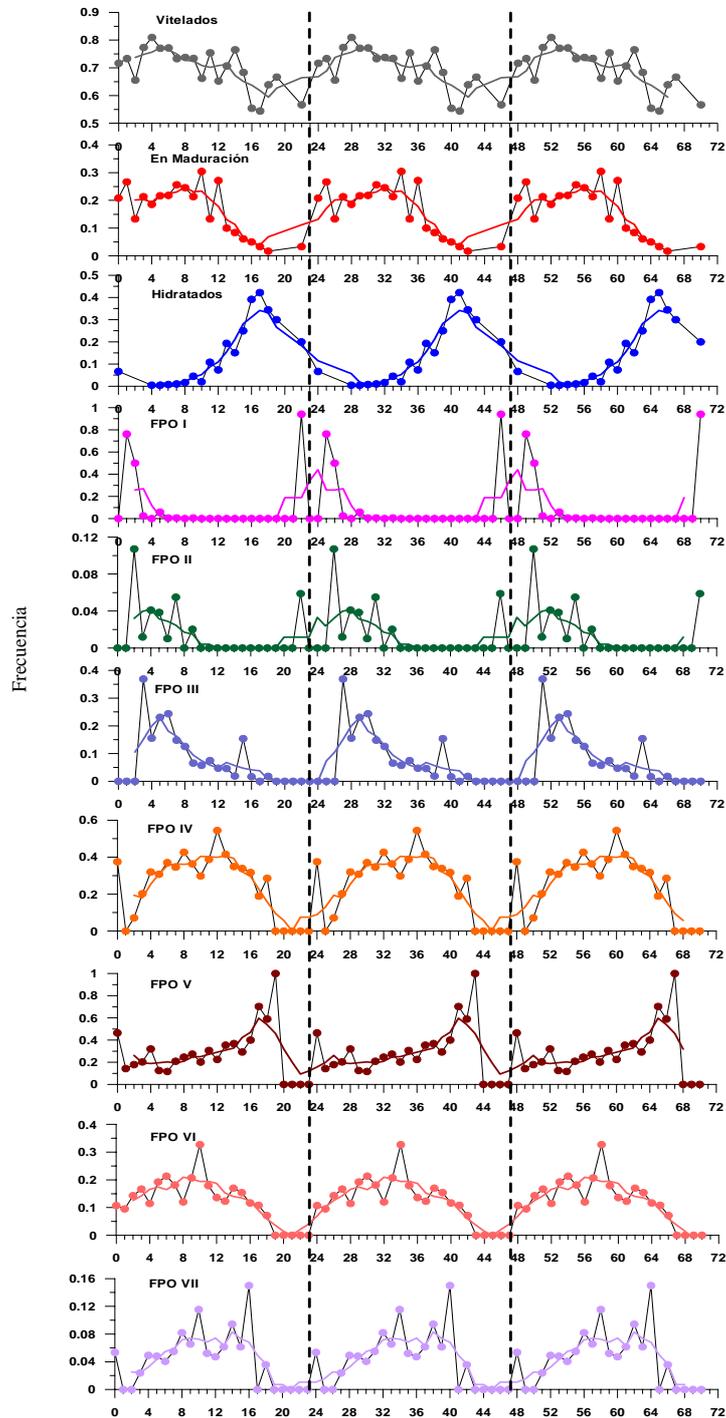


Figura 40. Distribución temporal de los estadios madurez microscópica y FPO de la zona norte de Chile. Líneas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). Línea representa un promedio móvil. Información acumulada del 2004 al 2006 (Claramunt *et al*, 2007).

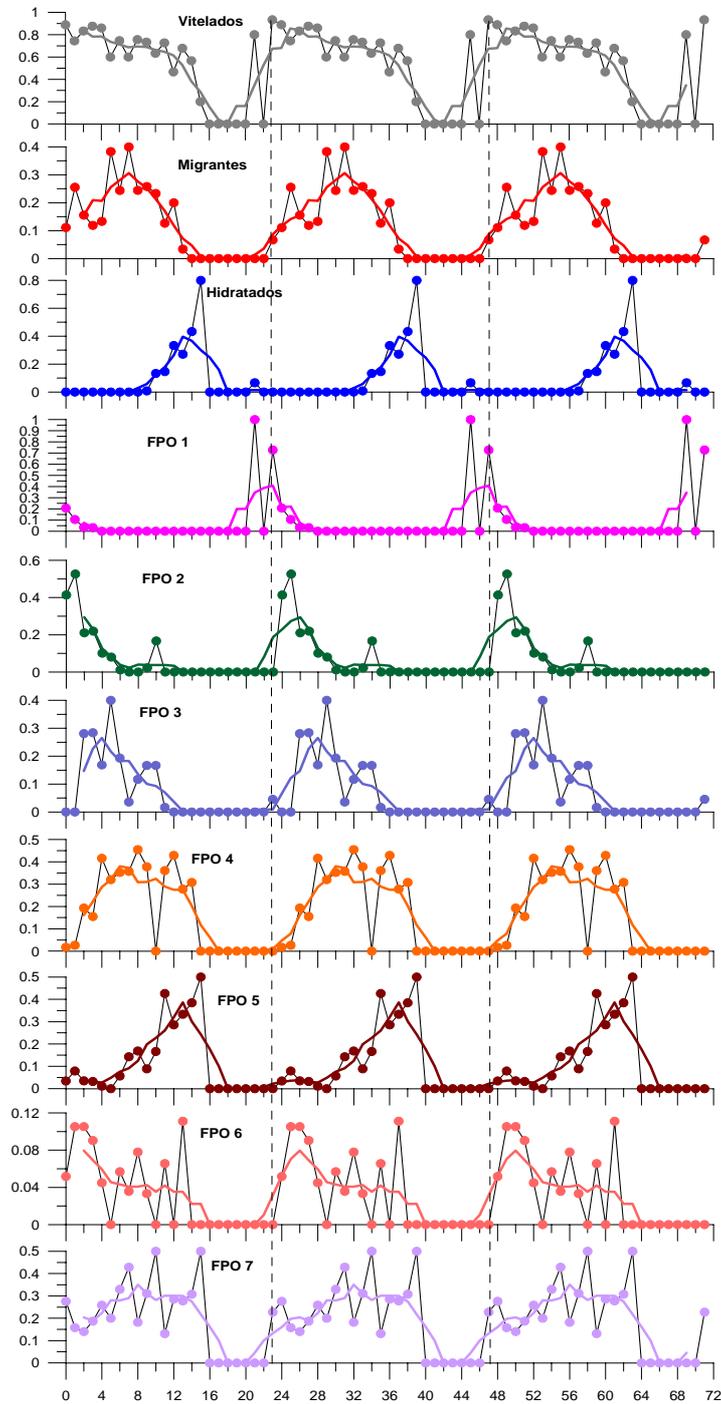


Figura 41. Distribuci3n temporal de los estadios madurez microsc3pica y FPO a3o 2008. Lneas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). Lnea representa un promedio m3vil.

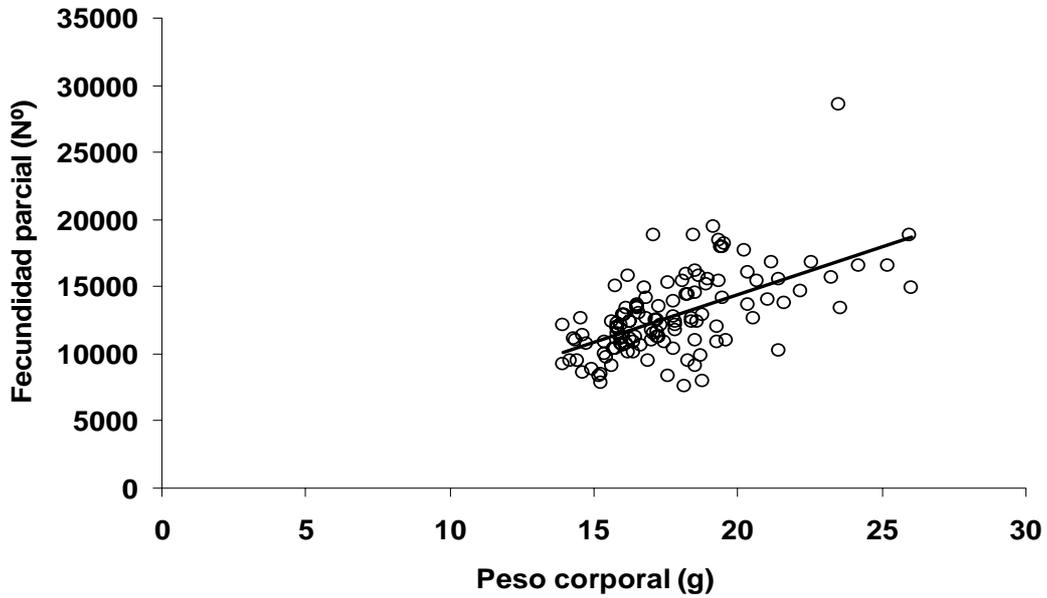


Figura 42. Fecundidad parcial en funci3n del peso corporal para el a1o 2008.

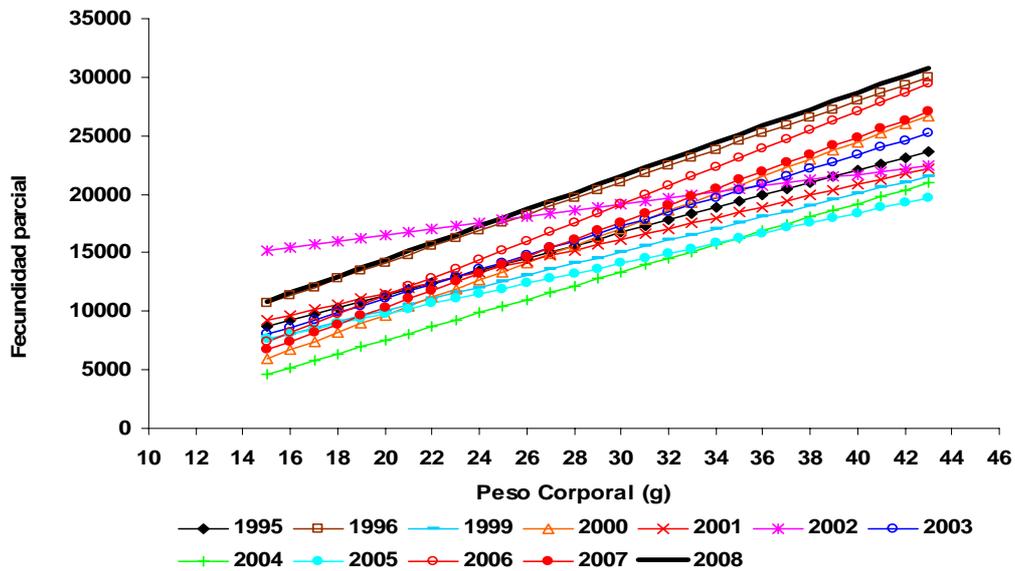


Figura 43. Regresiones de Fecundidad parcial en funci3n del Peso Corporal para distintos a1os de aplicaci3n del MPH en la zona norte.

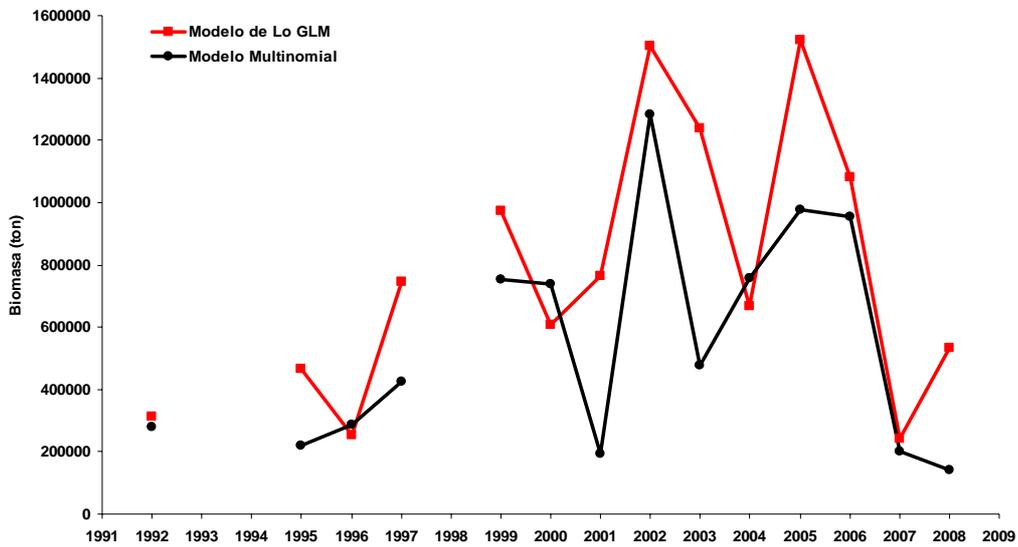


Figura 44. Biomazas desovantes estimadas en cada a1o de aplicaci3n del M3todo de producci3n Diaria de Huevos.

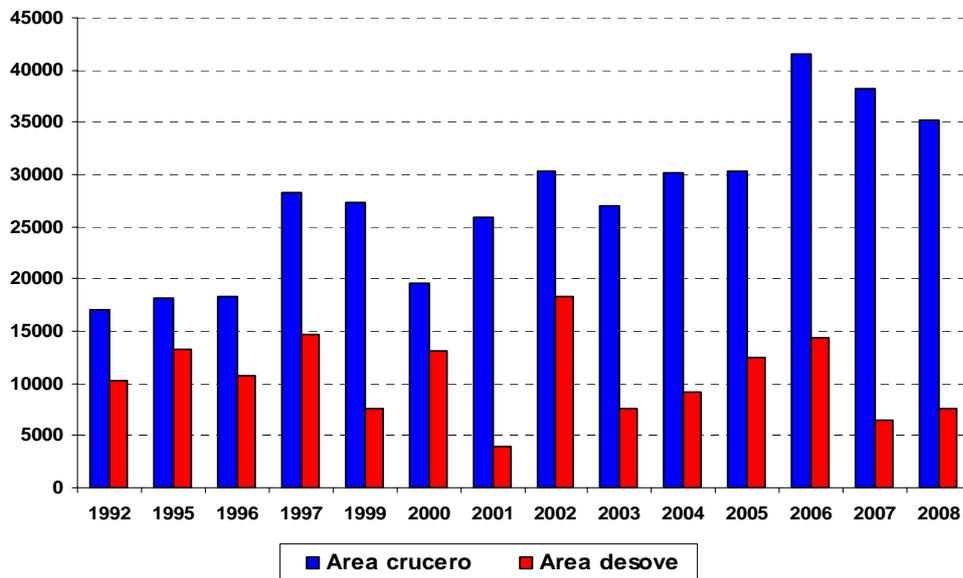


Figura 45. 1reas de cruceo y de desove para cada a1o de aplicaci3n del M3todo de producci3n Diaria de Huevos.

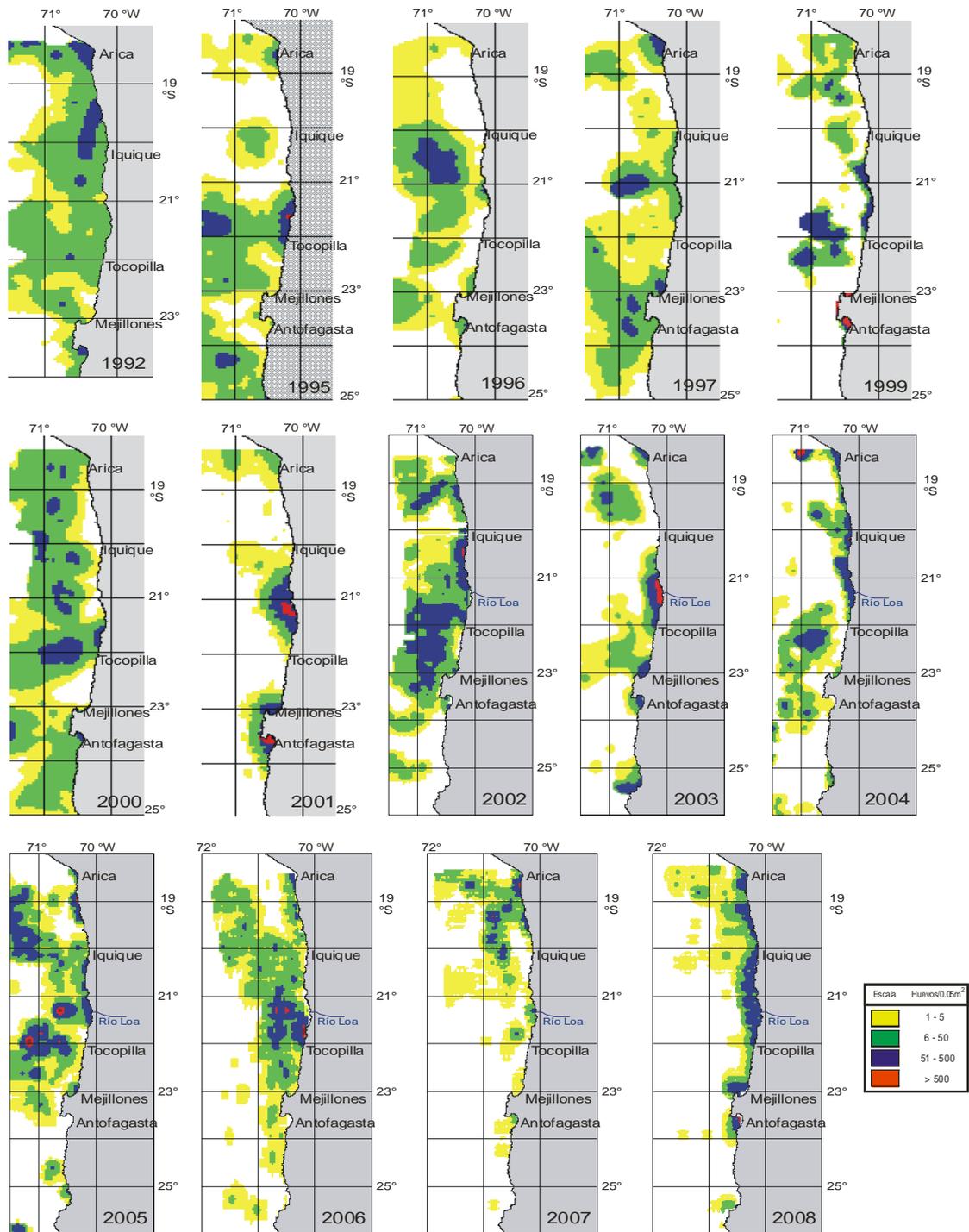


Figura 46. Distribuci3n espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Per3odo 1992 - 2008.

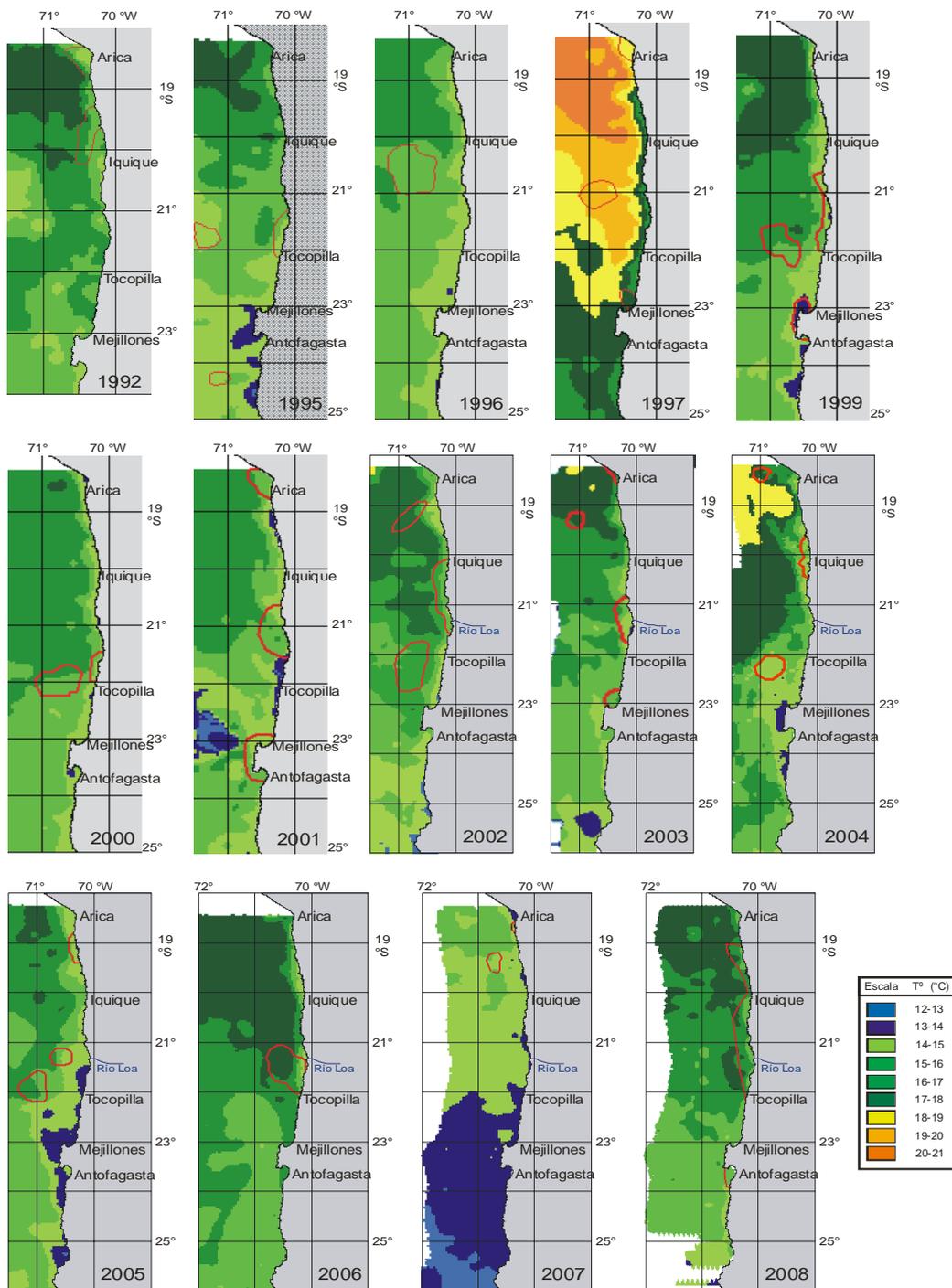


Figura 47. Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992 - 2008.

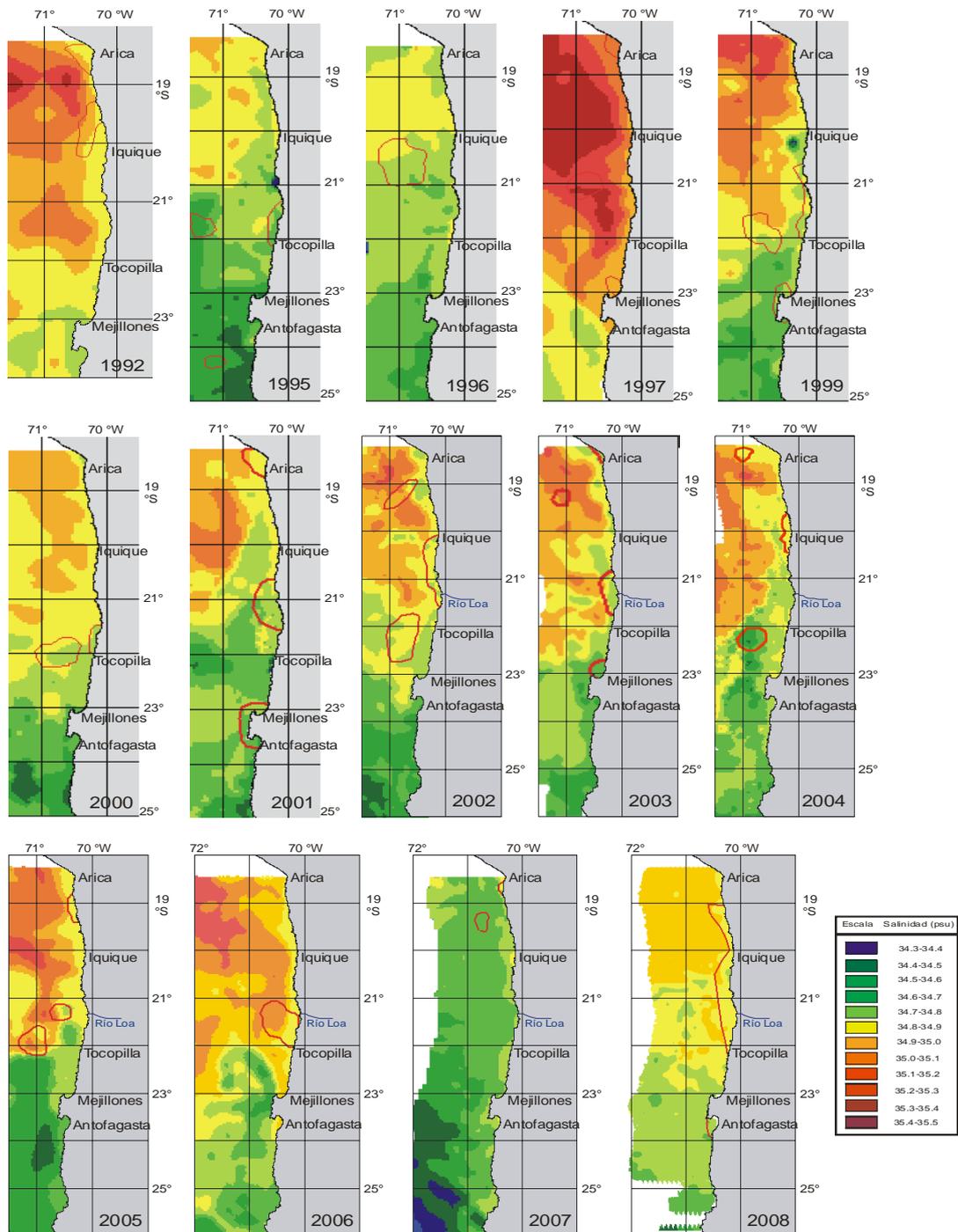


Figura 48. Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992 - 2008.

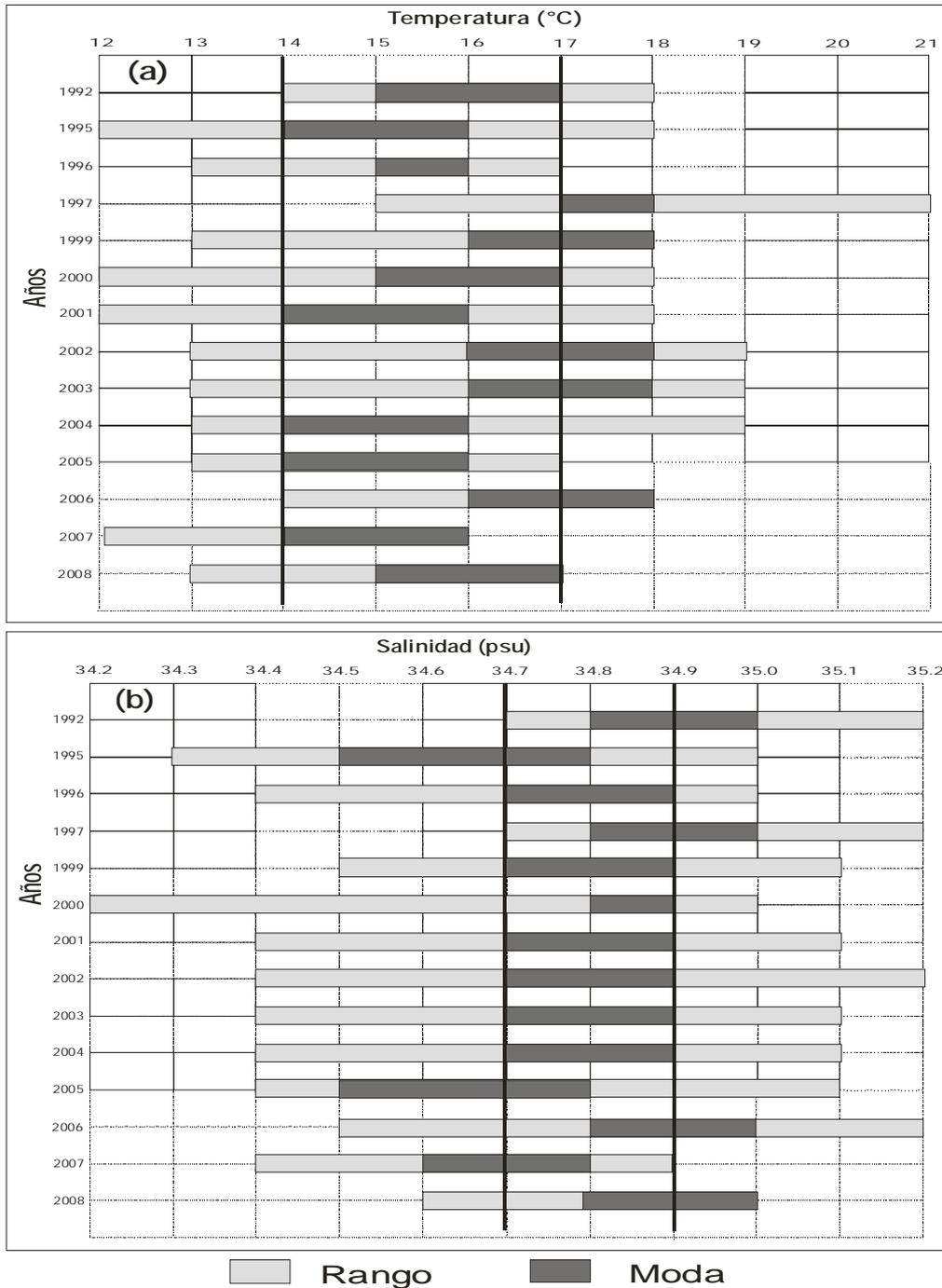


Figura 49. Rangos de distribuci3n preferencial de los huevos de anchoveta respecto de: a) temperatura (°C) y b) salinidad (psu). Per3odo 1992-2008.

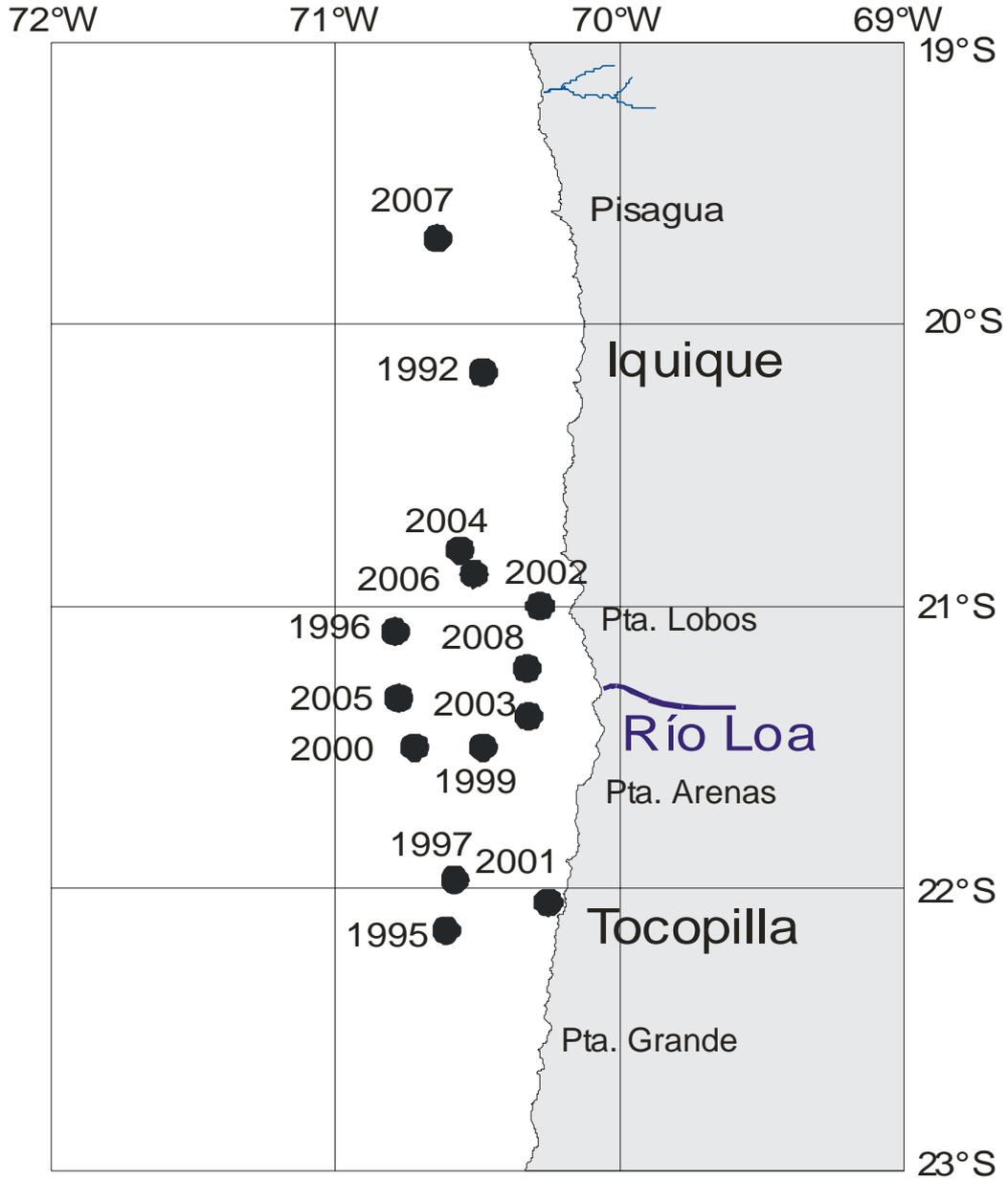


Figura 50. Distribuci3n espacial de los centros de gravedad de las distribuciones de huevos de anchoveta. Per3odo 1992-2008.

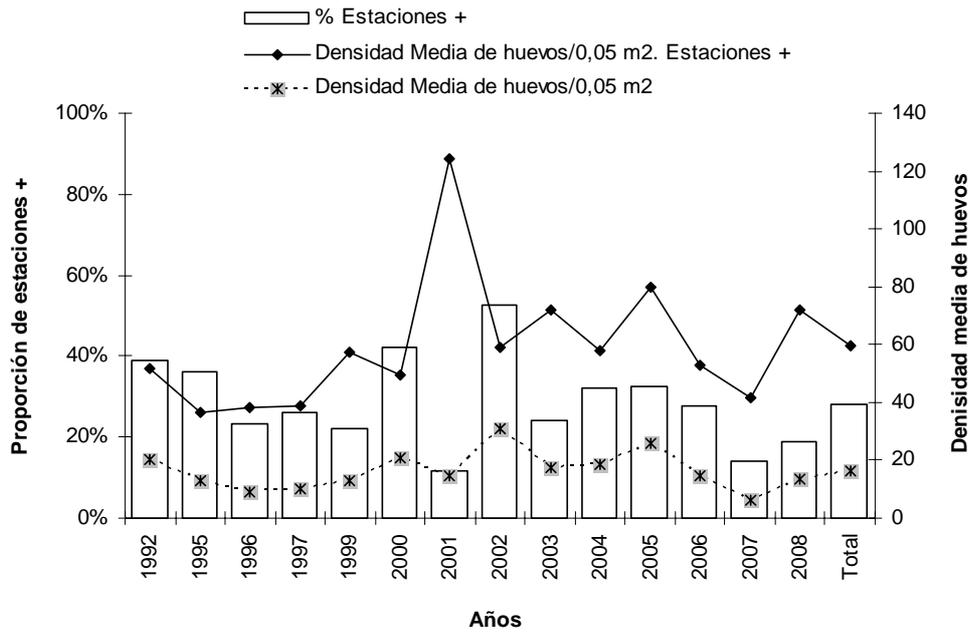


Figura 51. Densidad media de huevos para el total de estaciones y estaciones positivas y proporción de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, por año y total. Cruceros realizados entre la I y II Región, desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.

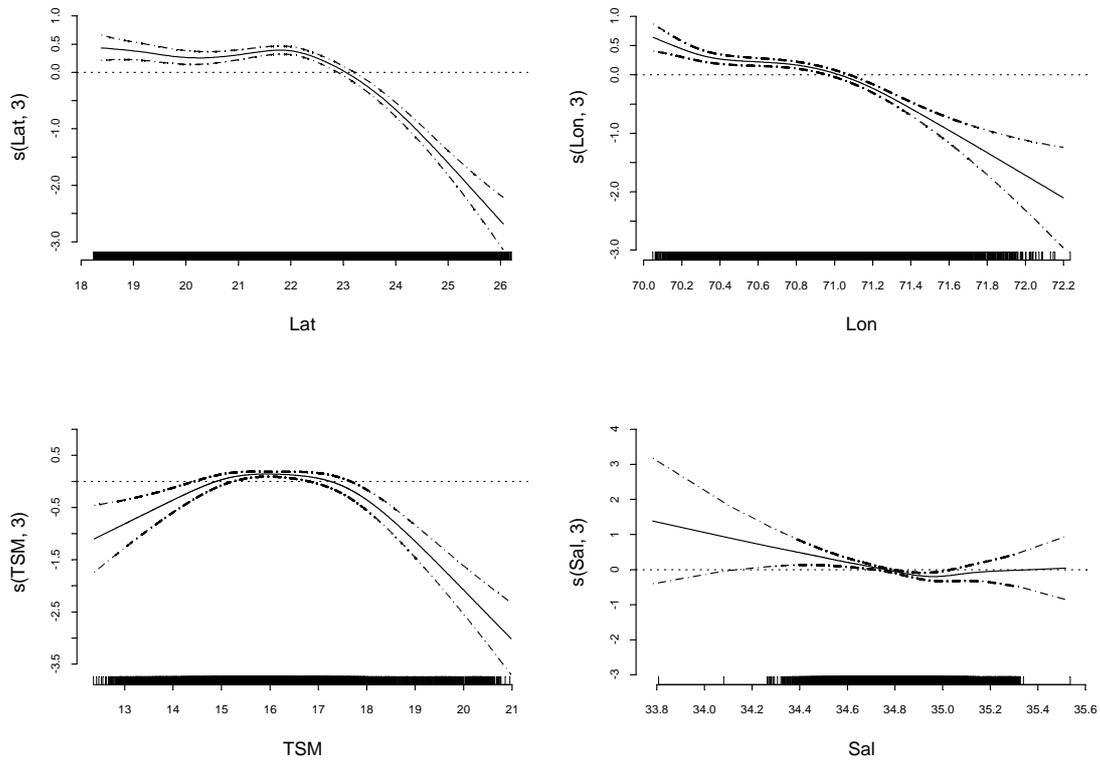


Figura 52. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estaci3n, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersi3n (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, lneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y $s(X, P)$ corresponde a la funci3n suavizadora spline para la variable X con P grados de libertad. Desde los a3os 1995 a 1997 y 1999 al 2008.

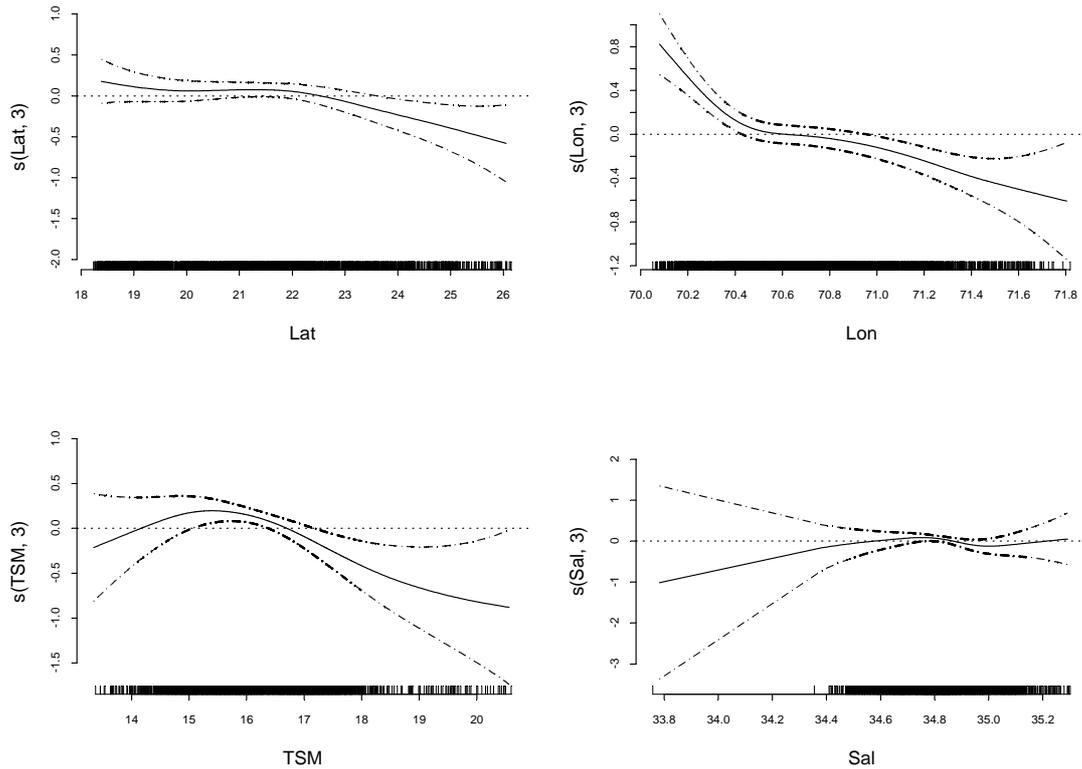


Figura 53. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y $s(X, P)$ corresponde a la función suavizadora spline para la variable X con P grados de libertad. Desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.

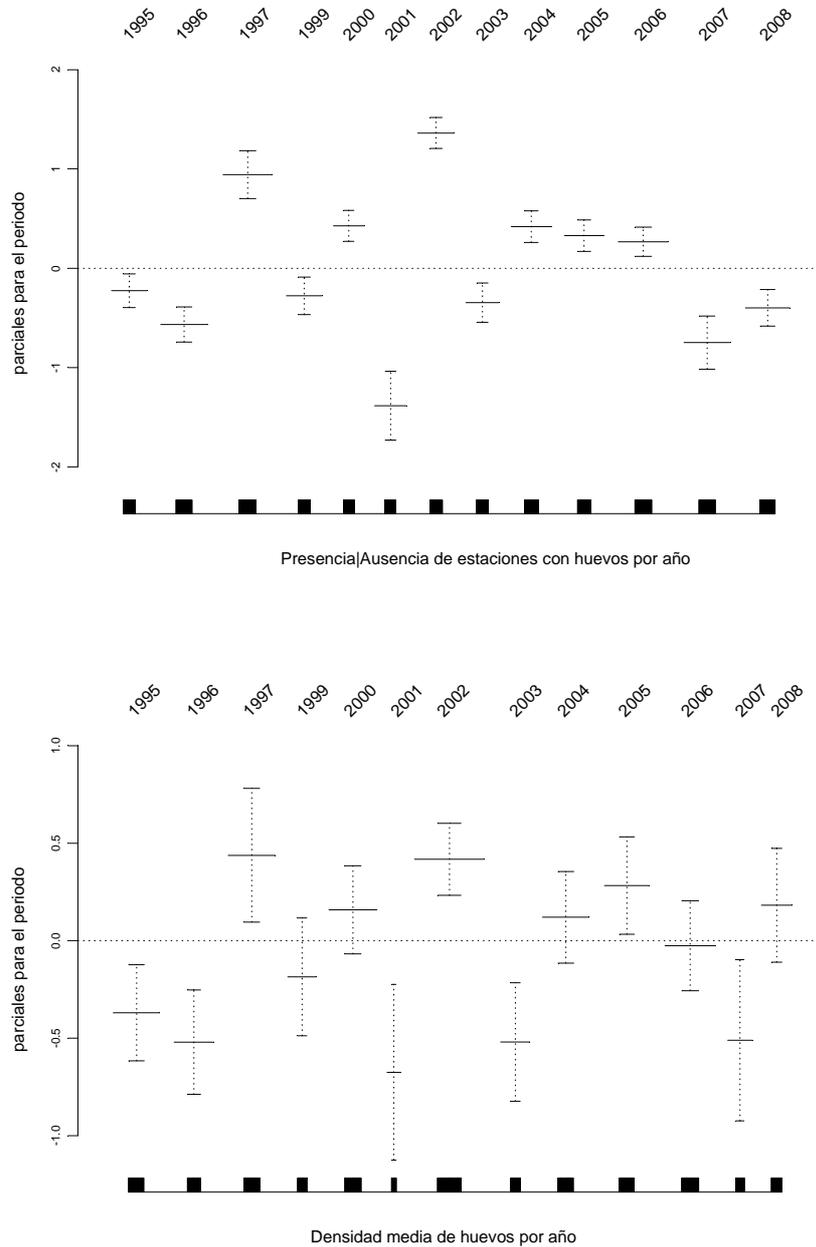


Figura 54. Tendencias de los índices por año obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.

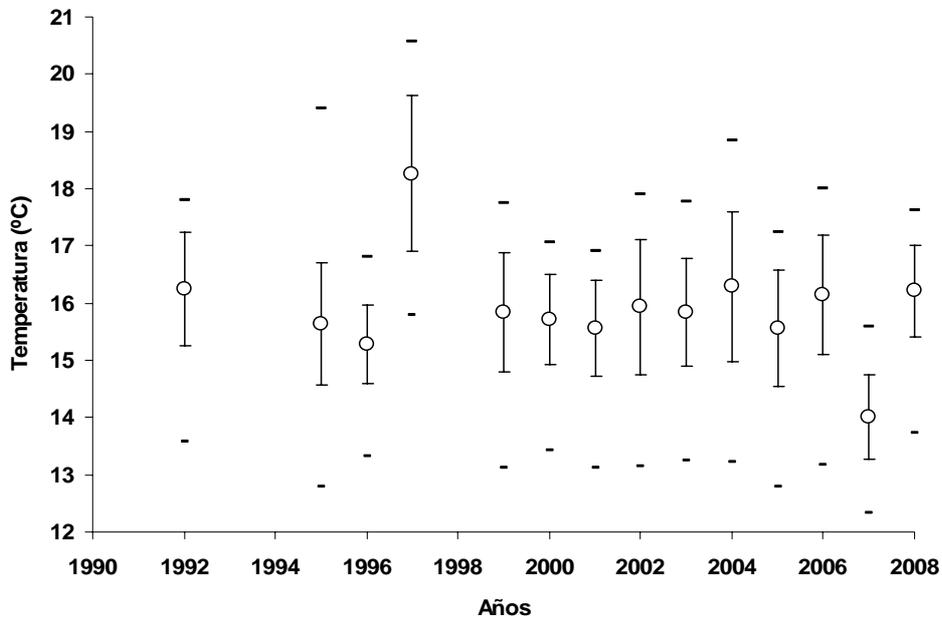


Figura 55. Temperaturas promedio a 10 metros (°C) de profundidad de los cruceros del MPH en la zona norte de Chile. Líneas verticales representan la desviación estándar y líneas horizontales los valores mínimos y máximos.

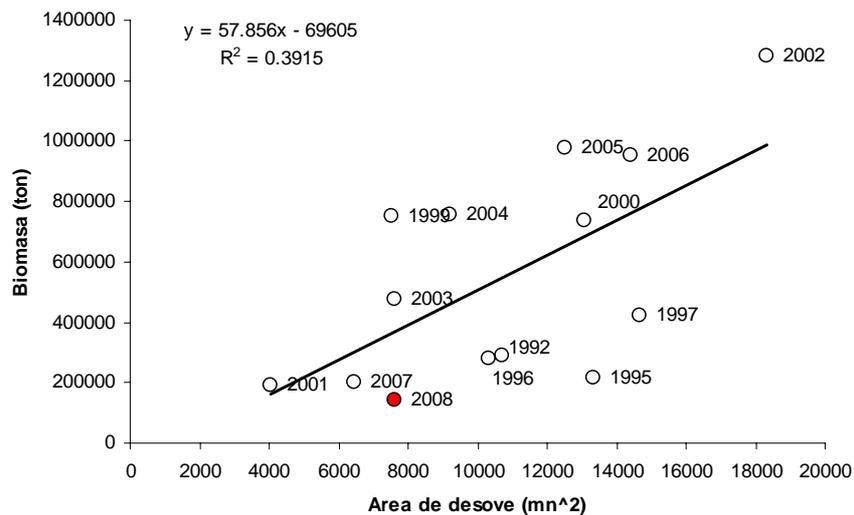


Figura 56. Relación entre área de desove (mn²) y la Biomasa desovante (ton).

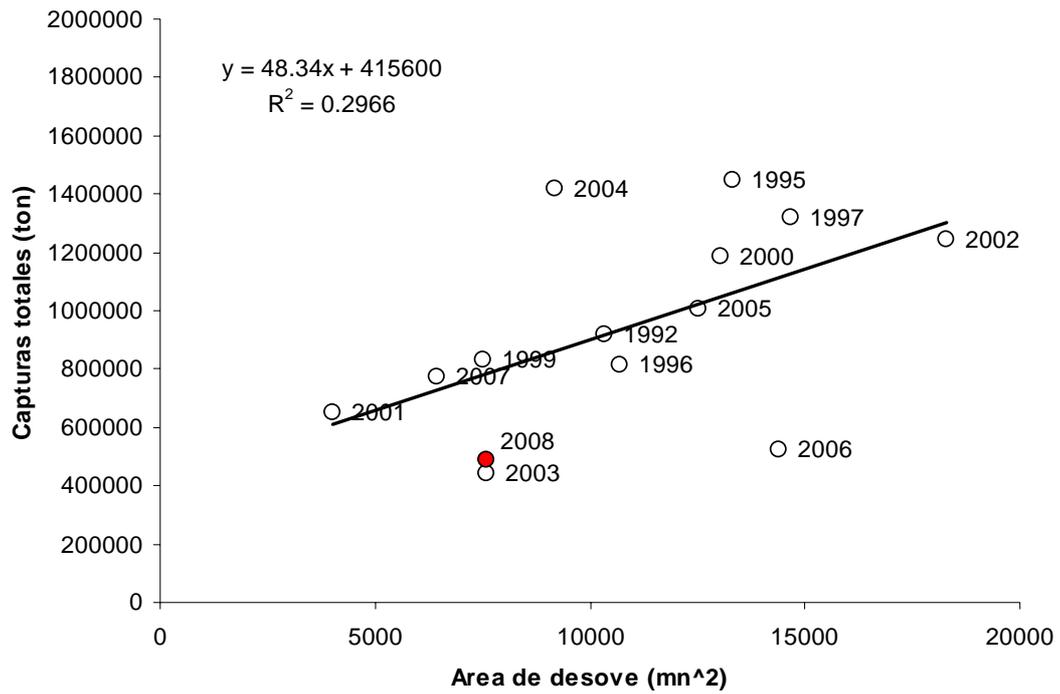


Figura 57. Relaci3n entre el 1rea de desove (mn²) y la captura total del a1o (ton).

T A B L A S



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

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



Tabla 2. Características de los estadios morfohistol3gicos de los folículos postovulatorios (FPO) de *Engraulis encrasicolus* (ICES, 2005; Alday *et al.*, 2006).

Estadios de FPO		I	II	III	IV	V	VI	VII
Tamaño		Grande	Grande	Mediano	Mediano	Pequeño	Muy pequeño	Restos de FPO
Aspecto		Forma de pliegues sueltos o doblados	Pliegues más apretados	Ligeramente reducido	Notablemente reducido	Pocos pliegues y forma más regular	Muy deteriorado	Largo o poligonal que permanece entre ovocitos
Granulosa	Células	Ordenada, columnar ligeramente hipertrofiada	Marcado alineamiento característico	Alineamiento característico muy visible	Desorganización notable	Desorden completo	Ausencia de paredes celulares	Ausencia de células
	Núcleo	Muy grande	Prominente con pocos picnóticos	Muchos picnóticos	Picnóticos	Picnóticos	Escasos picnóticos	Muy escasos picnóticos
	Vacuolas	Ausencia	Pocos	Afectan <50% de las células	Afectan >50% de las células	Masivo	Pocos	Ausencia
Teca		Notable separación de la granulosa	Con capilares Separados de la granulosa	Notable adherencia a la granulosa	Llega a ser más delgada y más estrechamente adherida a la granulosa	Aún visible núcleos picnóticos	Menos claro la incorporación al estroma	No visible
Lumen		Grande, irregular con material granular	Grande con material granular. Más regular	Fácilmente visible, con aún posible material granular	Reducido	Muy reducido-Ausencia	Ausencia	Ausencia



Tabla 3. Clasificaci3n de los estadios de desarrollo embrionario. (Santander *et al.*, 1984).

Estadio	Características
Estadio I:	Huevos recientemente desovados, no segmentados, con acumulaci3n conspicua de citoplasma en el polo animal conformado el blastodisco.
Estadio II:	Desarrollo de la capa blastodérmica con inicio de la divisi3n celular, hasta la agregaci3n de células que toman la apariencia de m3rula.
Estadio III:	Desde la formaci3n 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.
Estadio IV:	El blastodermo se desplaza hasta los dos tercios de la masa vitelina estructurándose la zona de desarrollo del embri3n, sin destacar alguna estructura embrionaria distintiva.
Estadio V:	El blastodermo ha cubierto la totalidad de la masa vitelina, culminando con el cierre del blastoporo. Se inicia la formaci3n de los mi3meros a lo largo del cuerpo. El desarrollo de los ojos ocurre al final de este estadio.
Estadio VI:	Se define desde el cierre del blastoporo hasta el inicio de la separaci3n de la cola desde el vitelo. Excepto en la regi3n caudal, los mi3meros se presentan en la totalidad del cuerpo.
Estadio VII:	La cola empieza a separarse del vitelo, desde el crecimiento inicial de ésta, hasta que la porci3n libre sea equivalente a la mitad de la longitud de la cabeza.
Estadio VIII:	La cola en desarrollo comienza a doblarse, separándose del eje del cuerpo con crecimiento hacia la cabeza. Al final del estadio, la porci3n libre de la cola equivale a un quinto de la longitud del vitelo y a la longitud total de la cabeza del embri3n.
Estadio IX:	La separaci3n de la cola fluctúa entre un cuarto y un medio de la longitud del vitelo. La torci3n de la cola se produce fuera del plano del embri3n.
Estadio 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.
Estadio XI:	La longitud de la cabeza es aproximadamente igual a un cuarto de la longitud del vitelo.



Tabla 4. Evolución semanal de los indicadores reproductivos (IGS, IAD e IAO) de la anchoveta en la Zona Arica – Antofagasta, Enero – Octubre, 2008.

Semana (N°)	Fecha 2008	Macroscópico		Microscópico	
		N	IGS (%)	IAD (%)	IAO (%)
1	31/12 – 06/01	89	6,2		
2	07/01 – 13/01	238	6,1		
3	14/01 – 20/01	252	6,2		
4	21/01 – 27/01	148	4,9		
5	28/01 – 03/02	216	5,7		
6	04/02 – 10/02	277	4,9		
7	11/02 – 17/02	131	4,9		
8	18/02 – 24/02	186	4,9		
9	25/02 – 02/03	269	4,2		
10	03/03 – 09/03	146	3,6		
11	10/03 – 16/03	279	4,4		
12	17/03 – 23/03	212	3,8		
13	24/03 – 30/03	226	3,1		
14	31/03 – 06/04	337	2,9		
15	07/04 – 13/04	271	3,0		
16	14/04 – 20/04	220	3,5		
17	21/04 – 27/04	324	3,8		
18	28/04 – 04/05	195	4,2		
19	05/05 – 11/05	192	4,1		
20	12/05 – 18/05	286	5,0		
21	19/05 – 25/05	232	4,3		
22	26/05 – 01/06	375	3,8		
23	02/06 – 08/06	189	3,8	11,1	0,0
24	09/06 – 15/06	271	4,0	22,4	0,0
25	16/06 – 22/06	295	5,7	16,2	0,0
26	23/06 – 29/06	284	4,9	11,6	0,7
27	30/06 – 06/07	233	5,9	10,1	0,0
28	07/07 – 13/07	96	6,3	26,3	0,0
29	14/07 – 20/07	78	5,7	42,3	0,0
30	21/07 – 27/07	210	5,6	46,3	0,9
31	28/07 – 03/08	300	5,7	30,0	0,0
32	04/08 – 10/08	140	6,2	36,4	0,0
33	11/08 – 17/08	S/M			
34	18/08 – 24/08	90	6,4	32,6	1,1
35	25/08 – 31/08	109	6,5	30,3	0,0
36	01/09 – 07/09	103	6,0	37,9	0,0
37	08/09 – 14/09	347	6,7	30,8	0,6
38	15/09 – 21/09	S/M			
39	22/09 – 28/09	187	5,9	32,6	0,7
40	29/09 – 05/10	217	6,5	30,2	0,0
41	06/10 – 12/10	309	6,4	31,5	0,0
42	13/10 – 19/10	326	6,7	31,5	0,7
43	20/10 – 26/10	313	6,1	20,4	1,4
44	27/10 – 02/11	226	5,4	25,0	1,3



Tabla 5
Densidad promedio, constancia y rangos de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, en invierno de los a1os 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008.

	1992	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
N°Total Estaciones	542	578	752	800	598	502	514	588	537	649	658	799	799	717
N° Estaciones positivas	212	208	176	209	132	212	60	309	129	208	214	223	113	136
Abundancia (H/0,05m ²)	10974	7555	6718	8054	7582	10473	7586	18305	9264	12079	17066	11434	4719	9761
Mínimo Est (+)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Máximo Est (+)	331	1536	611	947	1649	518	1987	1607	1386	1288	2100	2563	705	1387
Std.Dev Est (+)	73,61	126,38	79,83	96,54	175,98	86,11	354,36	128,42	211,76	140,6	212,4	202,2	175,9	155,5
Media Est. Positivas	52	36	38	39	57	49	126	59	72	58	80	53	42	72
Media Est. Totales	20	13	9	10	13	21	15	31	17	19	26	15	6	14
Constancia	39,11	6,00	23,40	26,13	22,07	42,23	11,67	52,55	24,02	32,05	32,52	27,91	14,14	18,97
CV(%)	1,42	3,51	2,10	2,48	3,09	1,76	2,81	2,18	2,94	2,42	2,66	3,82	4,19	2,16
Área Crucero (mn ²)	17055	18137	18353	19627	27374	19539	25921	30264	26986	30152	30368	41448	41448	32675
Área Desove (mn ²)	10332	13315	10698	14660	7525	13059	4026	18309	7597	9193	12521	14408	6439	13571
Temperatura 10 m (C)	16,251	15,314	15,281	18,260	15,839	15,723	15,556	15,941	15,835	16,287	15,550	16,140	14,014	16,210



Tabla 6
Posici3n geogr3fica de los lances efectuados durante el crucero MPH
m3dulo adultos, en la XV, I y II regiones, agosto - septiembre, 2008.

BARCO	LANCE N°	FECHA	HORA COLECCI3N	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA ESTIMADA (t)	LANCES ANCHOVETA
DON ERNESTO	1	13-08-2008	08:40	18°45'	70°43'	S/P	
DON ERNESTO	2	13-08-2008	11:49	18°54'	70°36'	20	x
DON ERNESTO	3	13-08-2008	14:00	18°56'	70°39'	S/P	
ANGAMOS 4	1	13-08-2008	04:51	24°18'	70°50'	S/P	
ANGAMOS 4	2	13-08-2008	10:35	24°31'	71°19'	S/P	
ANGAMOS 4	3	13-08-2008	15:02	24°56'	71°29'	S/P	
ANGAMOS 4	4	13-08-2008	19:28	24°56'	71°05'	S/P	
ANGAMOS 4	5	14-08-2008	00:45	25°27'	71°07'	S/P	
ANGAMOS 4	6	14-08-2008	05:13	25°27'	71°32'	S/P	
ANGAMOS 4	7	14-08-2008	10:06	25°56'	71°30'	S/P	
ANGAMOS 4	8	14-08-2008	14:10	25°56'	71°09'	S/P	
ANGAMOS 4	9	14-08-2008	18:00	25°44'	70°53'	S/P	
ANGAMOS 4	10	14-08-2008	22:53	25°14'	70°37'	S/P	
ANGAMOS 4	11	15-08-2008	03:59	24°47'	70°37'	S/P	
ANGAMOS 4	12	15-08-2008	11:35	24°11'	70°35'	S/P	
RELAMPAGO	1	13-08-2008	14:10	22°13'	70°45'	S/P	
RELAMPAGO	2	13-08-2008	19:50	22°35'	71°18'	S/P	
RELAMPAGO	3	13-08-2008	23:50	22°38'	70°52'	S/P	
RELAMPAGO	4	14-08-2008	02:41	22°38'	70°55'	70 (JUREL)	
RELAMPAGO	5	14-08-2008	07:00	22°55'	71°17'	S/P	
RELAMPAGO	6	14-08-2008	11:08	22°57'	70°49'	30 (JUREL)	
DON ERNESTO	1	14-08-2008	08:20	19°11'	70°24'	15 (JUREL)	
RELAMPAGO	1	14-08-2008	23:45	23°20'	70°54'	S/P	
RELAMPAGO	2	15-08-2008	03:30	23°21'	71°20'	S/P	
RELAMPAGO	3	15-08-2008	07:03	23°40'	71°20'	S/P	
RELAMPAGO	4	15-08-2008	10:55	23°59'	71°01'	S/P	
RELAMPAGO	5	15-08-2008	14:10	23°42'	70°49'	S/P	
RELAMPAGO	6	15-08-2008	21:07	22°34'	70°32'	S/P	
ANGAMOS 4	1	19-08-2008	10:45	21°10'	70°12'	S/P	
ANGAMOS 4	2	20-08-2008	06:45	19°40'	70°14'	0,1	x
ANGAMOS 4	3	20-08-2008	09:45	19°41'	70°13'	S/P	
RELAMPAGO	1	19-08-2008	09:30	19°44'	70°12'	60	x
RELAMPAGO	2	19-08-2008	11:52	19°43'	70°11'	S/P	
RELAMPAGO	3	19-08-2008	13:55	19°43'	70°11'	20	x
RELAMPAGO	4	20-08-2008	06:11	19°40'	70°14'	60	x
RELAMPAGO	5	20-08-2008	08:50	19°40'	70°14'	S/P	
DON ERNESTO	1	18-08-2008	12:45	18°49'	70°39'	S/P	
DON ERNESTO	2	18-08-2008	19:37	19°39'	70°34'	S/P	
DON ERNESTO	3	18-08-2008	23:07	19°33'	70°19'	S/P	
DON ERNESTO	4	19-08-2008	03:40	19°16'	70°22'	S/P	
DON ERNESTO	5	19-08-2008	06:45	19°13'	70°29'	S/P	
DON ERNESTO	6	19-08-2008	09:25	19°25'	70°28'	0,5	x
DON ERNESTO	7	19-08-2008	12:55	18°49'	70°36'	S/P	
DON ERNESTO	8	19-08-2008	15:17	18°41'	70°33'	S/P	
DON ERNESTO	1	20-08-2008	09:50	18°56'	70°35'	50 (JUREL)	
ANGAMOS 4	1	21-08-2008	09:10	19°39'	70°16'	80	x



Continuaci3n Tabla 6

BARCO	LANCE N°	FECHA	HORA COLECCI3N	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA ESTIMADA (t)	LANCES ANCHOVETA
ANGAMOS 4	2	21-08-2008	13:10	19°30'	70°18'	S/P	
RELAMPAGO	1	21-08-2008	05:39	19°34'	70°16'	40	x
RELAMPAGO	2	21-08-2008	08:15	19°33'	70°19'	10	x
RELAMPAGO	3	21-08-2008	11:31	19°30'	70°19'	S/P	
DON ERNESTO	2	21-08-2008	14:01	19°31'	70°17'	20	x
DON ERNESTO	1	21-08-2008	09:45	19°39'	70°16'	40	x
IKE II	1	21-08-2008	10:54	19°33'	70°17'	0,02	x
IKE II	2	22-08-2008	03:52	18°22'	70°23'	0,03	x
ATACAMA V	1	22-08-2008	01:00	20°22'	71°15'	0,03	
ATACAMA V	2	22-08-2008	04:13	20°35'	70°58'	0,03 (JUREL)	
ATACAMA V	3	22-08-2008	11:30	21°02'	71°38'	0,03 (JUREL)	
ATACAMA V	4	22-08-2008	17:49	21°56'	71°31'	0,028 (JUREL)	
ATACAMA V	5	23-08-2008	00:32	21°448'	70°38'	0,03 (JUREL)	
ATACAMA V	6	23-08-2008	03:10	21°56°	70°27'	S/P	
ATACAMA V	7	23-08-2008	06:10	21°34'	70°32'	S/P	
ATACAMA V	8	23-08-2008	09:55	21°30'	70°02'	S/P	
ATACAMA V	9	23-08-2008	12:15	21°20'	70°54'	S/P	
ATACAMA V	10	23-08-2008	15:20	21°06'	71°00'	S/P	
ATACAMA V	11	24-08-2008	01:30	21°03'	70°13'	15	x
ATACAMA V	12	24-08-2008	06:22	20°24'	70°14'	20	x
ATACAMA V	1	25-08-2008	02:07	20°32'	70°15'	10	x
ATACAMA V	2	25-08-2008	06:10	20°24'	70°11'	20	x
ATACAMA V	1	26-08-2008	00:50	21°20'	70°11'	10	x
ATACAMA V	2	26-08-2008	02:37	21°19'	70°09'	20	x
ATACAMA V	3	26-08-2008	06:18	21°26'	70°10'	20	x
INTREPIDO	1	26-08-2008	09:10	21°31'	70°09'	40	x
INTREPIDO	2	26-08-2008	13:30	21°36'	70°14'	40 (JUREL)	
INTREPIDO	3	26-08-2008	19:15	21°46'	70°14'	40 (JUREL)	
INTREPIDO	4	27-08-2008	06:45	20°27'	70°13'	30 (JUREL)	
RELAMPAGO	1	25-08-2008	23:55	21°21'	70°11'	30	x
RELAMPAGO	2	26-08-2008	08:10	21°29'	70°13'	40	x
RELAMPAGO	3	26-08-2008	13:50	21°37'	70°14'	30 (JUREL)	
DON ERNESTO	1	27-08-2008	05:30	19°20'	70°20'	S/P	
ATACAMA V	1	27-08-2008	11:30	21°45'	70°15'	8	x
ATACAMA V	2	27-08-2008	13:42	21°48'	70°14'	15	x
ATACAMA V	3	28-08-2008	01:54	20°59'	70°23'	30 (JUREL)	
ATACAMA V	4	28-08-2008	06:05	20°57'	70°22'	10 (JUREL)	
RELAMPAGO	1	27-08-2008	21:53	20°56'	70°17'	70	x
RELAMPAGO	2	28-08-2008	01:30	20°58'	70°23'	10 (JUREL)	
DON ERNESTO	1	28-08-2008	02:00	21°00'	70°23'	40 (JUREL)	
ATACAMA V	1	30-08-2008	01:18	20°54'	70°14'	35	x
ATACAMA V	2	30-08-2008	04:47	20°01'	70°13'	15	x
ATACAMA V	3	30-08-2008	07:10	21°06'	70°11'	50	x
RELAMPAGO	1	02-09-2008	04:25	21°24'	70°12'	40	x
RELAMPAGO	2	02-09-2008	08:20	21°23'	70°14'	10 (JUREL)	
ATACAMA V	1	02-09-2008	03:50	20°57'	70°16'	50	x
ATACAMA V	2	02-09-2008	05:36	20°57'	70°14'	90	x



Continuaci3n Tabla 6

BARCO	LANCE N°	FECHA	HORA COLECCI3N	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA ESTIMADA (t)	LANCES ANCHOVETA
ATACAMA V	3	02-09-2008	08:05	21°00'	70°12'	40	x
INTREPIDO	1	02-09-2008	03:18	21°23'	70°11'	30	x
ATACAMA V	1	03/09/200	04:30	20°55'	70°14'	40	x
ATACAMA V	2	03/09/200	06:40	21°01'	70°12'	210	x
RELAMPAGO	1	04-09-2008	01:20	21°11'	70°10'	S/P	
RELAMPAGO	2	04-09-2008	03:58	21°16'	70°12'	40	x
RELAMPAGO	3	04-09-2008	06:45	21°19'	70°10'	70	x
ATACAMA V	1	04-09-2008	03:50	21°00'	70°13'	20	x
ATACAMA V	2	04-09-2008	08:50	21°14'	70°09'	30	x
ATACAMA V	3	04-09-2008	11:08	21°14'	70°11'	40	x
ATACAMA V	4	04-09-2008	15:06	21°20'	70°09'	20	x
INTREPIDO	1	04-09-2008	02:00	21°11'	70°11'	S/P	
INTREPIDO	3	04-09-2008	09:45	21°13'	70°13'	20	x
INTREPIDO	1	05-09-2008	10:45	21°20'	70°18'	20 (JUREL)	
INTREPIDO	2	06-09-2008	02:00	21°08'	70°14'	15	x
ATACAMA V	1	06-09-2008	01:10	20°55'	70°19'	10	x
ATACAMA V	3	06-09-2008	14:23	20°26'	70°14'	10	x
TRUENO I	1	09-09-2008	08:24	18°39'	70°44'	35	x
AUDAZ	1	08-09-2008	13:10	18°27'	70°54'	S/P	
AUDAZ	2	09-09-2008	06:52	18°37'	70°50'	S/P	
AUDAZ	3	09-09-2008	09:15	18°34'	70°51'	12	x
INTREPIDO	2	09-09-2008	04:00	21°20'	70°14'	20	x
INTREPIDO	3	09-09-2008	07:00	21°20'	70°19'	30 (JUREL)	
ATACAMA V	1	08-09-2008	11:53	19°56'	70°15'	5	x
ATACAMA V	2	09-09-2008	00:40	21°16'	70°11'	45	x
ATACAMA V	3	09-09-2008	03:03	21°19'	70°13'	50	x
RELAMPAGO	1	09-09-2008	00:40	21°19'	70°10'	30	x
RELAMPAGO	3	09-09-2008	05:40	21°23'	70°18'	5 (JUREL)	
RELAMPAGO	4	09-09-2008	12:16	20°33'	70°16'	S/P	
INTREPIDO	2	10-09-2008	10:15	20°29'	70°15'	S/P	
TRUENO I	1	10-09-2008	07:42	20°39'	70°18'	5	x
TRUENO I	2	10-09-2008	11:44	20°27'	70°17'	10	x
ATACAMA V	2	10-09-2008	03:56	20°38'	70°16'	60	x
ATACAMA V	4	10-09-2008	09:54	20°34'	70°15'	60	x
RELAMPAGO	1	10-09-2008	04:45	20°39'	70°16'	110	x
TRUENO I	2	11-09-2008	11:02	20°32'	70°23'	S/P	
AUDAZ	1	10-09-2008	08:55	20°34'	70°16'	10	x
AUDAZ	2	11-09-2008	12:13	20°34'	70°24'	20	x
INTREPIDO	1	11-09-2008	14:15	20°38'	70°28'	40 (JUREL)	
AUDAZ	3	12-09-2008	12:56	20°37'	70°27'	30 (JUREL)	
TRUENO I	2	12-09-2008	12:43	20°37'	70°26'	70 (JUREL)	

S/P: SIN PESCA



Tabla 7

Parámetros de la ecuaci3n combinada para estadio y temperatura ajustada a los datos de anchoveta de la zona norte (Soto, 2001) (E.S.= Error estandar; MSE= Error estandar residual).

	Soto (2001)		
	Parámetro	E.S	P
a	9.8206	1.0261	1.61E-12
b	0.0986	0.0024	<2E-16
c	0.1018	0.0167	2.06E-07
d	1.8151	0.1103	<2E-16
MSE		1.371	



Tabla 8

Resultados del ajuste del modelo probabilístico para la edad de los estadios de huevos en anchoveta zona norte.

Call:
 glm(formula = form, family = binomial(link = link), data = ninc,
 control = glmControl)

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.531e+00	0.000e+00	0.000e+00	4.712e-08	5.279e+00

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
Age	-0.45616	0.02207	-20.673	< 2e-16 ***
Temp	-0.23354	0.03277	-7.126	1.03e-12 ***
Stage1	9.85686	106.18988	0.093	0.926
Stage2	1.99937	0.50492	3.960	7.50e-05 ***
Stage3	-4.28656	0.53603	-7.997	1.28e-15 ***
Stage4	-7.99786	0.59893	-13.354	< 2e-16 ***
Stage5	-11.47754	0.68216	-16.825	< 2e-16 ***
Stage6	-16.01424	0.81073	-19.753	< 2e-16 ***
Stage7	-20.64955	0.96296	-21.444	< 2e-16 ***
Stage8	-25.41910	1.12874	-22.520	< 2e-16 ***
Stage9	-29.61716	1.27841	-23.167	< 2e-16 ***
Stage10	-32.22342	1.37153	-23.494	< 2e-16 ***
Stage11	-34.18482	1.44515	-23.655	< 2e-16 ***
Stage12	-36.04157	1.50341	-23.973	< 2e-16 ***
Age:Temp	0.07955	0.00322	24.700	< 2e-16 ***

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
 Null deviance: 11187.72 on 1735 degrees of freedom
 Residual deviance: 711.68 on 1720 degrees of freedom
 AIC: 881.2
 Number of Fisher Scoring iterations: 20



Tabla 9

Resultados del ajuste de producci3n diaria de huevos en funci3n de la edad de los huevos para las dos metodologías (Rutinas *eggs* y *eggsplore* en plataforma R). *Intercept* corresponde al estimado del logaritmo de P_0 (N° huevos/ m^2 /día). *Age* corresponde a la estimaci3n de mortalidad diaria de huevos (Z , en horas). *Std. Error* en el caso de P_0 corresponde al coeficiente de variaci3n de P_0 y para Z es el error estandar. n es el númerode observaciones. $Pr(>|z|)$ es la probabilidad de que el parámetro no sea significativo (i.e. = 0). *AIC* es el criterio de informaci3n de Akaike.

		Modelo de Lo GLM						Modelo Multinomial					
		Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z)	n	AIC	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z)	n	AIC
1992	(Intercept)	6.181536	0.244034	25.3	<2e-16	575	3308.8	6.068742	0.245633	24.7	<2e-16	496	3018
	Age	-0.011578	0.008243	-1.4	0.16			-0.007183	0.009055	-0.8	0.43		
1995	(Intercept)	6.014969	0.258939	23.2	<2e-16	691	2985	5.258078	0.239853	21.9	<2e-16	645	2808
	Age	-0.021668	0.008764	-2.5	0.01			-0.006713	0.008229	-0.8	0.42		
1996	(Intercept)	5.861715	0.292224	20.1	<2e-16	503	2339.4	5.99041	0.29086	20.6	<2e-16	464	2327
	Age	-0.009463	0.009871	-1.0	0.34			-0.01686	0.01002	-1.7	0.09		
1997	(Intercept)	6.30576	0.27808	22.7	<2e-16	547	2656.3	5.741511	0.252034	22.8	<2e-16	421	2523
	Age	-0.02896	0.01025	-2.8	4.7E-03			0.003328	0.01137	0.3	0.77		
1999	(Intercept)	7.21459	0.33666	21.4	<2e-16	342	1762	6.95639	0.32923	21.1	<2e-16	289	1736
	Age	-0.04965	0.01177	-4.2	2.5E-05			-0.039	0.01248	-3.1	1.8E-03		
2000	(Intercept)	6.522242	0.227725	28.6	<2e-16	524	2946.5	6.714806	0.227135	29.6	<2e-16	460	2973
	Age	-0.023484	0.007802	-3.0	2.6E-03			-0.032164	0.008481	-3.8	1.5E-04		
2001	(Intercept)	7.78502	0.54937	14.2	<2e-16	133	875.16	6.41111	0.54414	11.8	<2e-16	122	796.8
	Age	-0.02987	0.01801	-1.7	0.10			0.01299	0.01888	0.7	0.491		
2002	(Intercept)	6.76806	0.17794	38.0	<2e-16	669	4901	6.609291	0.173606	38.1	<2e-16	577	4368
	Age	-0.01894	0.00609	-3.1	1.9E-03			-0.01536	0.006459	-2.4	0.02		
2003	(Intercept)	7.680128	0.282338	27.2	<2e-16	297	2403.1	6.72581	0.3023	22.2	<2e-16	274	1765
	Age	-0.024523	0.008928	-2.7	6.0E-03			-0.0152	0.01062	-1.4	0.15		
2004	(Intercept)	6.90376	0.23069	29.9	<2e-16	491	3229.3	7.027879	0.220056	31.9	<2e-16	463	3125
	Age	-0.02912	0.00781	-3.7	1.9E-04			-0.035152	0.007586	-4.6	3.6E-06		
2005	(Intercept)	7.360873	0.211753	34.8	<2e-16	501	3393.6	6.91869	0.21988	31.5	<2e-16	472	3260
	Age	-0.0456	0.007337	-6.2	5.1E-10			-0.02011	0.00807	-2.5	1.3E-02		
2006	(Intercept)	6.98651	0.235172	29.7	<2e-16	495	3069	6.86046	0.23101	29.7	<2e-16	420	2835
	Age	-0.036686	0.008542	-4.3	1.8E-05			-0.0306	0.00932	-3.3	1.0E-03		
2007	(Intercept)	6.64165	0.31872	20.839	<2e-16	286	1596.1	6.466688	0.308755	20.944	<2e-16	291	1574
	Age	-0.0334	0.01017	-3.285	1.02E-03			-0.029799	0.009874	-3.018	0.00255		
2008	(Intercept)	7.528015	0.274527	27.422	<2e-16	366	3068.7	6.201795	0.318289	19.485	<2e-16	295	1932
	Age	-0.030285	0.009302	-3.256	1.13E-03			0.005065	0.01251	0.405	0.686		



Tabla 10
N3mero de lances y total de hembras muestreadas en los distintos a3os de aplicaci3n del MPH en la zona norte.

A3o	Lances	Histolog3a
1992	48	1440
1995	40	1177
1996	32	927
1997	60	1800
1999	51	1530
2000	92	1800
2001	60	1800
2002	60	1800
2003	60	1800
2004	55	1651
2005	60	1799
2006	42	1260
2007	55	1645
2008	60	1800



Tabla 11
Parámetros de las regresiones entre fecundidad parcial y peso corporal para cada año de aplicación del MPH en la zona norte de Chile.

	Parámetros de las regresiones entre Peso Corporal y Fecundidad												
	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Intercepto (a)	671.77	337.46	6950.8	105.44	-5127.08	2205.21	11341.20	-1237.67	-4164.12	1152.76	-4476.16	-4212.84	134.31
Sa	1916.66	1514.08	1923.852	816.02	3285.50	2097.95	2719.11	1388.04	2944.92	2582.87	2326.28	1688.05	1628.23
Pendiente (b)	534.57	690.51	262.6099	498.60	740.45	465.10	259.56	615.84	584.18	431.29	788.63	726.94	713.99
Sb	65.12	55.68	78.30125	34.12	116.16	69.02	121.04	57.52	120.27	86.79	87.82	74.06	90.54
r ²	0.30	0.59	0.05	0.54	0.28	0.26	0.06	0.54	0.20	0.24	0.54	0.57	0.34
n	156	107	210	187	109	133	69	99	96	79	72	76	121
Syx	3291.113	3004.221	3582.391	2917.738	4210.345	3749.333	2599.681	2249.760	2476.319	2820.009	3696.216	2099.256	2506.504
PC Min	18.5	13.7	15.9	14.9	19.7	21.7	14.7	13.5	19.5	21.6	15.3	15.1	13.9
PC Max	42.0	40.7	34.9	39.3	42.5	43.0	29.7	33.5	29.7	37.4	36.4	32.4	26.0
PC Promedio	29.2	26.7	24.4	23.1	28.1	30.0	22.3	23.8	24.4	29.5	26.0	22.6	17.8
Fec relativa	557.7	704.5	552.2	503.8	555.1	539.7	775.1	562.8	412.3	471.3	609.8	536.1	721.4

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

Año	Peso promedio		Fecundidad parcial		Fecundidad relativa	Fracción desovante		Proporción hembras	
	(g)	CV (%)	Nº	CV (%)	Nº ovoc./g	día ⁻¹	CV (%)		CV (%)
1992	20.7	1.32	14917	1.62	721	0.160	6.22	0.48	2.95
1995	29.2	2.53	15405	2.77	528	0.180	4.65	0.42	5.83
1996	30.0	2.52	19658	2.87	654	0.170	12.79	0.45	8.01
1997	21.7	1.73	12102	1.95	559	0.130	3.07	0.51	2.76
1999	22.7	1.42	10600	2.75	467	0.170	3.81	0.46	5.19
2000	30.9	1.02	16279	2.86	528	0.189	7.50	0.50	4.39
2001	32.4	1.17	15911	2.27	492	0.188	27.02	0.47	5.36
2002	21.3	0.96	16761	1.59	787	0.137	6.87	0.51	3.09
2003	25.2	1.16	13327	2.07	530	0.182	10.47	0.49	3.47
2004	23.6	1.72	8777	3.22	371	0.176	7.16	0.52	3.53
2005	23.0	1.26	10560	2.25	460	0.190	6.70	0.44	4.80
2006	22.5	3.06	12088	5.21	537	0.203	5.17	0.45	4.93
2007	21.7	1.92	10497	3.33	484	0.293	6.76	0.50	3.67
2008	21.9	2.36	14920	2.99	682	0.298	8.89	0.45	3.36



Tabla 13

Estimaciones de la producci3n diaria de huevos (huevos/0,05 m²/día), su varianza y coeficiente de variaci3n (CV, %), área de desove, área de estudio y biomasa de anchoveta en cada aío de aplicaci3n del método.

(*: Se utiliz3 funci3n global de fecundidad parcial)

		Modelo de Lo GLM			Modelo Multinomial		
		Estimado	Varianza	CV	Estimado	Varianza	CV
1992	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	14.65	21.144	31.4	13.09	17.099	31.6
	Área desove (mn ²)	10332			10332		
	Área Total (mn ²)	17055			17055		
	BIOMASA (ton)	314232	1.03E+10	32.3	280714	8.32E+09	32.5
1995	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	15.03	20.666	30.2	7.05	3.903	28.0
	Área desove (mn ²)	13315			13315		
	Área Total (mn ²)	18137			18137		
	BIOMASA (ton)	465696	2.17E+10	31.6	218468	4.16E+09	29.5
1996	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	10.24	15.391	38.3	11.65	19.726	38.1
	Área desove (mn ²)	10698			10698		
	Área Total (mn ²)	18353			18353		
	BIOMASA (ton)	253356	1.05E+10	40.5	288152	1.35E+10	40.3
1997	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	20.46	43.397	32.2	11.63	11.539	29.2
	Área desove (mn ²)	14660			14660		
	Área Total (mn ²)	19627			19627		
	BIOMASA (ton)	744838	6.62E+10	34.5	423654	1.81E+10	31.7
1999	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	18.68	144.297	64.3	14.43	82.382	62.9
	Área desove (mn ²)	7525			7525		
	Área Total (mn ²)	27374			27374		
	BIOMASA (ton)	973292	3.94E+11	64.5	751810	2.25E+11	63.1
2000	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	22.73	40.155	27.9	27.55	58.729	27.8
	Área desove (mn ²)	13059			13059		
	Área Total (mn ²)	19539			19539		
	BIOMASA (ton)	608087	3.11E+10	29.0	737217	4.54E+10	28.9
2001	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	18.67	682.528	139.9	4.73	42.928	138.6
	Área desove (mn ²)	4026			4026		
	Área Total (mn ²)	25921			25921		
	BIOMASA (ton)	765885	1.20E+12	142.7	193857	7.52E+10	141.5
2002 (*)	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	26.30	36.269	22.9	22.44	25.137	22.3
	Área desove (mn ²)	18309			18309		
	Área Total (mn ²)	30264			30264		
	BIOMASA (ton)	1503911	1.30E+11	24.0	1283127	9.05E+10	23.4
2003	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	31.50	272.686	52.4	12.13	46.367	56.1
	Área desove (mn ²)	7852			7852		
	Área Total (mn ²)	26986			26986		
	BIOMASA (ton)	1238731	4.41E+11	53.6	477004	7.46E+10	57.3
2004 (*)	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	15.18	40.323	41.8	17.19	47.035	39.9
	Área desove (mn ²)	9193			9193		
	Área Total (mn ²)	30152			30152		
	BIOMASA (ton)	668979	8.08E+10	42.5	757385	9.46E+10	40.6
2005 (*)	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	32.43	114.620	33.0	20.84	51.045	34.3
	Área desove (mn ²)	12521			12521		
	Área Total (mn ²)	30368			30368		
	BIOMASA (ton)	1520754	2.64E+11	33.8	977285	1.17E+11	35.0
2006	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	18.54	55.595	40.2	16.35	41.706	39.5
	Área desove (mn ²)	14117			14117		
	Área Total (mn ²)	41182			41182		
	BIOMASA (ton)	1081156	1.96E+11	40.9	953115	1.47E+11	40.2
2007	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	6.45	25.182	0.8	5.41	16.654	75.4
	Área desove (mn ²)	6439			6439		
	Área Total (mn ²)	38269			38269		
	BIOMASA (ton)	240727	3.54E+10	78.2	202088	2.34E+10	75.7
2008	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	20.02	140.661	59.0	5.31	13.335	69.0
	Área desove (mn ²)	7594			7594		
	Área Total (mn ²)	35264			35264		
	BIOMASA (ton)	532132	1.02E+11	60.0	141270	9.60E+09	69.4



Tabla 14
Frecuencia de estaciones con presencia y ausencia de huevos por a1o, para estaciones sin registro de salinidades (Cero) y con registro de salinidades (Positiva).

A1o	Salinidad	Ausencia	Presencia	Total
1992	Sin registro	286	180	466
	Con registro	44	32	76
	Total	330	212	542
1995	Sin registro	0	1	1
	Con registro	370	207	577
	Total	370	208	578
1996	Sin registro	1	0	1
	Con registro	575	176	751
	Total	576	176	752
1997	Sin registro	8	1	9
	Con registro	583	208	791
	Total	591	209	800
1999	Sin registro	12	6	18
	Con registro	454	126	580
	Total	466	132	598
2001	Sin registro	1	0	1
	Con registro	453	60	513
	Total	454	60	514
2002	Sin registro	0	1	1
	Con registro	279	309	588
	Total	279	310	589
2003	Sin registro	1	0	1
	Con registro	407	129	536
	Total	408	129	537
2004	Sin registro	0	1	1
	Con registro	441	207	648
	Total	441	208	649
2005	Sin registro	10	16	26
	Con registro	434	198	632
	Total	444	214	658
2007	Sin registro	44	4	48
	Con registro	642	109	751
	Total	686	113	799
Total	Sin registro	363	210	573
	Con registro	5.548	2.196	7.744
	Total	5.911	2.406	8.317

* A1os que no aparecen en la tabla no presentan estaciones sin registro de salinidades



Tabla 15

Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos de anchoveta y densidad media de huevos/0,05 m² de las estaciones positivas desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.

Año	Estaciones			Densidad Media de huevos/0,05 m ²	
	Ausencia	Presencia	Total	Estaciones +	Total Area
1995	370	208	578	36,32	13,07
1996	576	176	752	38,17	8,93
1997	591	209	800	38,54	10,07
1999	466	132	598	57,44	12,68
2000	290	212	502	49,40	20,86
2001	454	60	514	124,42	14,52
2002	279	310	589	59,05	31,08
2003	408	129	537	71,81	17,25
2004	441	208	649	58,07	18,61
2005	444	214	658	79,75	25,94
2006	576	223	799	52,97	14,78
2007	686	113	799	41,76	5,91
2008	581	136	717	71,77	13,61
Total	6162	2330	8492	59,96	15,95



Tabla 16
Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Regi3n desde los a1os 1995 a 1997 y 1999 al 2008.

A1o	Estadística	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Temperatura superficial (° C)	Salinidad superficial (psu)	Densidad de huevos (h/0,05 m ²)	A1o	Estadística	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Temperatura superficial (° C)	Salinidad superficial (psu)	Densidad de huevos (h/0,05 m ²)
1992	Mínimo	18,33	70,10	14,51	34,72	1	2002	Mínimo	18,42	70,12	13,65	34,44	1
	Máximo	23,83	71,82	17,90	35,26	202		Máximo	26,00	71,85	18,10	35,14	1607
	Rango	5,50	1,72	3,39	0,54	201		Rango	7,58	1,73	4,45	0,70	1606
	Media	21,00	70,70	16,15	34,92	45		Media	22,27	70,89	16,11	34,78	59
	Mediana	21,00	70,56	16,11	34,88	22		Mediana	22,17	70,89	16,18	34,80	14
	Desv. típ	1,80	0,44	0,91	0,14	57		Desv. típ	2,22	0,38	1,16	0,18	128
1995	Mínimo	18,38	70,09	12,80	34,10	1	2003	Mínimo	18,42	70,10	13,34	34,47	1
	Máximo	25,00	71,67	19,40	35,13	1539		Máximo	26,00	71,71	18,30	35,22	1386
	Rango	6,62	1,58	6,60	1,03	1538		Rango	7,58	1,61	4,96	0,75	1385
	Media	21,60	70,72	15,64	34,70	37		Media	21,83	70,83	16,03	34,84	72
	Mediana	21,58	70,69	15,60	34,72	6		Mediana	21,83	70,81	15,81	34,83	4
	Desv. típ	1,96	0,33	1,06	0,15	127		Desv. típ	2,11	0,37	0,94	0,14	212
1996	Mínimo	18,50	70,09	13,20	34,29	1	2004	Mínimo	18,42	70,11	13,36	34,48	1
	Máximo	26,00	71,75	17,00	35,52	611		Máximo	26,00	71,83	19,29	35,15	1288
	Rango	7,50	1,66	3,80	1,23	610		Rango	7,58	1,72	5,93	0,67	1287
	Media	22,23	70,68	15,34	34,71	38		Media	22,03	70,92	16,64	34,81	58
	Mediana	22,17	70,65	15,30	34,71	6		Mediana	21,83	70,91	16,40	34,81	10
	Desv. típ	2,06	0,33	0,54	0,11	80		Desv. típ	2,22	0,39	1,26	0,15	141
1997	Mínimo	18,38	70,08	16,04	34,53	1	2005	Mínimo	18,42	70,10	13,05	34,41	1
	Máximo	26,05	71,92	20,98	35,32	947		Máximo	26,00	71,84	17,51	35,17	2100
	Rango	7,67	1,84	4,94	0,79	946		Rango	7,58	1,74	4,46	0,76	2099
	Media	22,16	70,85	18,38	35,02	39		Media	22,12	70,93	15,68	34,78	84
	Mediana	22,15	70,82	18,21	35,01	11		Mediana	22,00	70,94	15,56	34,80	15
	Desv. típ	2,30	0,41	1,36	0,20	97		Desv. típ	2,25	0,40	0,94	0,22	220
1999	Mínimo	18,42	70,05	13,12	33,78	1	2006	Mínimo	18,41	70,10	13,59	34,36	1
	Máximo	26,05	71,82	17,84	35,18	1649		Máximo	26,00	72,20	18,17	35,16	2563
	Rango	7,63	1,77	4,72	1,40	1648		Rango	7,59	2,10	4,58	0,80	2562
	Media	22,33	70,84	15,95	34,78	60		Media	22,17	71,07	16,25	34,78	53
	Mediana	22,38	70,81	15,69	34,75	8		Mediana	22,17	71,06	16,08	34,79	6
	Desv. típ	2,19	0,40	1,01	0,18	180		Desv. típ	2,26	0,48	0,99	0,22	202
2000	Mínimo	18,42	70,09	13,97	34,45	1	2007	Mínimo	18,42	70,10	12,37	34,28	1
	Máximo	26,00	71,55	17,30	35,00	518		Máximo	26,00	72,07	16,12	34,93	705
	Rango	7,58	1,46	3,33	0,55	517		Rango	7,58	1,97	3,75	0,65	704
	Media	22,04	70,66	15,93	34,78	49		Media	22,11	71,01	14,08	34,62	43
	Mediana	21,92	70,63	15,95	34,81	14		Mediana	22,00	71,02	14,04	34,64	7
	Desv. típ	1,99	0,31	0,68	0,13	86		Desv. típ	2,22	0,45	0,73	0,11	106
2001	Mínimo	18,55	70,11	13,72	34,41	1	2008	Mínimo	18,42	70,10	13,79	34,44	1
	Máximo	26,05	71,80	17,10	35,08	1977		Máximo	26,00	71,97	17,85	35,00	1387
	Rango	7,50	1,69	3,38	0,67	1976		Rango	7,58	1,87	4,06	0,56	1386
	Media	22,15	70,83	15,70	34,74	124		Media	21,79	70,99	16,31	34,83	72
	Mediana	21,72	70,80	15,76	34,73	3		Mediana	21,83	70,98	16,26	34,83	11
	Desv. típ	2,33	0,37	0,79	0,16	343		Desv. típ	2,07	0,43	0,81	0,10	154
Total	Mínimo	18,33	70,05	12,37	33,78	1	Total	Mínimo	18,33	70,05	12,37	33,78	1
	Máximo	26,05	72,20	20,98	35,52	2563		Máximo	26,05	72,20	20,98	35,52	2563
	Rango	7,72	2,15	8,61	1,74	2562		Rango	7,72	2,15	8,61	1,74	2562
	Media	22,06	70,87	16,03	34,79	57		Media	22,06	70,87	16,03	34,79	57
	Mediana	22,00	70,83	15,89	34,78	9		Mediana	22,00	70,83	15,89	34,78	9
	Desv. típ	2,18	0,41	1,38	0,19	157		Desv. típ	2,18	0,41	1,38	0,19	157



Tabla 17

Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta. Desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.

Modelo binomial presencia/ausencia de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
(Intercept)	1			
Años	11			
s(Lat)	1	3,1	69,00	< 0,01
s(Lon)	1	1,9	31,30	< 0,01
s(TSM)	1	1,9	81,70	< 0,01
s(Sal)	1	1,9	10,80	< 0,01

Devianza modelo nulo	1552 sobre 7661 grados de libertad
Devianza residual	1322 sobre 7637 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,164
Pseudo R2	0,15

Tabla 18

Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta. Desde los años 1995 a 1997 y 1999 al 2008.

Densidad de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	12			
s(Lat)	1	2	3,42	0,033
s(Lon)	1	2	10,92	< 0,01
s(TSM)	1	2	8,26	< 0,01
s(Sal)	1	2	6,33	< 0,01

Devianza modelo nulo	7666 sobre 2297 grados de libertad
Devianza residual	6973 sobre 2273 grados de libertad
Parámetro de dispersión	2,9
Pseudo R2	0,09

ANEXOS

A N E X O 1

**Criterios para la descripción de
las condiciones oceanográficas
en la zona de estudio**



Anexo 1

Criterios para la descripci3n de las condiciones oceanogr3ficas en la zona de estudio

Uno de los an3lisis de la condici3n oceanogr3fica superficial estacional de la zona de estudio, hace uso de valores de anomal3a de temperatura y salinidad obtenidos de los datos de crucero y de promedios de datos hist3ricos para el mes. As3, los valores de estas variables, registrados en el sector oce3nico de la zona de estudio y que comprenden el rango $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $\pm 0,1$ psu, respectivamente, no son significativos, ya que est3n en el rango de 1 desviaci3n est3ndar, por lo tanto, se encuentran dentro lo que se considera como variaci3n normal del sistema. En el caso del sector costero, en promedio, 3ste rango aumenta al doble, es decir $\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $\pm 0,2$ psu.

La importancia de identificar un proceso local como generador de anomal3as t3rmicas y salinas a nivel superficial radica en que 3stos pueden abarcar un 3rea menor de la zona de estudio dentro de un per3odo de tiempo que va de horas a meses. Como procesos locales de corta duraci3n (horas a d3as), se puede indicar el viento, el cual gobierna la intensidad de la surgencia y el espesor de la capa de mezcla. En los de mayor duraci3n (semanas a meses), se encuentran los giros de mesoescala que provocan ascensos o hundimientos de agua y que afectan la distribuci3n vertical de las variables f3sicas y qu3micas, incluso hasta profundidades mayores a 500 m (Narv3ez, 2000), definiendo tambi3n la distribuci3n de ox3geno y la producci3n fitoplanct3nica. Los procesos que provocan los cambios se3alados se pueden clasificar como de procesos locales de frecuencia intraestacional.



Procesos no locales en la zona de estudio, como lo son el paso de ondas atrapadas a la costa (**OAC**), pueden producir cambios en el valor de la TSM en la frecuencia intraestacional (Hormazabal, *et al.*, 2001). Las características del muestreo y la información recopilada durante los cruceros no permiten distinguir el paso de las OAC.

El uso de promedios de temperatura y salinidad provenientes de una serie de datos de más de 30 años (Braun *et al.*, 2002), obtenidos mediante la metodología descrita por Blanco *et al.* (2001), como también la utilización de un criterio de “anomalía significativa” y el análisis de otras variables complementarias busca distinguir condiciones oceanográficas que pueden denominarse “anormales” para la zona y que pueden afectar la distribución y abundancia de los recursos pesqueros. Por la tanto, no solo se busca cuantificar la variación de una variable sino también distinguir el proceso que origina las anomalías, tanto las significativas como las que no lo son.

Hormazabal, S., G. Shaffer, J. Letelier and O. Ulloa, 2001: Local and remote forcing of sea surface temperature in the coastal upwelling system off Chile. *J. Geophys. Res.*, 106,16657-16672.

Blanco, J. L. A. C. Thomas, M. E. Carr y P. T Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographics conditions in the upwelling region off northern Chile. *J. Geophys. Res.*, 106, C6, 11451-11467.



Braun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo y V. Catasti. 2002. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).

Narváez, D. 2000. Observaciones de vórtices de meso escala frente a la costa norte de Chile utilizando altimetría satelital y datos hidrográficos. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 47 pp.

A N E X O 2

Personal participante por actividad (HH)



PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

FIP 2008-01

Hernán Reyes R.	Oceanógrafo Oceanografía, Participación Crucero, toma de datos, procesamiento muestras de salinidad, análisis de información histórica, preparación de informe.
Gabriel Claramunt Q.	Biólogo Marino, Ms. En Pesquerías. UNAP Coordinador general UNAP.
Carlos Martínez F.	Biólogo Marino Reproducción - Pesquerías
Victor Catasti B.	Ingeniero Pesquero Participación crucero, asociación con huevos de anchoveta y variables oceanográficas, SIG, preparación de informe.
J. Mauricio Braun A.	Biólogo Jefe de Proyecto, procesamiento y análisis de datos ictioplancton, análisis de información histórica, coordinación general y preparación de informe.
Juan C. Saavedra N.	Ingeniero Estadístico Análisis estadístico y Modelamiento estadístico de la densidad de huevos de anchoveta asociado a variables ambientales.
Vivian Valenzuela C.	Biólogo Marino Jefa de crucero. Recolecta de muestras de ictioplancton, Coordinación módulo Huevos.
Paola Moreno	Biólogo Módulo Huevos.
Eduardo Díaz R.	Biólogo Marino Reproducción.
Carlos Gaspar S.	Coordinador Módulo Adultos
Elisa M. Pizarro R.	Tecnólogo - Clorofila - <i>a</i>
Guillermo Galindo P.	Técnico – Módulo Huevos Recolección muestras de ictioplancton.



Jaime Letelier P.	Ocean3grafo Oceanograf3a F3sica y relaciones con el ambiente
Cristian Az3car	Bi3logo Marino Separaci3n muestras ictioplancton
Gustavo Herrera	M sc Reproducci3n An3lisis histol3gico
Roberto Orellana	Reproducci3n Preparaci3n placas histol3gicas



HORAS/HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL FIP 2008-01

Monitoreo reproductivo

PERSONAL (*)	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
Carlos Mart3nez			40	20	60
Eduardo D3az		60			60
Luis Cortes		60			60
Luis Garc3a	90				90
Luis Quintana	90				90
Juan Ballet	90				90
Paolo Pasten	90				90
Juan Almazabal	90				90
TOTAL	450	120	40	20	630

(*) Aporte IFOP

**Objetivo Específico 2.1.1**

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun	8	34	30	22	94
Vivian Valenzuela	180	40	40	11	271
Victor Catasti	180	10	19	5	214
Fredy Sepúlveda	180				180
Jorge Azocar	160				160
Guillermo Galindo	180				180
UNAP					
Gabriel Claramunt			40	40	80
Paola Moreno		160	25	20	205
Cristian Azocar		320			320
Roberto Orellana		320			320
TOTAL	888	884	154	98	2024

Objetivo Específico 2.1.2

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Hernán Reyes	160	21	10	10	201
Jaime Letelier		25	25	25	75
Milena Pizarro	180	24	30	16	250
Victor Catasti		20	19	5	44
Juan Saavedra			21	5	26
TOTAL	340	90	105	61	596

**Objetivo Específico 2.1.3**

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun			29	20	49
Eduardo Díaz		5	19	18	42
Carlos Gaspar	16	16			32
Luis García	120				120
Luis Quintana	120				120
Juan Ballet	120				120
Juan Almazabal	120				120
Pilar Páez	120				120
Paolo Pasten	120				120
UNAP					
Gabriel Claramunt			40	20	60
Natalia Pizarro		40			40
TOTAL	736	61	88	58	943

Objetivo Específico 2.1.4

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun		34	29	20	83
Vivian Valenzuela		16	10		26
Juan Saavedra			19	10	29
Carlos Martínez			10	10	20
UNAP					
Gabriel Claramunt			40	50	90
Paola Moreno		50	25	20	95
TOTAL		100	133	110	343



Objetivo Específico 2.1.5

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun		33	29	19	81
Eduardo Díaz		4	18	4	26
Juan Saavedra			19	10	29
Carlos Martínez			10	10	20
Vivian Valenzuela.			29	20	49
UNAP					
Gabriel Claramunt			10	20	30
Gustavo Herrera			90	70	160
José Sánchez			140	20	160
Cristian Azocar		300			300
Roberto Orellana		300			300
TOTAL		637	345	173	1155

Objetivo Específico 2.1.6

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun A.			30	19	49
Eduardo Díaz.		20	8	6	34
Juan Saavedra			20	10	30
Carlos Martínez			10		10
UNAP					
Gabriel Claramunt			10	10	20
Cristian Azocar		120			120
TOTAL		140	78	45	263



Objetivo Específico 2.1.7

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun			30	19	49
Carlos Mart3nez			10		10
Juan Saavedra			20	10	30
UNAP					
Gabriel Claramunt			40		40
TOTAL			100	29	129

Objetivo Específico 2.1.8

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun			30	19	49
Vivian Valenzuela		16	18		34
Jaime Letelier		25	25	25	75
V3ctor Catasti		10	19	10	39
Juan Saavedra		38	20	5	63
TOTAL		89	112	59	260

A N E X O 3

Antecedentes Taller I y Taller II

TALLER I

**Iniciación y Coordinación
Proyecto FIP N° 2008-01**

Taller realizado en Iquique
(11 agosto 2008)



LISTA DE ASISTENTES

Taller de iniciación y coordinación del proyecto "Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II regiones, año 2008" (Proyecto FIP 2008-01)
11 agosto 2008- Base IFOP Iquique

Nombre	Institución	Cargo	Firma
Antonio Remy Arista	Comandora S.A.	Jefe de Abastecimiento y Fincas	[Firma]
Franisco Hernandez Palacios	Pesquero Valdivia	Atendidos Pesquero	[Firma]
José AZUETA A	CONSTRUCCION	Jefe de Base	[Firma]
EDUARDO DIAZ LAROS	IFOP	Investigador	[Firma]
Vivian Valenzuela Cuevas	IFOP	Investigador	[Firma]
Hernán Reyes E.	IFOP	investigador	[Firma]
VICTOR CASTAÑO B.	IFOP	Investigador	[Firma]
CRISTIAN TOLEDO C.	IFOP	JEFE BASE	[Firma]
Pilar Pérez Vergara	IFOP	Obs. Científico	[Firma]
MARCO SOTO D	Director de Pesca Submarina	Director	[Firma]
PATRICK RIVAS DEVILVE	SERNAPESCA	DIR. REGIONAL	[Firma]
MILVA A. ESCOBAR S.	CORPEXA	Coop. Flotas	[Firma]
Yolay Salinas Muñoz	Collecra	Jef. OT. G.O.F.	[Firma]
Hernán TADILLA ESPARZA	IFOP	Jefe de Laboratorio	[Firma]
Carlos P. GASPAN SOLIS	IFOP	Coordinador Campo	[Firma]

Proyecto FIP 2008-01

EVALUACIÓN DEL STOCK DESOAVANTE DE ANCHOVETA ENTRE XIV y II REGIONES, AÑO 2008

OBJETIVO GENERAL

Cuantificar mediante la aplicación del Método de producción de Huevos (MPH) la biomasa desovante de anchoveta, comprendida en la zona costera desde el límite norte de la República hasta los 26°03' L.S.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar la distribución y abundancia de huevos de anchoveta.

Registrar las condiciones oceanográficas asociadas al cruceo de huevos de anchoveta.

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

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

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

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.

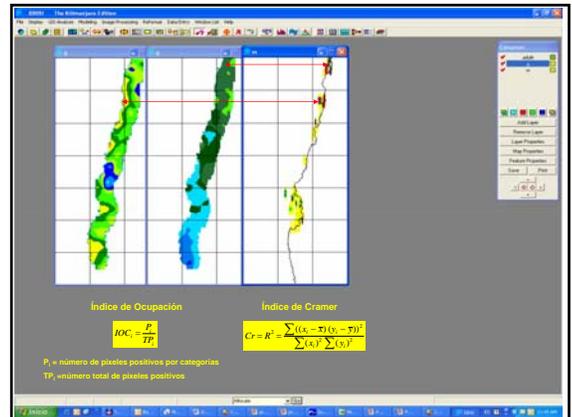
Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.

Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando los datos de las estaciones muestreadas y las condiciones del proceso ambiental.

ANÁLISIS INTEGRADO DE LA INFORMACIÓN

Sistemas Información Geográfica
SIG

Modelamiento GAM



Para efectuar el análisis integrado de las variables recolectadas se realizó un estudio espacio-temporal de la distribución y abundancia de los huevos de anchoveta y de las variables oceanográficas asociadas. Para ello se utilizaron los archivos de la base de datos correspondientes a 13 cruceos bio-oceanográficos realizados en el periodo de invierno entre los años 1992-2007.

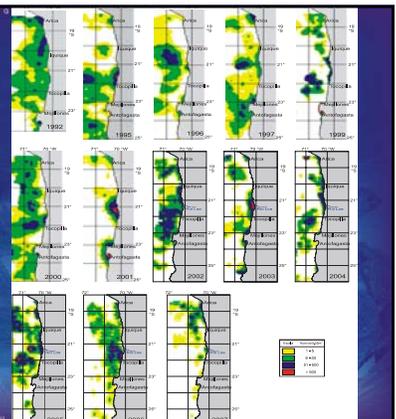
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE HUEVOS DE ANCHOVETA

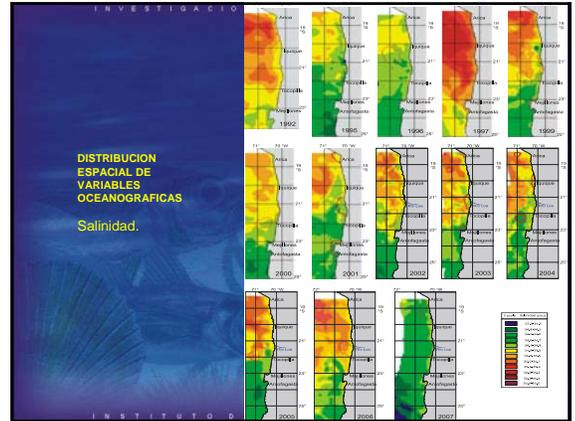
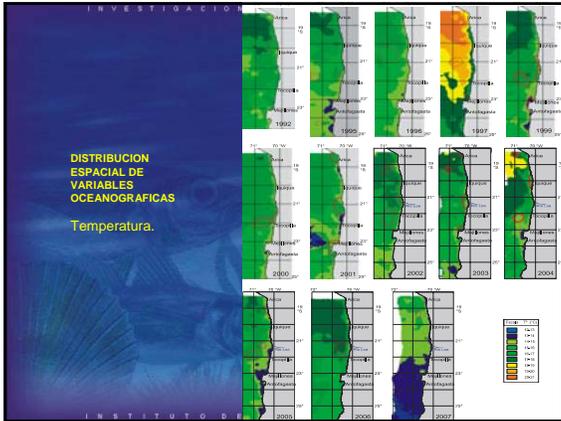
3 zonas principales:

Frente de Arica,

Alrededores de Pta Lobos y,

Antofagasta-Mejillones



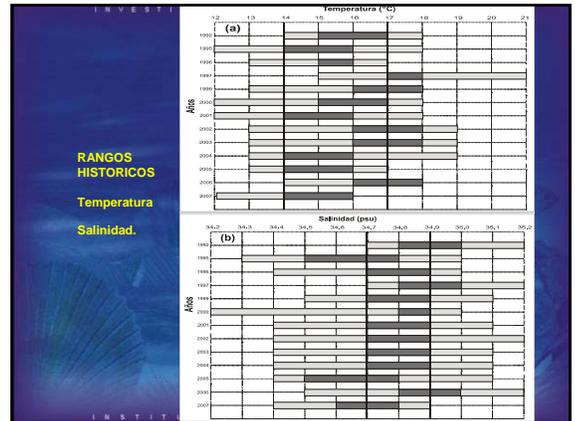


INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO

Para establecer las relaciones se realizaron asociaciones cruzadas entre la distribución de los huevos de la especie y las variables oceanográficas, se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de los huevos con respecto a la temperatura y la salinidad.

Con esto se determinaron rangos óptimos de preferencia en relación a dichas variables.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO

Determinación de los centros de gravedad (CG)

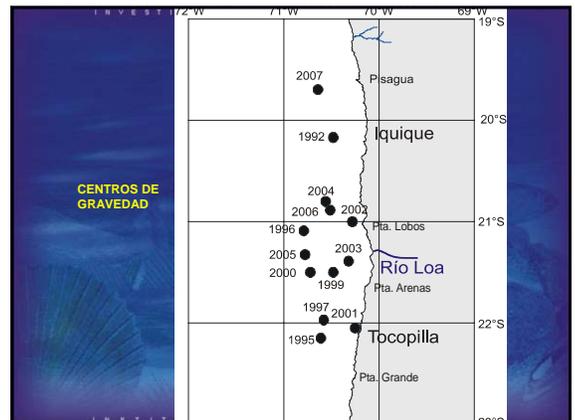
Una vez realizada las cartografías se procede a calcular los índices estadísticos de los mapas. En el caso de las cartografías de huevos de anchoveta, se calculó el centro de gravedad de las cartografías (CG). Para el cálculo del CG para cada cruce se utilizó la siguiente fórmula:

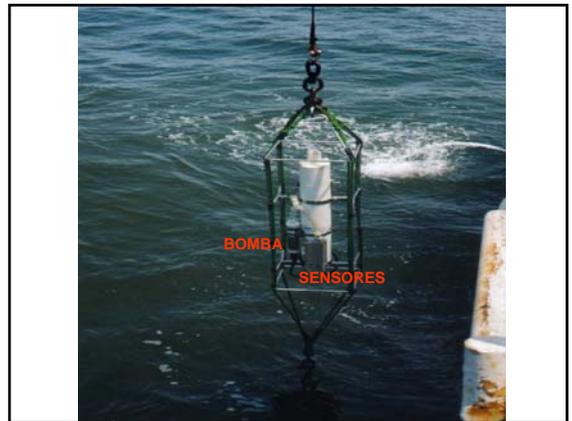
$$CG = \frac{\sum_{i=1}^n (Lat_i * Long_i * Den_i)}{\sum_{i=1}^n (Den_i)}$$

donde:

- CG_n = Centro de gravedad del n-ésimo cruce.
- Lat(Long)_n = Latitud (Longitud) de la i-ésima estación.
- Den_n = Densidad de huevos de la i-ésima estación.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

MÉTODO DE PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS (MPH)

EDUARDO DIAZ RAMOS

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Método ictioplanctónico que tiene por objetivo estimar o cuantificar la biomasa desovante de la anchoveta en el área de estudio.

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

$$B = \frac{P_0 A W}{R E F} K$$

Parámetros de huevos
 Parámetros de adultos

➔ Dos Cruceros de prospección (Recolección de información)

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

La relación fundamental entre la prospección ictioplanctónica y la biomasa en desove de un determinado stock es:

$$B = \frac{P}{C}$$

B = Biomasa desovante.
P = Estimación censal de la producción de huevos (en el mar).
C = Capacidad de producción de huevos de una unidad de peso del stock.

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable.

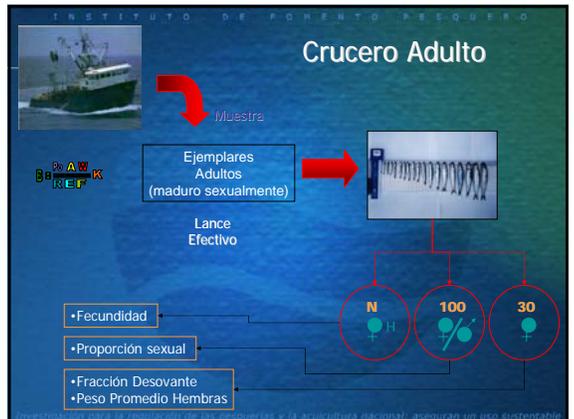
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

$$B = \frac{P_0 A W}{R E F} K$$

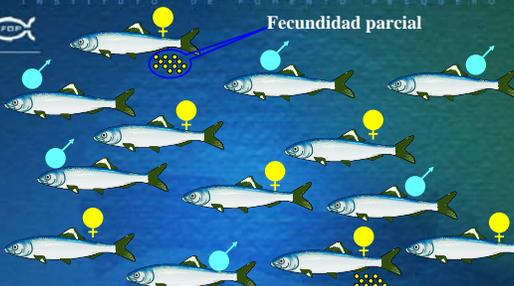
B: Relación entre producción diaria de huevos y la fecundidad específica diaria de la población adulta.

P₀: Producción diaria de huevos en el mar (Huevos/Unidad de muestreo).
A: Área de desove (Área de postura de huevos)
W: Peso promedio de hembras.
R: Proporción de hembras en la población (en peso).
E: Fecundidad parcial (Número de huevos evacuados por hembra en un desove)
F: Fracción diaria de hembras desovantes (Proporción de hembras que desova en un día)
K: Factor de conversión de gramos a toneladas.

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



Fecundidad parcial

Proporción sexual en peso correspondiente a hembras
Fracción de la población que desova en un día

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sostenible

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Monitoreo reproductivo:

- Indicador macroscópico (IGS)
- Indicadores Histológico (IAD e IAO)



LABORATORIO REPRODUCCION IFOP IQUIQUE



Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sostenible

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Hunter y Lo (1997)

“La conclusión más importante que derivamos de nuestra revisión, es que después de 15 años de uso, el MPH sigue siendo un método de estimación de biomasa sorprendentemente robusto.”

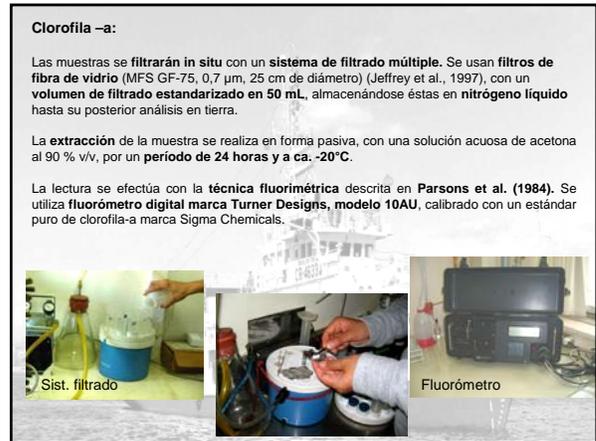
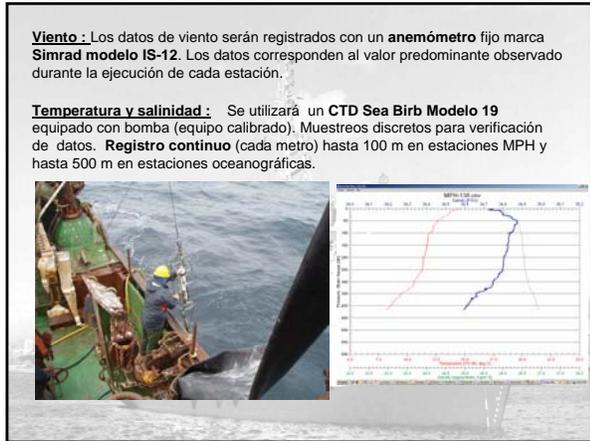
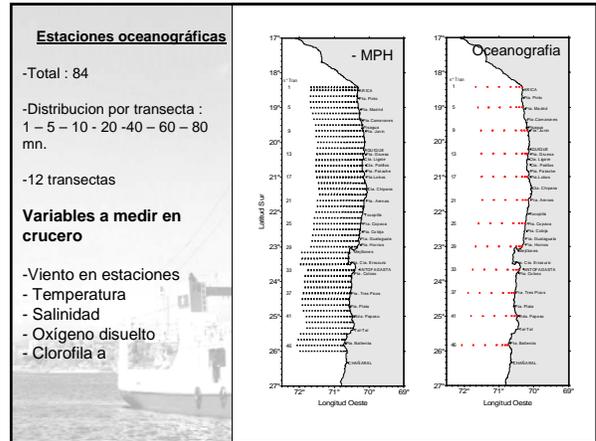
“La gran fortaleza del MPH es que es el único método de estimación de biomasa absoluta, donde todas las variables son medidas directamente en el crucero.”

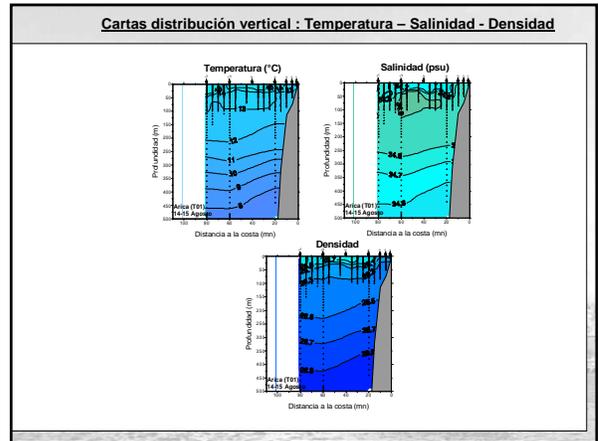
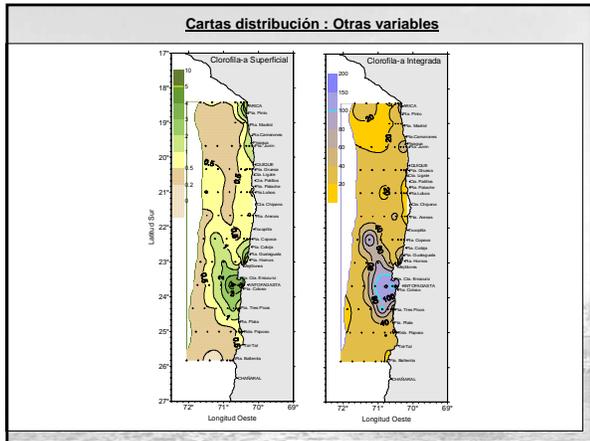
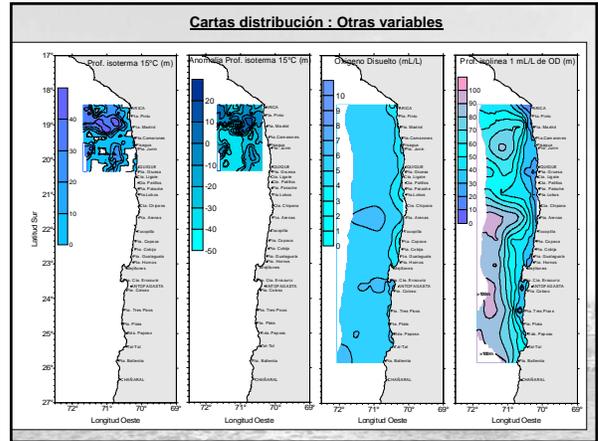
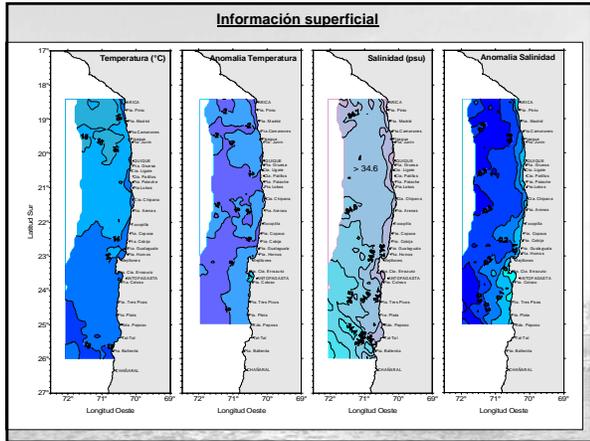
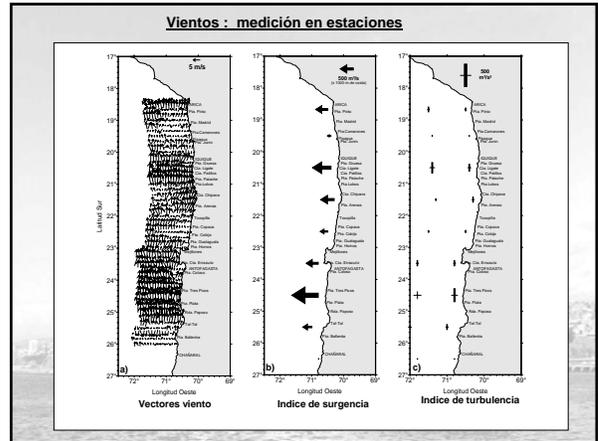
Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sostenible

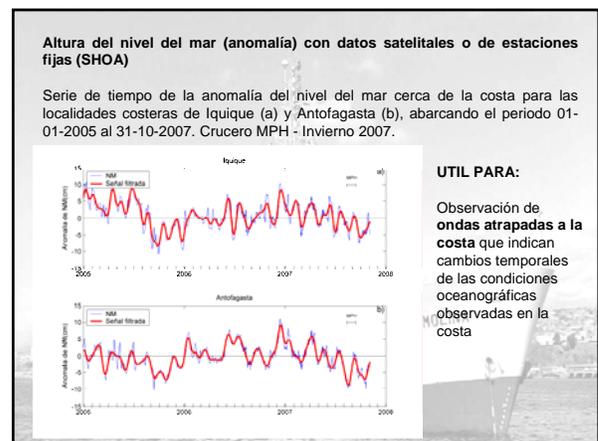
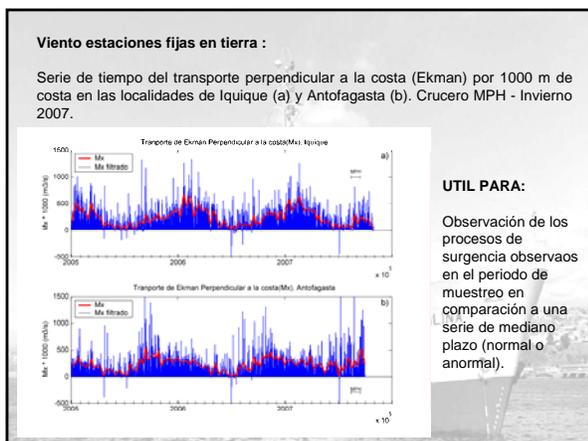
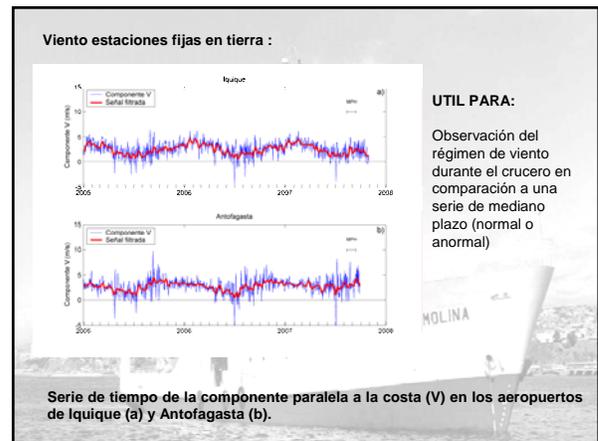
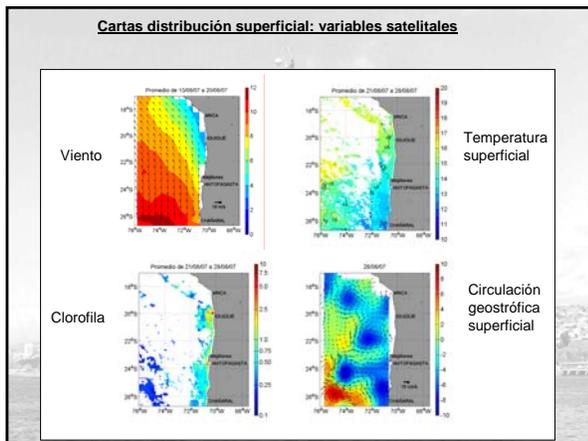
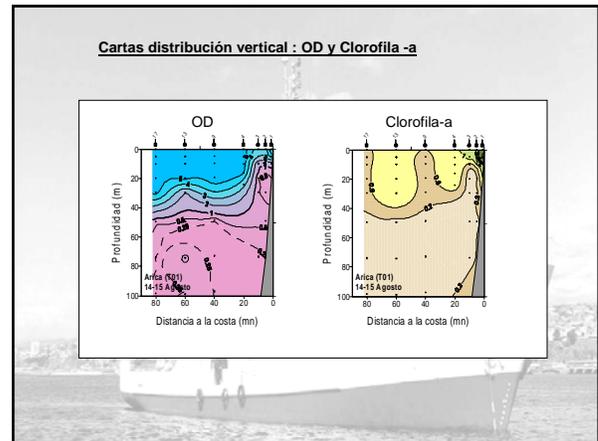
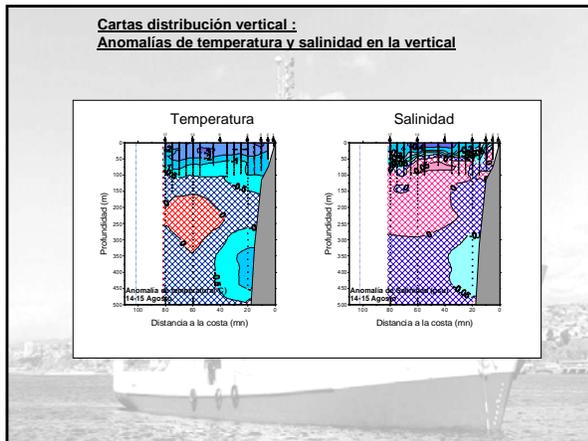
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

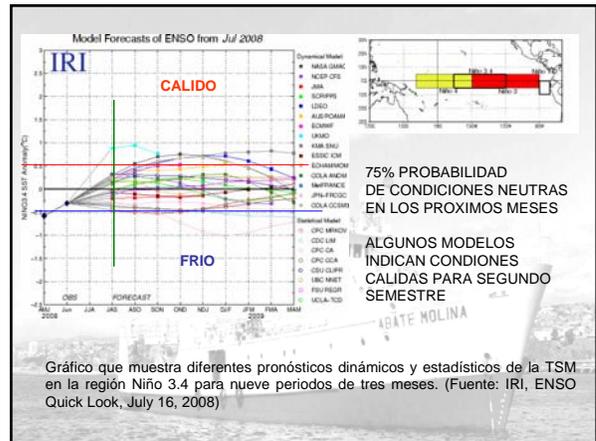
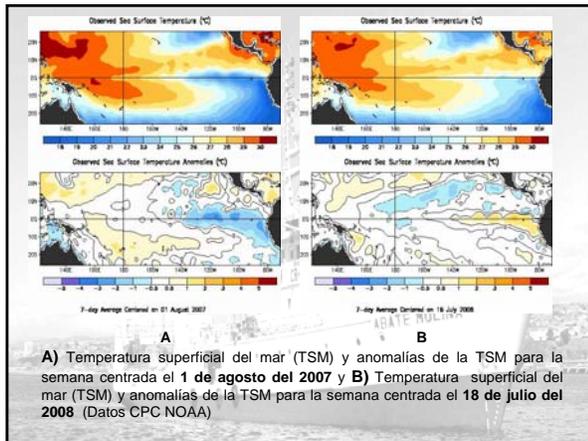
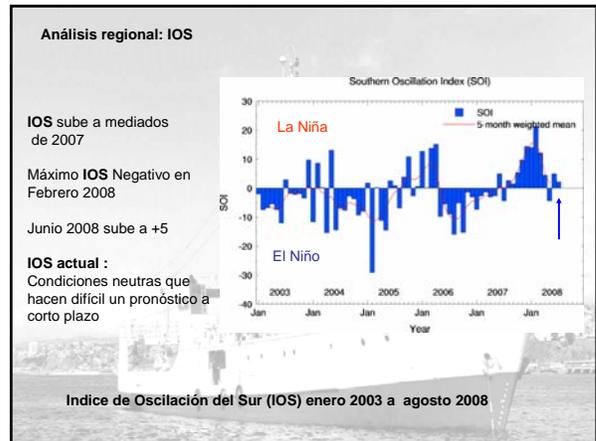
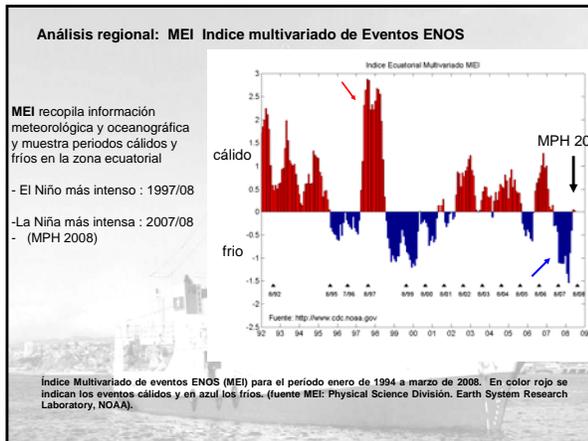
FIN

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sostenible









INVESTIGACIÓN Y FOMENTO PESQUERO

PROYECTO

FIP 2008-01 "Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2008"



▶

INVESTIGACIÓN Y FOMENTO PESQUERO

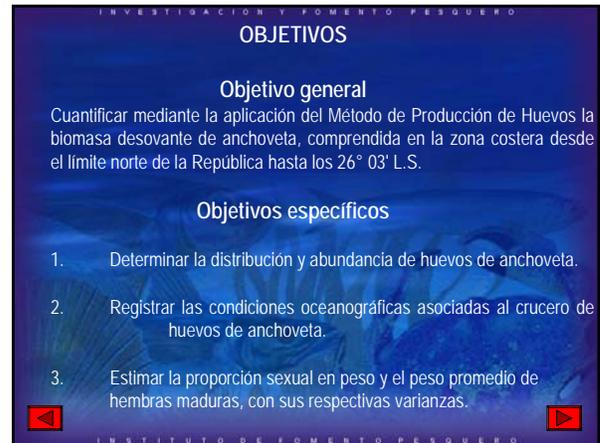
OBJETIVOS

Objetivo general

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

Objetivos específicos

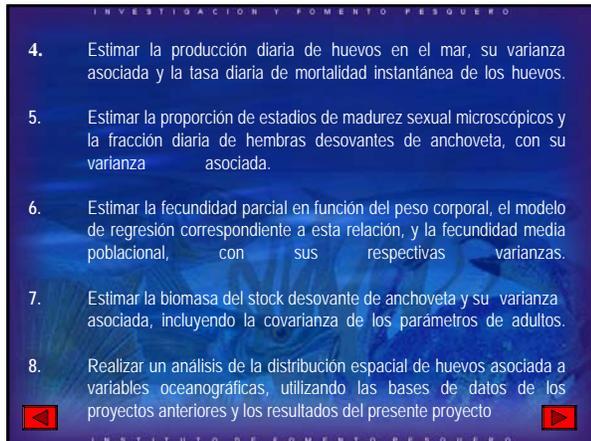
1. Determinar la distribución y abundancia de huevos de anchoveta.
2. Registrar las condiciones oceanográficas asociadas al cruce de huevos de anchoveta.
3. Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas.



▶

INVESTIGACIÓN Y FOMENTO PESQUERO

4. Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos.
5. Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada.
6. Estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal, el modelo de regresión correspondiente a esta relación, y la fecundidad media poblacional, con sus respectivas varianzas.
7. Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.
8. Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores y los resultados del presente proyecto



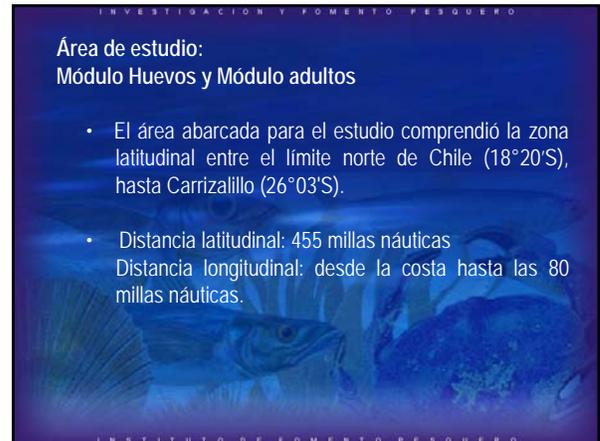
▶

INVESTIGACIÓN Y FOMENTO PESQUERO

Área de estudio:

Módulo Huevos y Módulo adultos

- El área abarcada para el estudio comprendió la zona latitudinal entre el límite norte de Chile (18°20'S), hasta Carrizalillo (26°03'S).
- Distancia latitudinal: 455 millas náuticas
Distancia longitudinal: desde la costa hasta las 80 millas náuticas.

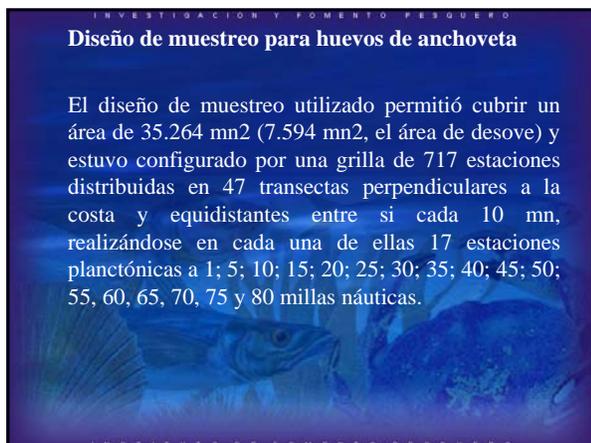


▶

INVESTIGACIÓN Y FOMENTO PESQUERO

Diseño de muestreo para huevos de anchoveta

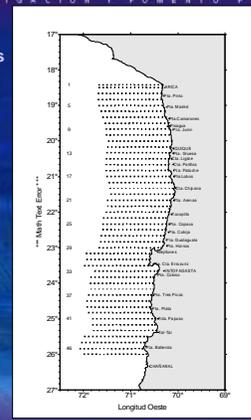
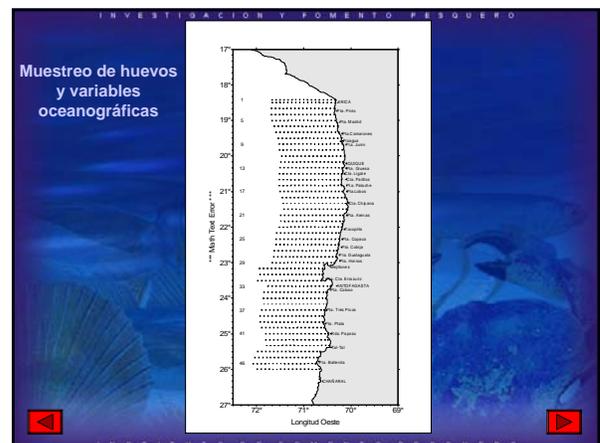
El diseño de muestreo utilizado permitió cubrir un área de 35.264 mn² (7.594 mn², el área de desove) y estuvo configurado por una grilla de 717 estaciones distribuidas en 47 transectas perpendiculares a la costa y equidistantes entre sí cada 10 mn, realizándose en cada una de ellas 17 estaciones planctónicas a 1; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55, 60, 65, 70, 75 y 80 millas náuticas.



▶

INVESTIGACIÓN Y FOMENTO PESQUERO

Muestreo de huevos y variables oceanográficas

▶



INVESTIGACIÓN Y FOMENTO PESQUERO

Embarcaciones:

- La plataforma de trabajo para la recolección de huevos de anchoveta y la obtención de información oceanográfica se realizará en el PAM EPERVA-57 y para la recolección de muestras de peces adultos se operará con 4 embarcaciones cerqueras industriales y dos artesanales:

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

INVESTIGACIÓN Y FOMENTO PESQUERO

CAMANCHACA:

ATACAMA V	TITULAR
COSTA GRANDE I	SUPLENTE 1
LICANTEN	SUPLENTE 2
CLAUDIA ALEJANDRA	SUPLENTE 3

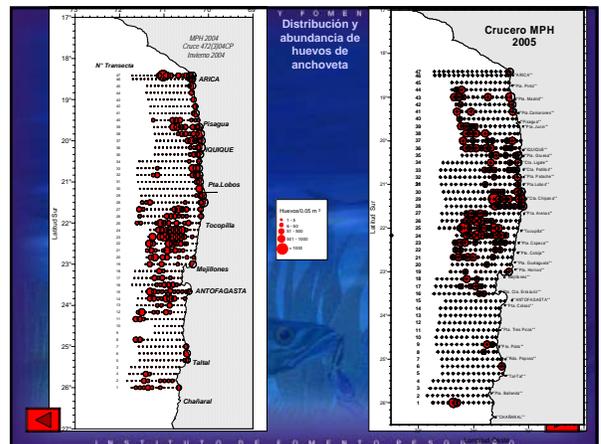
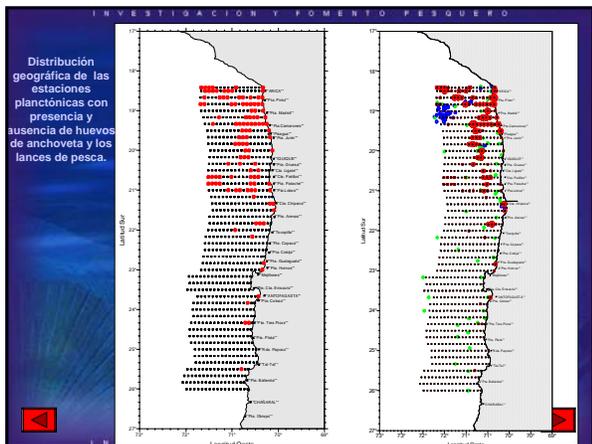
CORPESCA:

DON ERNESTO	TITULAR
INTRÉPIDO	TITULAR
RELÁMPAGO	TITULAR
ANGAMOS 4	SUPLENTE

ARTESANALES:

IKE II	
VALENCIA	

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



4. MODULO ADULTOS

Para la estimación de la biomasa desovante se requiere un muestreo simultáneo entre el crucero módulo huevos y el crucero módulo adultos, que permitan determinar los parámetros relacionados con la **dinámica reproductiva de estos últimos**.

La recolección de adultos de anchoveta se realizará con la participación de 4 embarcaciones cerqueras industriales y 2 artesanal. Estas naves operarán simultáneamente con el crucero de recolección de huevos.

4.1 Determinación del tamaño de muestra

El diseño de muestreo empleado en los estudios anteriores del MPH en el área de estudio, ha dado como conclusión que con 40 lances efectivos se puede estimar en forma óptima los parámetros de adultos.

La posición de cada lance se determinará en el curso del crucero, considerando la distribución espacial de los cardúmenes y las condiciones meteorológicas imperantes en la zona de estudio.

4.2 Fracción de hembras (proporción de sexo)

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

4.3 Peso promedio de hembras maduras

En cada lance, las primeras 30 hembras maduras procesadas serán utilizadas para la determinación del peso promedio del cuerpo.

NAVES INDUSTRIALES

Podrán participar en la pesca de investigación por fuera de área de reserva artesanal (ARPA)

ARMADOR	TITULAR	SUPLENTE
CORPESCA S.A.	<ul style="list-style-type: none"> DON ERNESTO AYALA MARFIL INTREFIDO RELAMPAGO 	<ul style="list-style-type: none"> ANGAMOS 4
PESQUERA CAMANCHACA S.A.	<ul style="list-style-type: none"> ÁTACAMA V 	<ul style="list-style-type: none"> COSTA GRANDE 1 LICANTEN CLAUDIA ALEJANDRA

EMBARCACIONES ARTESANALES

Podrán participar en la pesca de investigación por fuera y al interior ARPA

ARMADOR	TITULAR	SUPLENTE
ERNESTO BOSSO (REGION DE TARAPACA)	<ul style="list-style-type: none"> VALENCIA 	<ul style="list-style-type: none"> BUCANERO CORSARIO LORETO III CHONE BUENAVENTURA
ANDRES HUARACHE (REGION DE ARICA Y PARINACOTA)	<ul style="list-style-type: none"> IKE II 	<ul style="list-style-type: none"> PELICANO PETROHUE II PETROHUE TRITON II PETROHUE I

Las naves industriales y embarcaciones artesanales antes indicadas deberán operar en el área marítima que defina el INSTITUTO, dando cumplimiento al plan propuesto por este.



Las naves industriales y artesanales podrán extraer una cuota máxima de 7.000 toneladas del recurso Anchoveta, fraccionadas de la siguiente manera:

- 4.500 toneladas para el conjunto de naves del armador Corpesca S.A., fraccionadas en 1.500 toneladas para cada nave.
- 1.500 toneladas para la nave de Pesquera Camanchaca S.A.
- 500 toneladas para la embarcación artesanal de la I región y
- 500 toneladas para la embarcación artesanal de la XV región.

Las naves industriales y embarcaciones artesanales autorizadas en la presente pesca de investigación deberán cumplir con las siguientes obligaciones:

- Realizar labores de pesca de investigación con sujeción a los diseños operativos determinados por el INSTITUTO.
- Aceptar a bordo técnicos muestreadores que designará el instituto, dar las facilidades para que estos puedan recopilar y transmitir la información necesaria para el cumplimiento del plan de trabajo. Asimismo, deberán permitir el ingreso de los técnicos muestreadores designados por el instituto a los puntos de descarga.
- Comunicar al Servicio Nacional de Pesca y al INSTITUTO, los puertos, la fecha y la hora de recalada de las naves participantes.
- Informar y documentar las capturas efectivas.
- Dar cumplimiento a las obligaciones legales y reglamentarias establecidas para la realización de actividades pesqueras extractivas y medidas de administración establecidas para la especie en estudio, con exclusión de aquellas expresamente exceptuadas en la presente pesca de investigación.

EL INCUMPLIMIENTO DE ESTAS OBLIGACIONES IMPORTARÁ EL TÉRMINO INMEDIATO DE LA AUTORIZACIÓN OTORGADA A LA NAVE INFRACTORA, SIN QUE SEA NECESARIO FORMALIZARLO

TALLER II

**Taller Presentación de Resultados
Proyecto FIP N° 2008-01**

(Realizado en Valparaíso)



TALLER DE PRESENTACI3N DE RESULTADOS

Proyecto FIP 2008 - 01: "Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, a3o 2008"

LISTA DE ASISTENTES

	NOMBRE	FIRMA
1	MILENA PRADO	
2	Juan Carlos Sarmiento W.	
3	Carlos Martnez Torres	
4	Gabriel Claramunt	
5	Jos R. Carrn	
6	Juan A. Lpez P.	
7	Claudio Berhal	
8	Alejandro Ornelas	
9	Silvia Hernandez	
10	Rodolfo Soto	
11	Viviana Balenzuela C.	
12	Guilherme Gouveia	
13	Mauricio Bruna Q.	
14		
15		
16		
17		

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



PROYECTO

FIP 2008-01

“Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2008”

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



PERSONAL PARTICIPANTE

<p>IFOP</p> <p>MAURICIO BRAUN A. VIVIAN VALENZUELA C. HERNÁN REYES R. JAIME LETELIER P. MILENA PIZARRO R. EDUARDO DIAZ D. JUAN SAAVEDRA N. JAIME LETELIER P.</p>	<p>UNAP</p> <p>GABRIEL CLARAMUNT Q. PAOLA MORENO G. GUSTAVO HERRERA U. CRISTIAN AZOCAR ROBERTO ORELLANA</p>
--	---

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



OBJETIVOS

Objetivo general

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

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



Objetivos específicos

- Determinar la distribución y abundancia de huevos de anchoveta.
- Registrar las condiciones oceanográficas asociadas al cruce de huevos de anchoveta.
- Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas.
- Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos.
- Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópica y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada.
- 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.
- Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.
- Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores y los resultados del presente proyecto.

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



TALLER N°1

COORDINACIÓN, METODOLOGÍAS A UTILIZAR EN EL MUESTREO

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



TALLER N°2

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



MONITOREO DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE LA ANCHOVETA

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



El Seguimiento del estado de situación de la pesquería pelágica de la zona norte, incluye el monitoreo de la actividad reproductiva de la anchoveta (más de 15 años).

Objetivo Principal:

- Realizar un seguimiento a tiempo real del proceso reproductivo, identificando el inicio y término del período de máxima intensidad de desove.

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



Zona de estudio:

- Al sector litoral y oceánico de la macrozona norte, que se extiende desde la frontera con el Perú hasta el paralelo 26°03' S, desde la costa hasta las 200 millas. Comprende 3 zonas con puertos en Arica, Iquique y Tocopilla, Mejillones.

ZONA	Límite norte	Límite sur
Zona Arica	18°21' 00"S	19°30' 00"S
Zona Iquique	19°30' 00"S	21°25' 00"S
Zona Antofagasta	21°26' 00"S	29°03' 00"S

Fuente biológica:

- Obtenidas del desembarque de la pesca comercial y a bordo de la flota cerquera.
- En el período de veda, a partir de embarcaciones en PIN y para consumo humano.

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



Procesamiento biológico:






Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO




→ Arica
Iquique
Tocopilla
Mejillones

↓

Laboratorio histología IFOP Iquique

↓

Análisis microscópico condición reproductiva y desove

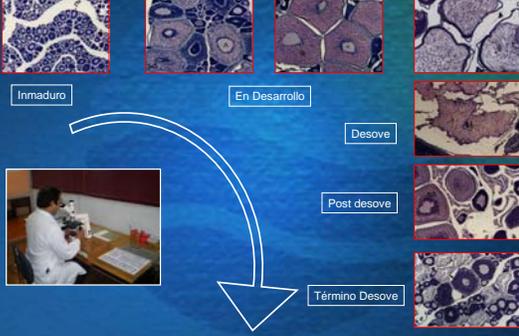


Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



Análisis histomorfológico:



Inmaduro En Desarrollo Desove Post desove Término Desove



Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional; aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Foliculos postovulatorios:



7 estados de tasa de degeneración de FPO en la anchoveta (Claramunt et al., 2007)

Atresia ovocitaria:



Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional: aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Indicadores reproductivos:

- Índice Gonadosomático (IGS):

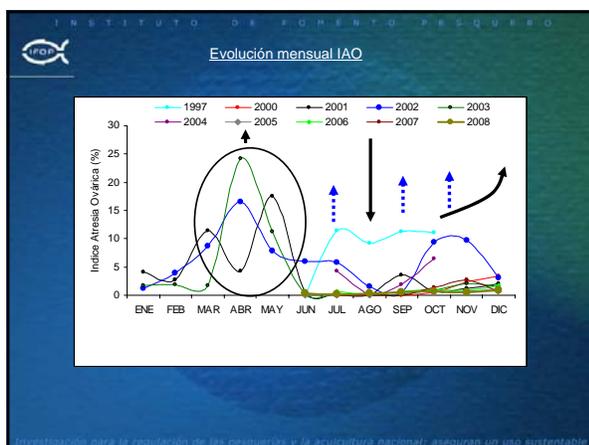
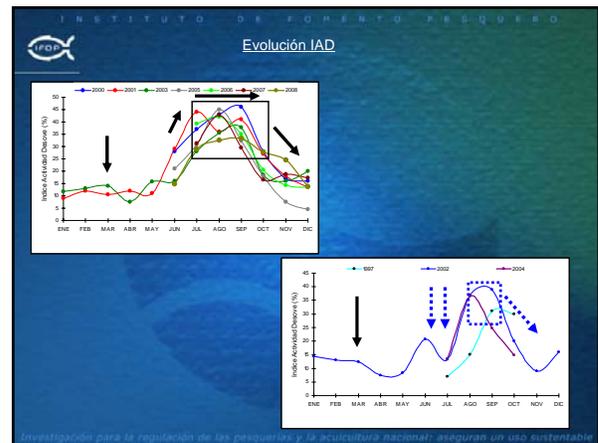
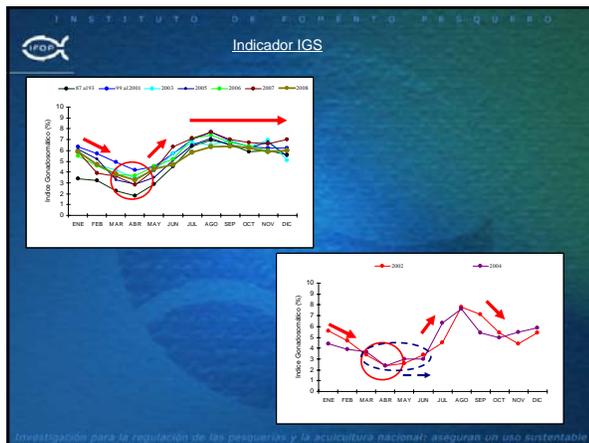
$$IGS = \frac{\sum W_i G_i}{\sum W_i}$$

$$V_{IGS} = \frac{1}{n} \left[\frac{\sum (W_i G_i - \bar{W} \bar{G})^2}{n-1} \right]$$
 (enero-diciembre)
- Índice Actividad de Desove (IAD) e Índice de Atresia Ovárica (IAO):

$$IAD = \frac{N^{\circ} \text{ hembras de Día 0 y Día (-1)}}{N^{\circ} \text{ de hembras maduras}} \times 100$$

$$IAO = \frac{N^{\circ} \text{ hembras en estado de atresia ovárica}}{N^{\circ} \text{ de hembras maduras}} \times 100$$
 (período incremento IGS)

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional: aseguran un uso sustentable

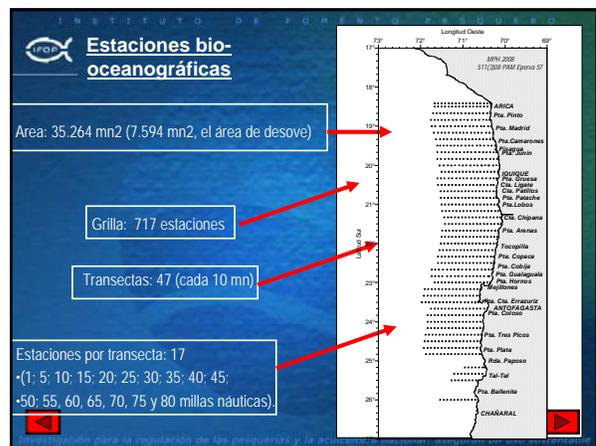
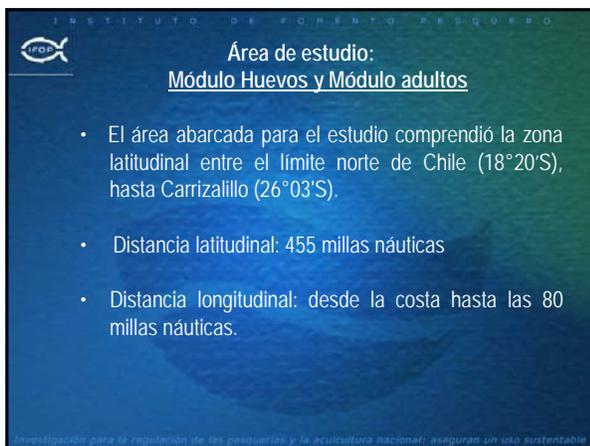
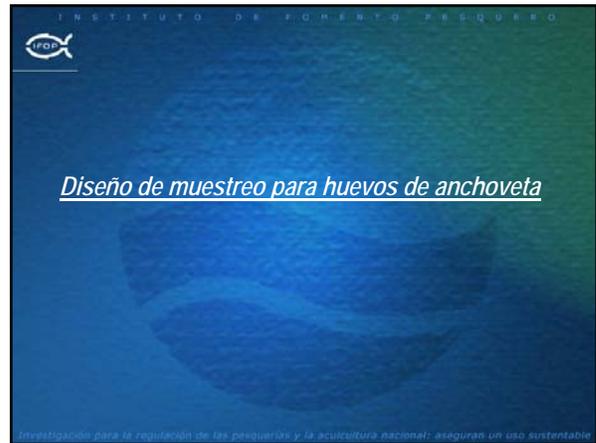
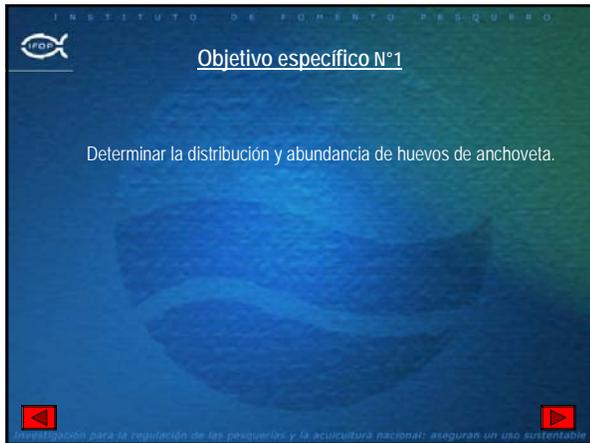
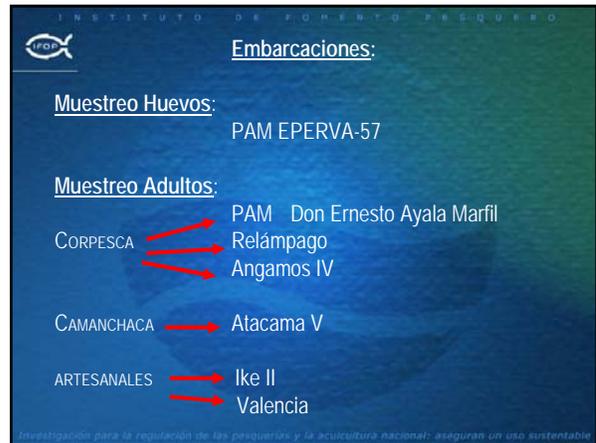
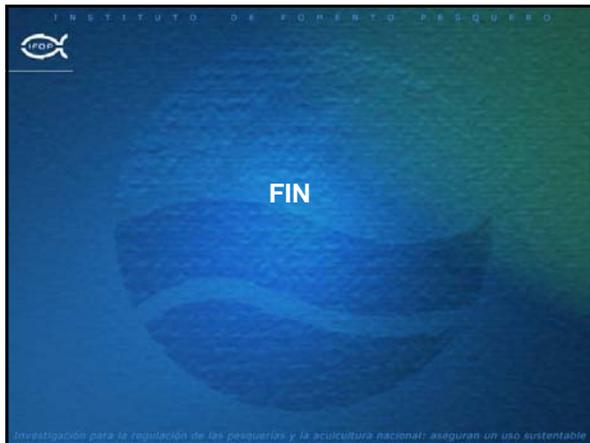


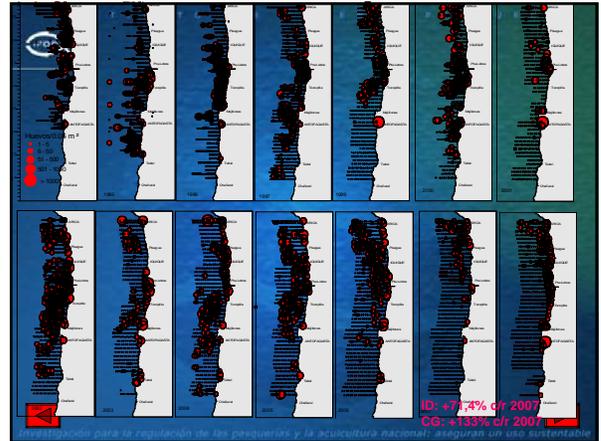
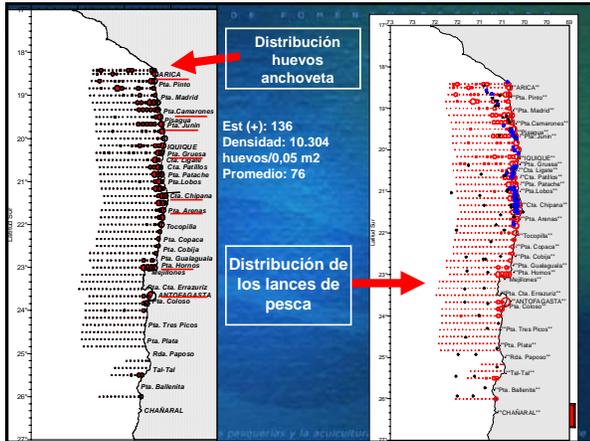
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Conclusiones:

- La anchoveta se caracteriza por presentar un comportamiento reproductivo con una marcada estacionalidad. Su desarrollo ovocitario es de tipo asincrónico evidenciando un desove parcial o fraccionado.
- El patrón histórico de la actividad reproductiva indica un amplio período de desove que abarca invierno-primavera, con un decrecimiento en verano y un reposo sexual relativo en otoño.
- El período de máxima actividad de desove se manifiesta durante las semanas de julio a octubre, sustentado por la presencia de ovarios en vitelogénesis y la mayor incidencia de hembras hidratadas y con foliculos postovulatorios, con máximos regulares en agosto y septiembre, en que se observan los mayores valores de IAD.
- En el 2008, la máxima actividad de desove se manifestó desde la tercera semana de julio a tercera semana de octubre, con mayores valores en agosto y septiembre.
- En el ciclo anual la mayor incidencia de atresia se registra en otoño, período de menor actividad reproductiva. La atresia disminuye hasta ser insignificante o nula en los procesos reproductivos masivos y de plena actividad de desove, normalmente de junio a octubre. En octubre, se visualiza un leve repunte, evidenciando los primeros indicios de disminución de la intensidad de desove.

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional: aseguran un uso sustentable





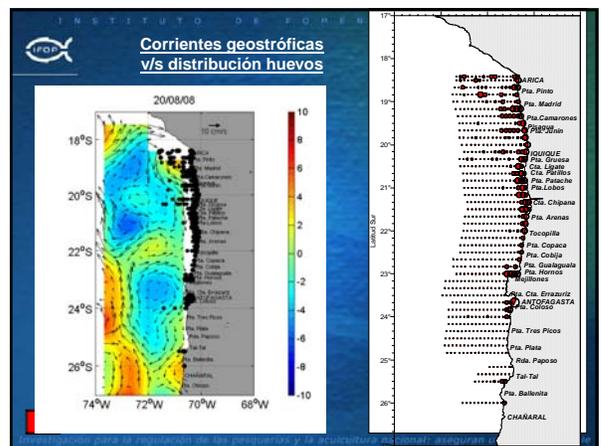
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Cruceros Ictioplanctónicos

Año	Estac. Nº	Estac. (+) Nº	Total Huevos Nº	Densidad H/0,05 m ²	Densidad (+) H/0,05 m ²	Area crucero m ²	Area desove m ²	Temp 10 m °C
1992	542	212	10974	20	52	17055	10332	16,25
1995	578	208	7555	13	36	18137	13315	15,64
1996	752	176	6718	9	38	18353	10698	15,28
1997	800	209	8054	10	39	28276	14660	18,26
1999	598	132	7582	13	57	27374	7525	15,84
2000	502	212	10473	21	49	19539	13050	15,72
2001	514	60	7586	15	126	25921	4026	15,56
2002	589	310	18305	31	59	30264	18309	15,94
2003	537	129	9264	17	72	26986	7597	15,84
2004	649	208	12079	19	58	30152	8193	16,29
2005	658	214	17066	26	80	30368	12521	15,55
2006	799	226	11434	14	51	41448	14408	16,14
2007	799	113	4724	6	42	38269	6439	14,01
2008	717	135	10304	14	76	35264	7594	16,21

➡ Punt NINA
➡ Mira

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional, asegurar un uso sustentable



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



Conclusiones

- El área prospectada fue de 35.264 mn². El área de desove estimada correspondió a 7.594 mn², la cual está dentro de las más bajas de la serie histórica para anchoveta.
- En relación al número de huevos, el invierno de 2008 presentó un porcentaje de cambio igual a 107% con respecto al cruceo MPH precedente, constituyéndose en el séptimo registro más importante de la serie 1992-2008.
- La intensidad y extensión espacial del desove, muestran un incremento con respecto al invierno de 2007, lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 71% y 133%, respectivamente.



Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional: aseguran un uso sustentable

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



FIN

Investigación para la regulación de las pesquerías y la acuicultura nacional: aseguran un uso sustentable

Resultados MPH – 2008 13/ago/08 a 10/sep/08

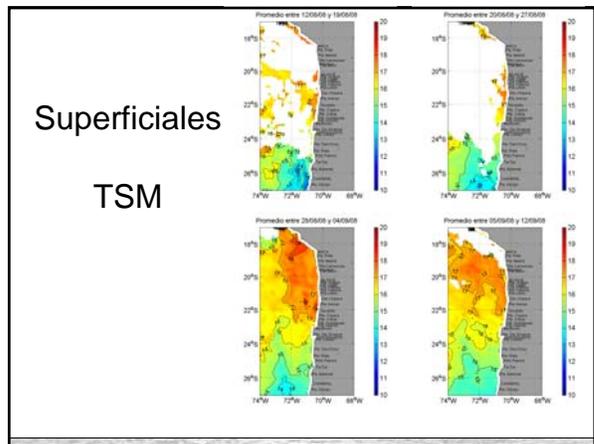
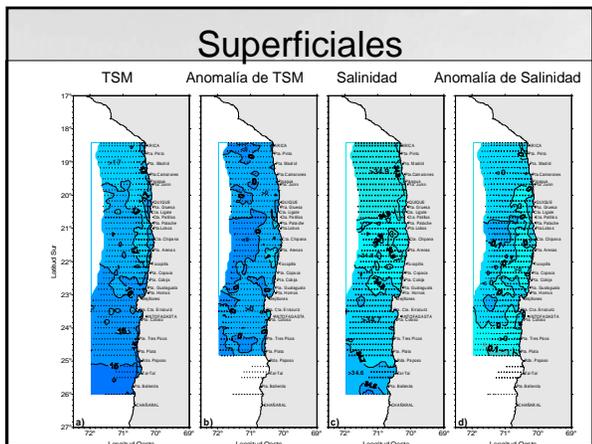
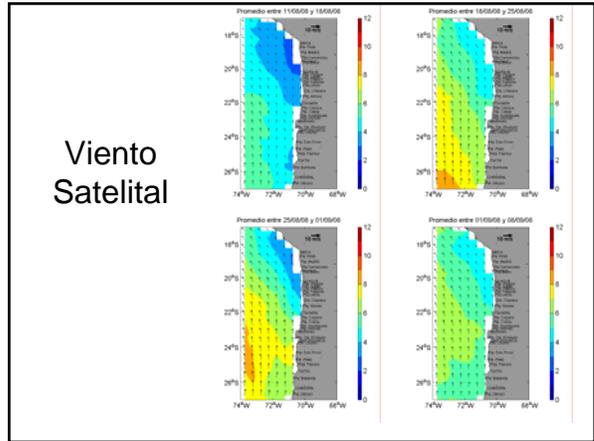
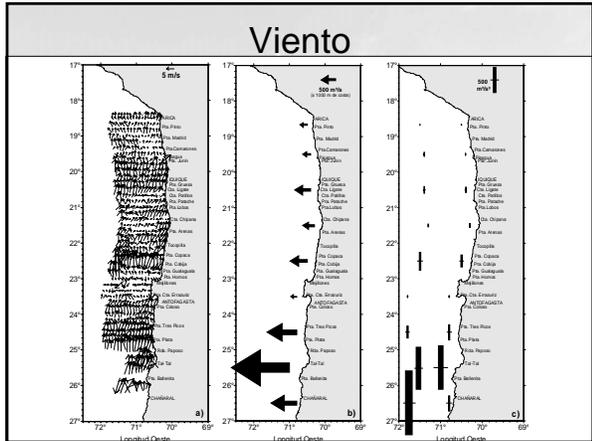
Registrar las condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos de anchoveta.

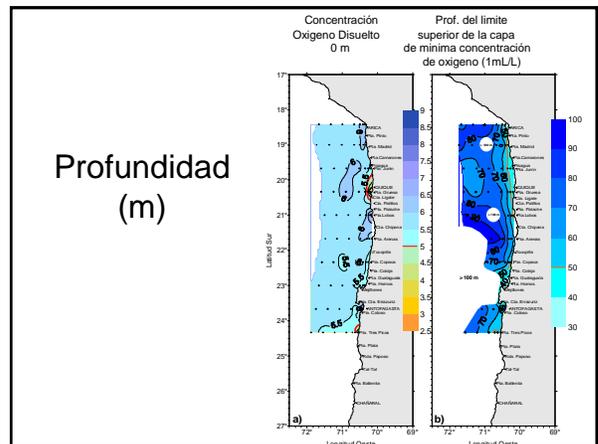
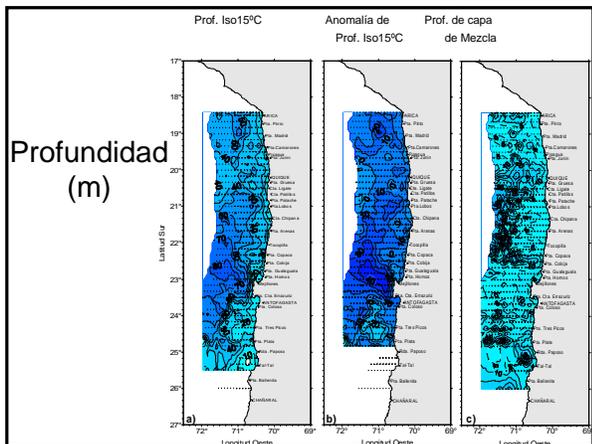
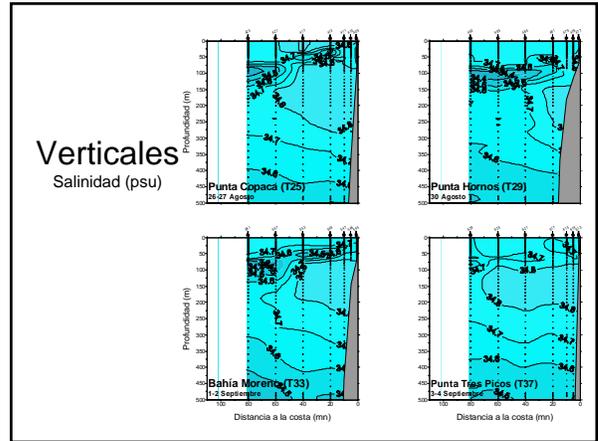
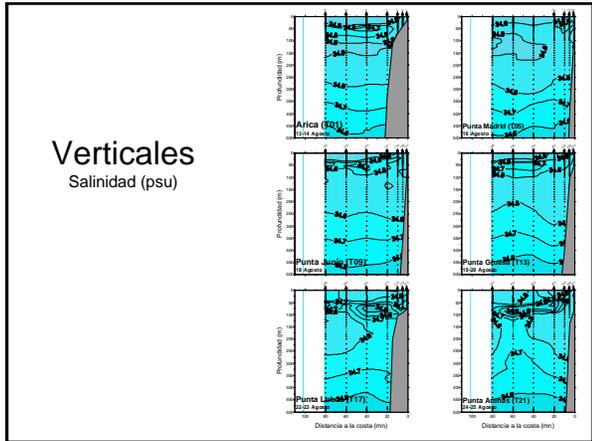
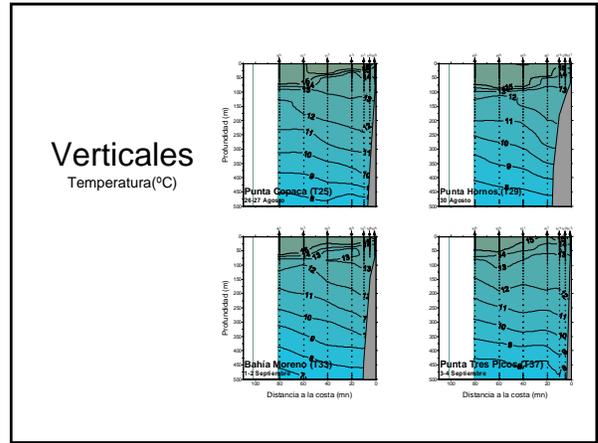
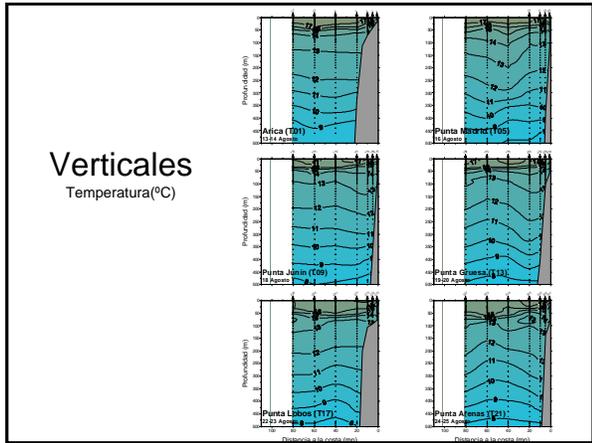
Autores:
Milena Pizarro
Hernán Reyes
Jaime Letelier

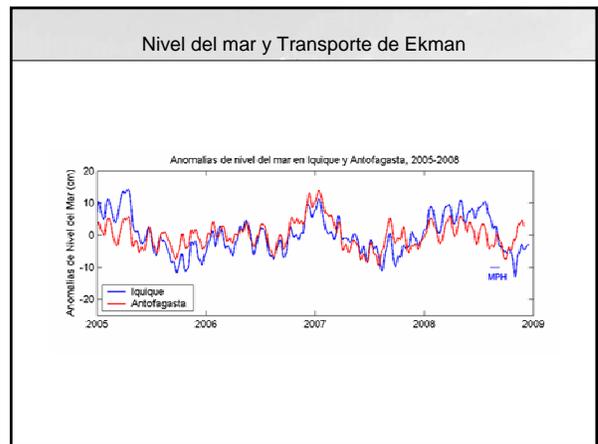
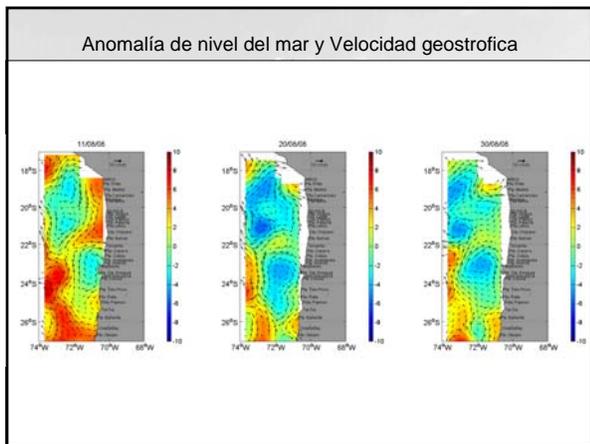
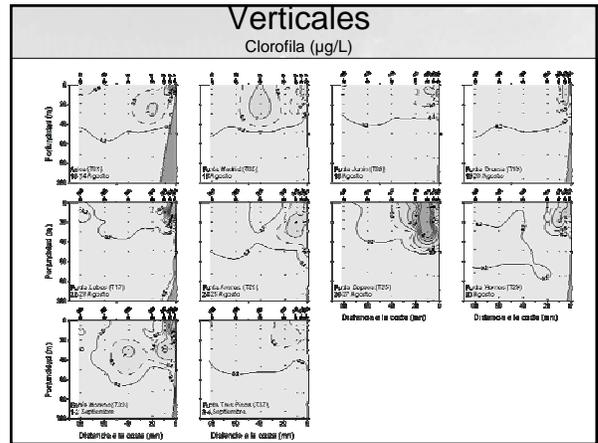
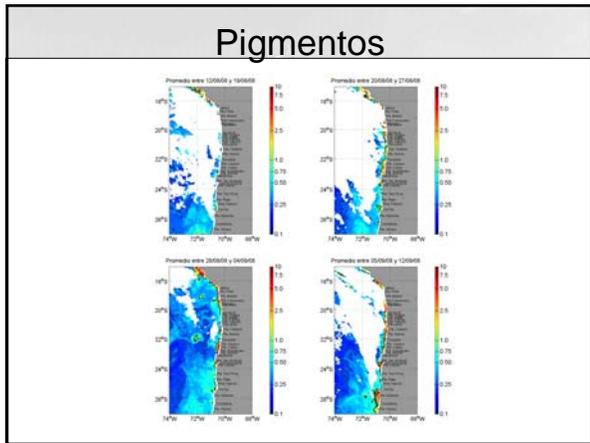
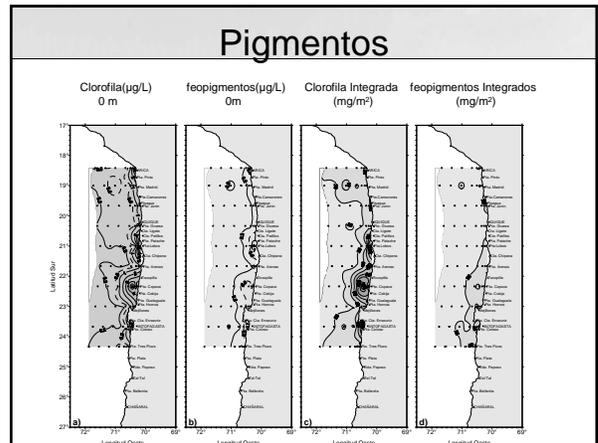
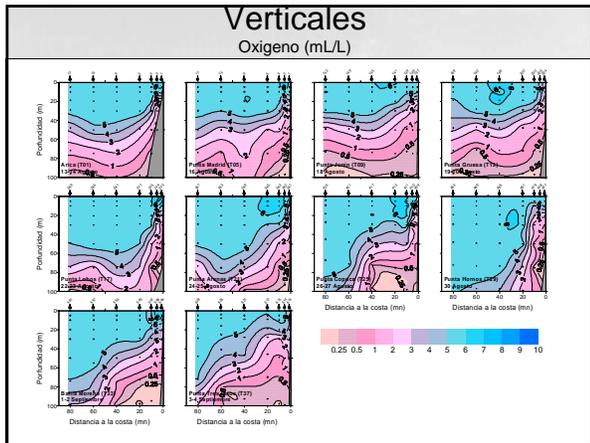
Resultados MPH – 2008

En la zona de estudio se realizó un total de 44 transectas perpendiculares a la costa separadas cada 10 mn. En cada transecta se realizaron estaciones oceanográficas (O_2 , clorofila y CTD) las que abarcaron hacia el oeste hasta las 80 mn.

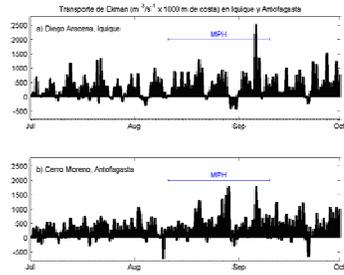
De un total de 84 estaciones profundas programadas se realizaron efectivas 70.



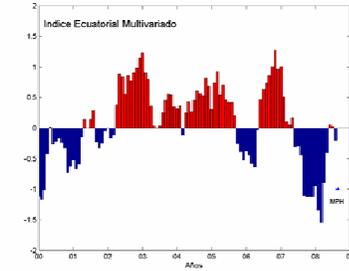




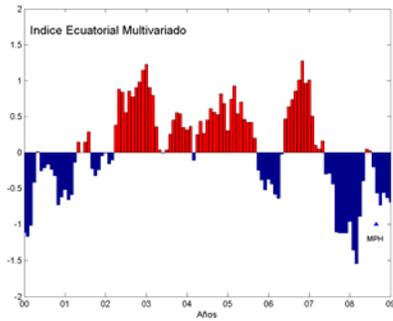
Nivel del mar y Transporte de Ekman



Índice Ecuatorial a la fecha del Crucero



Índice Ecuatorial Actualizado a marzo de 2009



Conclusiones

- Los rangos de las variables oceanográficas medidas durante el crucero MPH están dentro de los rangos promedios observados en la zona y no muestran anomalías significativas indicando una condición de neutralidad en la zona.
- La fase de normalidad encontrada es reflejo de una condición regional neutral para la época tal como lo muestra el Índice Ecuatorial Multivariado (MEI). Actualización de esta información a marzo de 2009, indican que la época del crucero, a pesar de estar en rangos normales, formaba parte del comienzo de un evento La Niña.
- La baja intensidad del viento y la predominancia de flujos hacia el sur en las corrientes de meandro y giros de meso-escala durante agosto produjo hundimiento de agua en la costa.
- El hundimiento en la costa generó la entrada de una cuña de agua de $\sim 13^\circ\text{C}$ a unos 40 m de profundidad frente a bahía Moreno produciendo inversiones térmicas significativas en ese sector.
- Producto del este hundimiento en la costa frente a bahía Moreno se produjeron máximos de clorofila ($>1\ \mu\text{g/L}$) y feopigmentos ($>0.2\ \mu\text{g/L}$) significativos centrados en los 40 m de profundidad a 40 mn de la costa.
- La combinación entre vientos débiles, flujos hacia el sur produjo en la zona una situación en que las corrientes tienden a converger y hundirse en la costa.

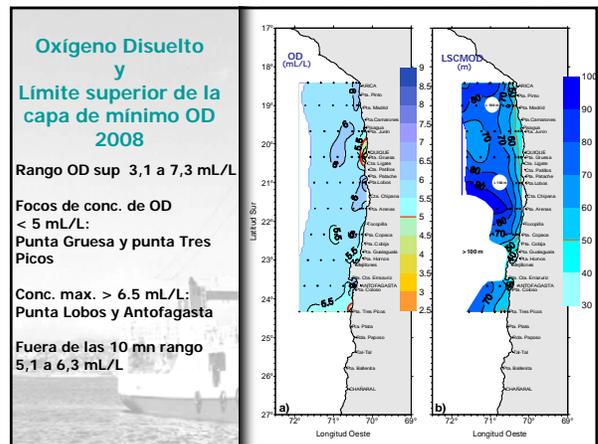
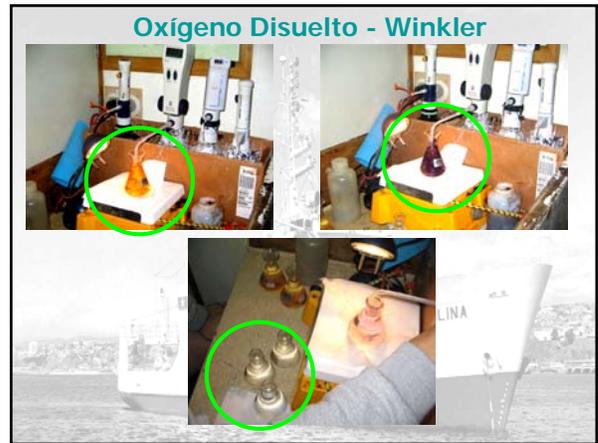
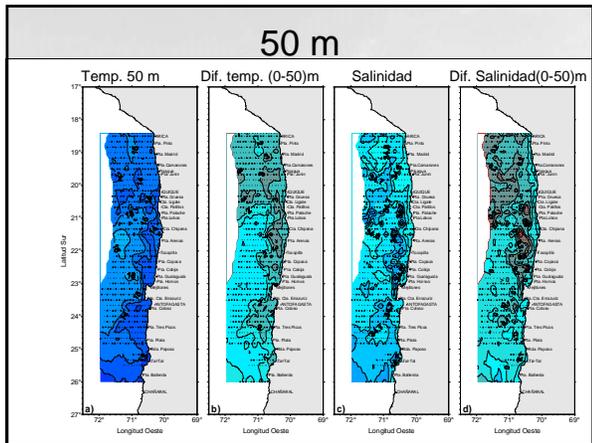
Fin

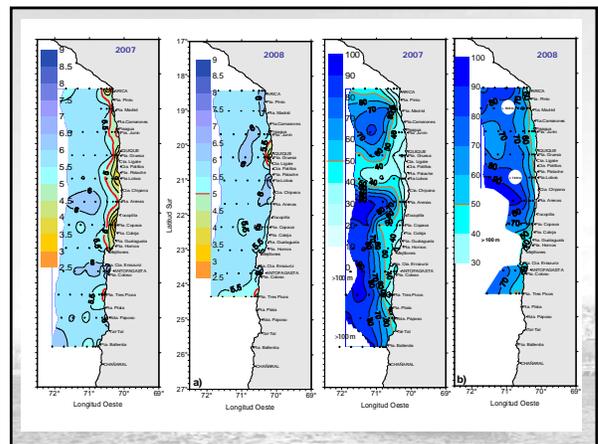
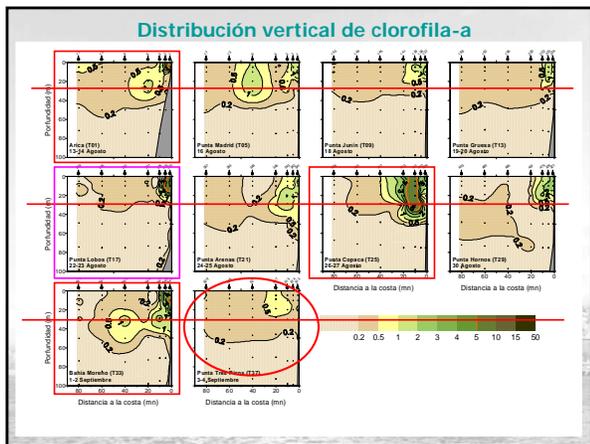
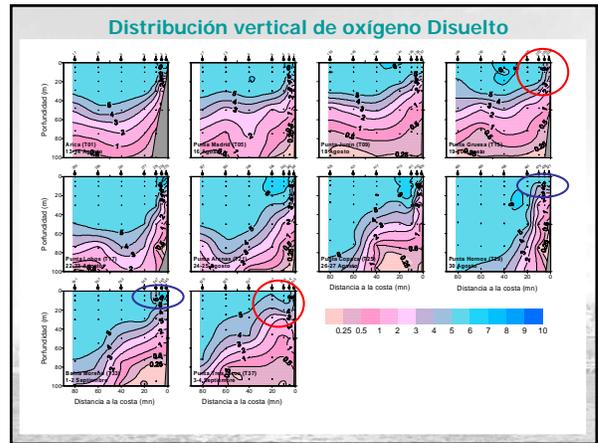
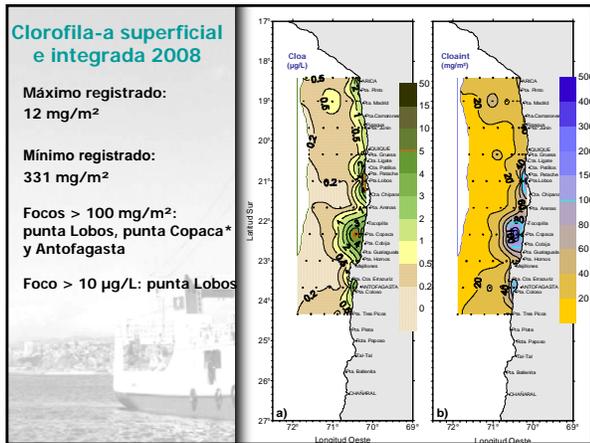
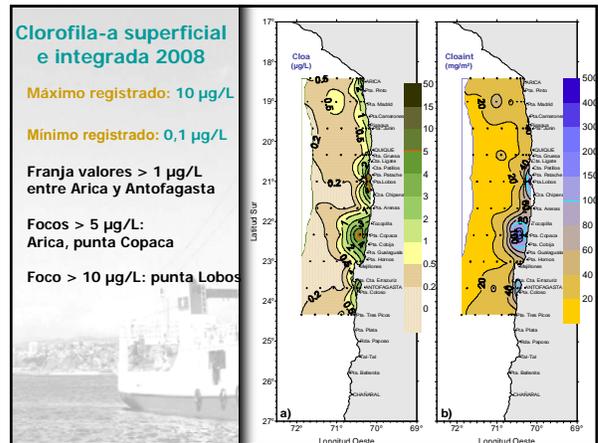
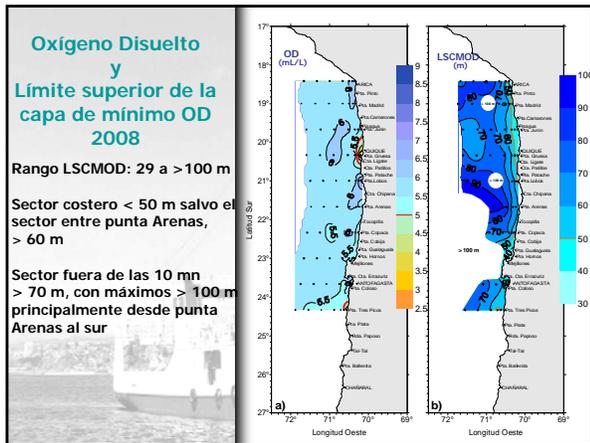


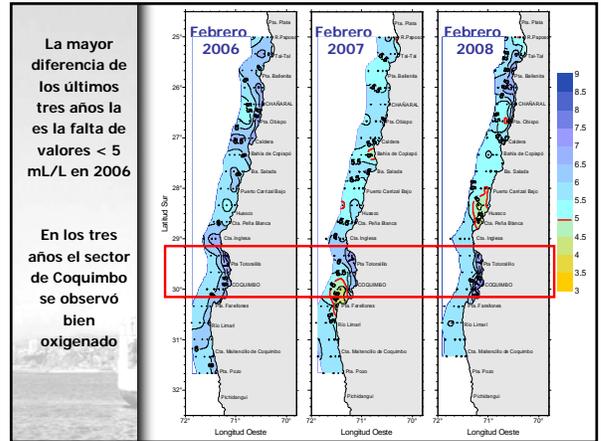
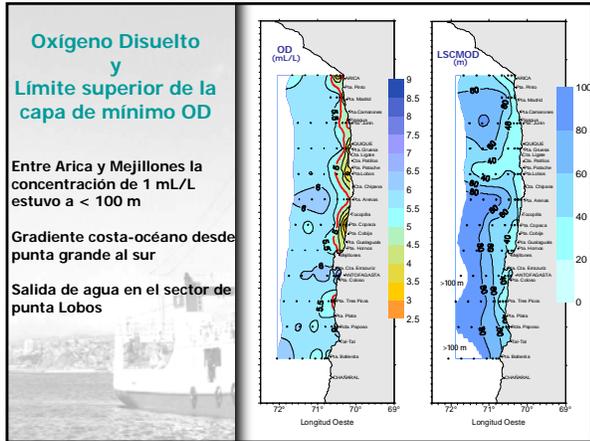
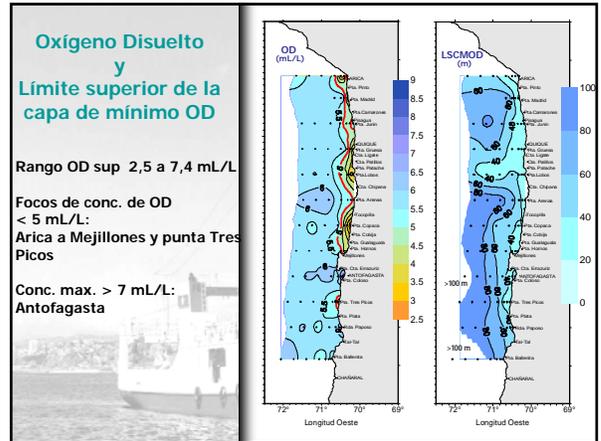
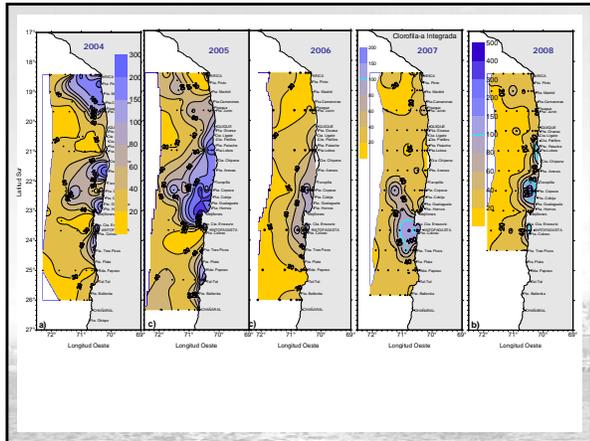
Oxígeno disuelto y Clorofila-a

Milena Pizarro
Instituto de Fomento Pesquero











Evaluación del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II regiones, año 2008




Objetivos específicos

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

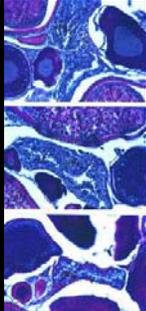
$$B = \frac{P}{C} = \frac{P_0 A}{C} = \frac{N^{\circ} \text{ huevos/día}}{C}$$

$$C = \frac{R S F}{W} = \frac{N^{\circ} \text{ huevos/día}}{\text{gramo}}$$

Po: Producción diaria de huevos
 A: Área de desove
 R: Proporción de hembras
 S: Fracción diaria de hembras desovantes
 F: Fecundidad parcial
 W: Peso promedio de hembras

$$B = \frac{P_0 A}{C}$$

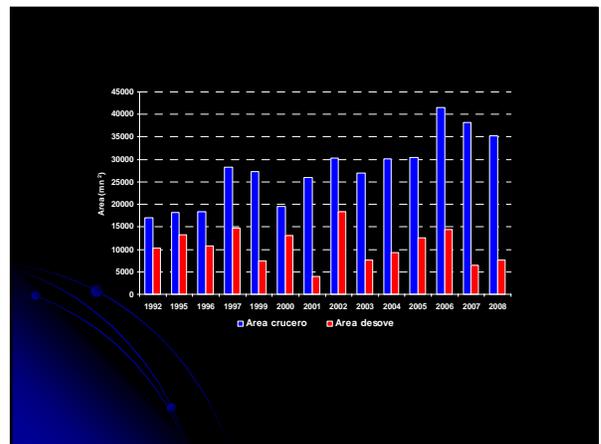
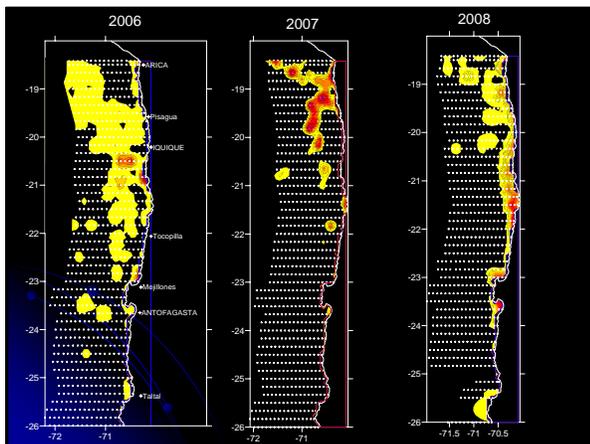
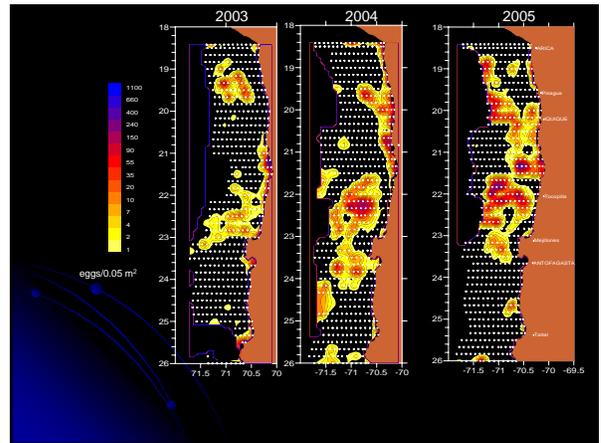
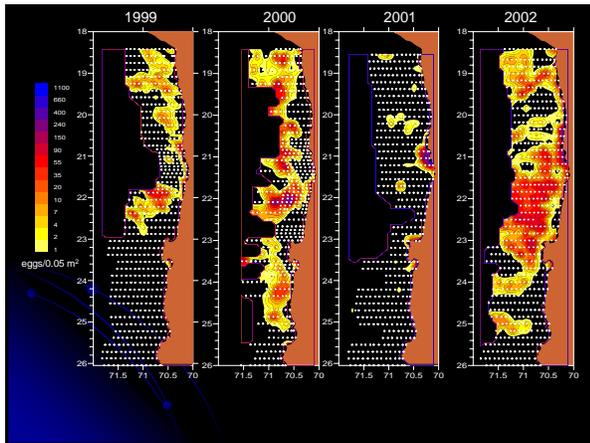
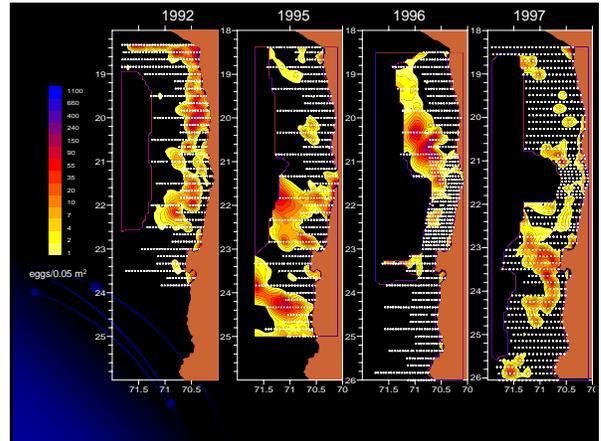

$$C = \frac{R S F}{W}$$



Muestreo de adultos

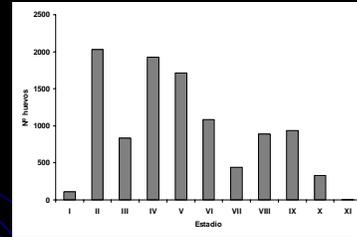
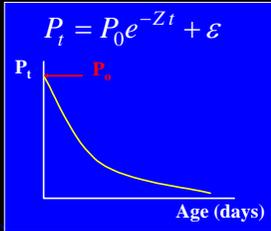
Año	Lances	Hembras
1992	48	1440
1995	40	1177
1996	32	927
1997	60	1800
1999	51	1530
2000	92	1800
2001	60	1800
2002	60	1800
2003	60	1800
2004	55	1651
2005	60	1799
2006	42	1260
2007	55	1645
2008	60	1800

RESULTADOS



$$B = \frac{P_0 A W}{S F R}$$

Daily egg production



Frecuencia (Nº) de huevos de anchoveta por estadio de desarrollo, año 2008.

Estimación de producción diaria de huevos: Requerimientos

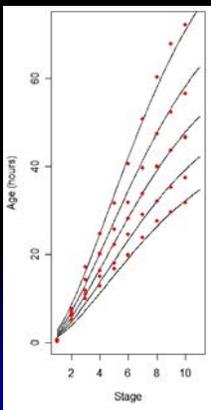
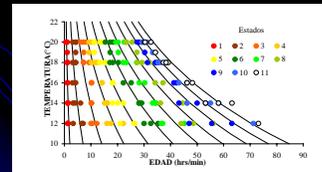
- Número de huevos por estadio y superficie
- Área representada por cada unidad de muestreo
- Modelo de desarrollo, basado en experimentos de incubación
- Método de datación de huevos (y asunciones asociadas)
- Modelo de producción/mortalidad de la población

Modelos de desarrollo (I)

Modelo tradicional de Lo (1985)

Edad media = f (Estadio, Temperatura)
f = función paramétrica rígida

$$\rightarrow y_{i,t} = a e^{(bt+ci)} i^d$$



$$\rightarrow y_{i,t} = a e^{(bt+ci)} i^d$$

Formula: Mage = a * exp(-b * Temp + c * Stage) * Stage^d

Parameters:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
a	9.920579	1.026115	9.571	1.61e-12 ***
b	0.098577	0.002378	41.447	< 2e-16 ***
c	0.101799	0.016694	6.098	2.06e-07 ***
d	1.815113	0.110255	16.463	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.371 on 46 degrees of freedom

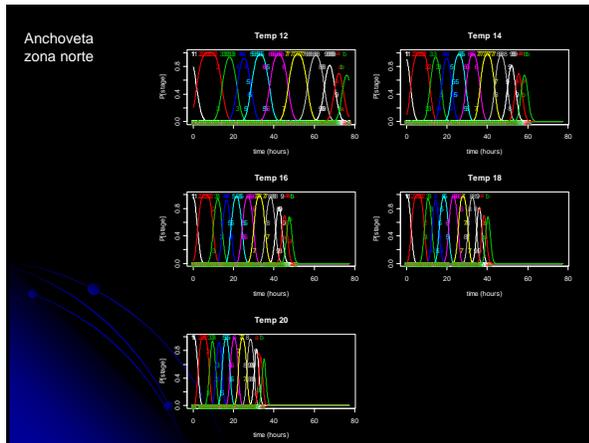
ERROR: seleccionar a la edad como la variable aleatoria dependiente es errado, lo que hace que las significancias estadísticas del ajuste no tengan significado.

Modelos de desarrollo (II)

- Modelo multinomial

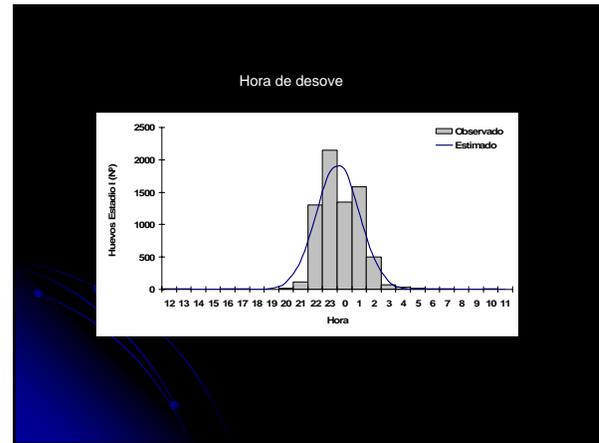
$$N_{i,t} \sim \text{Mult} (N , p_{i,t})$$

$$p_{i,t} = f (\text{Edad, Temperatura})$$



- ## Conclusiones
- Modelo de desarrollo:
 - Modelo de Lo: forma funcional muy restrictiva
 - Modelo multinomial:
 - Utiliza las observaciones de una forma estadística correcta
 - Permite estimar varianza
 - Permite visualizar mejor el proceso de desarrollo

- ## Métodos de datación (I)
- Método automático de Lo
 - Modelo de desarrollo de Lo
 - Sincronicidad: Pico de puesta
- Si la edad predicha por el modelo de desarrollo \pm rango de edades de ese estadio es consecuente con el pico de desove, la edad se calcula como el tiempo exacto entre el pico de desove y la hora de muestreo



$$y_{i,t,k} = y_{i,t} + k - \hat{T}$$

donde: $y_{i,t}$ = se obtiene del modelo temperatura dependiente.
 k = hora del lance
 \hat{T} = remanente de $(y_{i,t} + 22) - 24$

$$y_{i,t,k} = \begin{cases} y_{i,t} - G & \text{si } k < \hat{T} - G \\ y_{i,t} + k - \hat{T} & \text{si } \hat{T} - G < k < \hat{T} + G \\ y_{i,t} + G & \text{si } \hat{T} + G < k \end{cases}$$

- ## Métodos de datación (II)
- Método Bayesiano
 - Modelo de desarrollo multinomial
 - Asunción de sincronización probabilística (dist. normal)
- $p(\text{age} | \text{stage}, \text{temp}, \text{time}) \propto p(\text{stage} | \text{age}, \text{temperature}) \pi(\text{age} | \text{time})$
- Datación Modelo de desarrollo sincronización

Curva de producción

Método tradicional

$$D_{age} = D_0 e^{-z \cdot age}$$

- Regresión no lineal ponderada por el inverso del error estándar del número de huevos según categorías de edad de 0, 5 días

$$\log\left(\frac{N_{age}}{area}\right) = \log(D_0) - z \cdot age$$

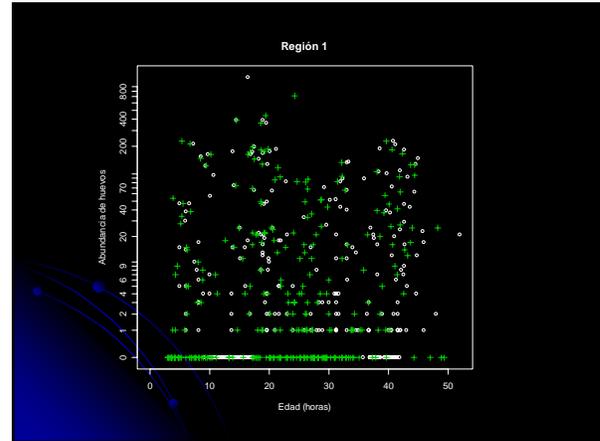
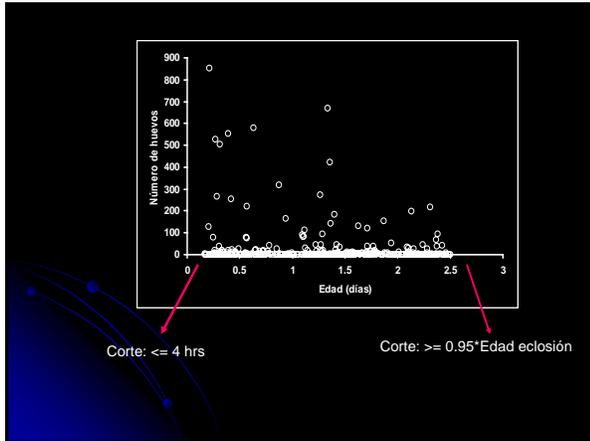
GLM

$$\log\left(\frac{N_{age}}{area}\right) = \log(D_0) - z \cdot age \rightarrow \log(N_{age}) = \log(area) + \log(D_0) - z \cdot age$$

$$E [N_{age}] = \text{offset} + g^{-1} [a + b \cdot age]$$

Problemas curva de producción

- Sesgo:
 - Sesgo debido a falta de disponibilidad de huevos en estadios tempranos
 - Sesgo debido a eclosión de huevos en estadios tardíos, especialmente si hay correlación entre producción, mortalidad y duración estadios
- (e.g. ↑prod ↑temp ↑mortalidad ↓duración)



```

Modelo de Lo
Call:
glm.ab(formula = Numb ~ offset(log(Efarea)) + Age, data = survey.aged.lo[2]),
weights = Rel.area, init.theta = 0.192567275669653, link = log)

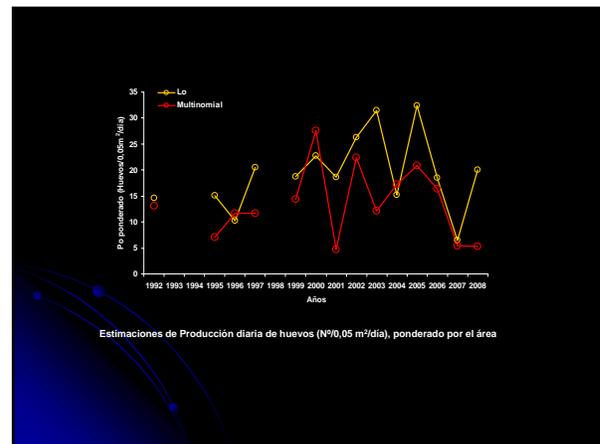
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.5529  -1.2151  -0.9775  -0.4968   5.0611

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  7.528015   0.274527  27.422  <2e-16 ***
Age          -0.030285   0.009302  -3.256  0.00113 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Modelo Multinomial
Call:
glm.ab(formula = cohort ~ offset(log(Efarea)) + age, data = data,
init.theta = 0.166797991331872, link = log, weights = my.weights)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.3237  -1.3037  -0.8686  -0.1501   2.6595

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  6.201795   0.318289  19.485  <2e-16 ***
age          0.005065   0.012510   0.405   0.686
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
    
```



La datación con el modelo multinomial genera en promedio, estimados más conservativos de Po que los métodos convencionales.

Tasas de mortalidad total de huevos no significativas se deben básicamente a que la información retenida para el cálculo de P0 y Z (después de los cortes), no es informativa

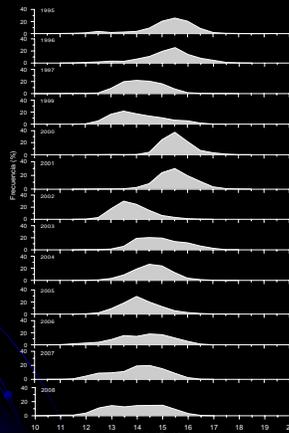
$$B = \frac{Po A W}{S F R}$$

Parametros de adultos

Peso promedio de hembras

Año	Peso promedio (g)	CV (%)
1992	20.7	1.32
1995	29.2	2.53
1996	30.0	2.52
1997	21.7	1.73
1999	22.7	1.42
2000	30.9	1.02
2001	32.4	1.17
2002	21.3	0.96
2003	25.2	1.16
2004	23.6	1.72
2005	23.0	1.26
2006	22.5	3.06
2007	21.7	1.92
2008	21.9	2.36

Distribución de frecuencia de tallas



$$B = \frac{Po A W}{S F R}$$

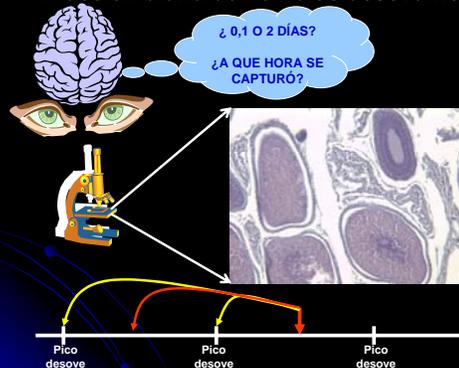
Parametros de adultos

Fracción diaria de hembras desovantes

S: Proporción de la población de hembras que desove al día.

1/S: Frecuencia de desove

Fracción diaria de hembras desovantes



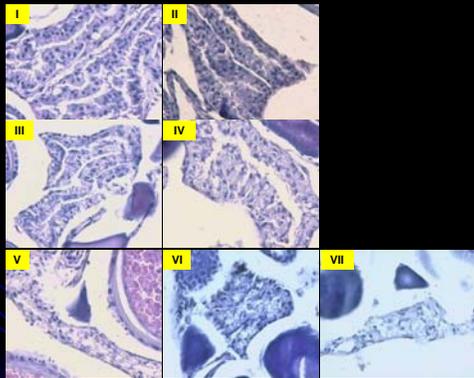
La datación de los folículos postovulatorios (FPO), en general se ha basado en los criterios señalados por Hunter y Goldberg (1980).

Un nuevo criterio propuesto por el grupo de trabajo de ICES (2005) y Alday *et al.* (2008), basado en siete estadios de FPO de acuerdo a sus características estructurales permite asignar en forma más objetiva la edad de los FPO.

Se construyó una escala específica de siete estadios para *Engraulis ringens*.

Tabla1. Escala de degeneración de los folículos post-ovulatorios de anchoveta (Zona norte y centro sur)

Estadios del tipo	I	II	III	IV	V	VI	VII
Tamaño	Grande	Grande	Mediano	Mediano	Pequeño	Muy pequeño	Remanente
Forma del FPO y relación con el lumen	Forma estrellada con granos plegados, lumen con granulos eosinofílicos	Forma estrellada Plegados más próximos entre sí lumen con granulos	Tendencia a perder los plegados, forma alargada. Lumen en reducción sin granulos	Escaso lumen, pared folicular en estrecho contacto	Sin lumen, laminae foliculares en estrecho contacto	Sin lumen, aspecto poligonal laminae desmenuzadas	Aspecto poligonal deteriorado
Folículo	Celulas	Celulas cilíndricas, poco hipertrofiadas forma una banda celular de límites claros	Celulas cilíndricas, poco hipertrofiadas forma una banda celular de límites claros	Perdida de ordenamiento, límites visiblos aislados	Desorden celular, pocas celulas reconocibles	Escasa celulas reconocibles	No se reconocen celulas individuales
Folículo	Nucleo	Redondeado a elíptico	Pocos nucleos alargados picnoticos	Incremento del número de nucleos picnoticos	Predominio de nucleos picnoticos	Escasos y picnoticos	Escasos y picnoticos
Folículo	Vacuolas	No se reconocen	Escasas y muy pequeñas	De menor o igual tamaño al nucleo, poco numerosas	De igual o mayor tamaño al nucleo, numerosas	Grandes y dominan en las laminae celulares	No se reconocen celulas
Teca	Fuertemente adherida y con celulas alargadas	Adheridas a la folículo, con alguna picnosis	Incidencia de celulas sanguinas y capilares entre la teca y la folículo	Separada de la folículo por invasión de estroma ovarico a traveso	Completamente separada por invasión de estroma ovarico	Poco reconocible	No se reconoce

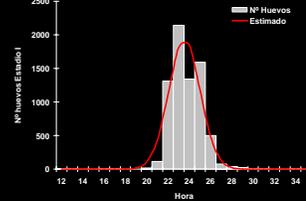


¿A QUE HORA DESOVAN?

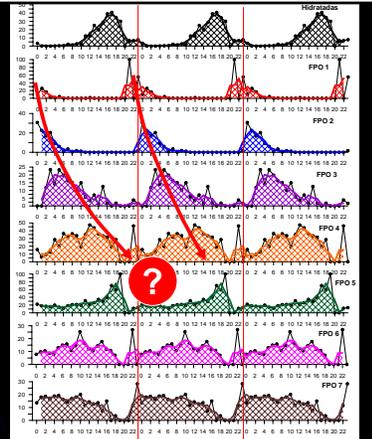


Distribución horaria de hembras hidratadas y huevos en estadio I

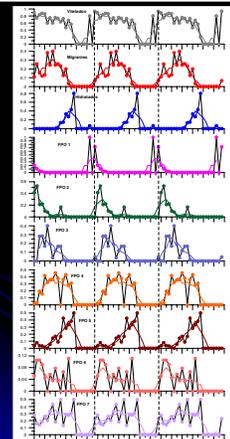
Pico desove = 23 h
Desv. Est. = 1,5 horas



Distribución horaria de FPO acumulada (2004-2008)
Nº hembras analizadas = 8153
Nº hembras con FPO = 4032



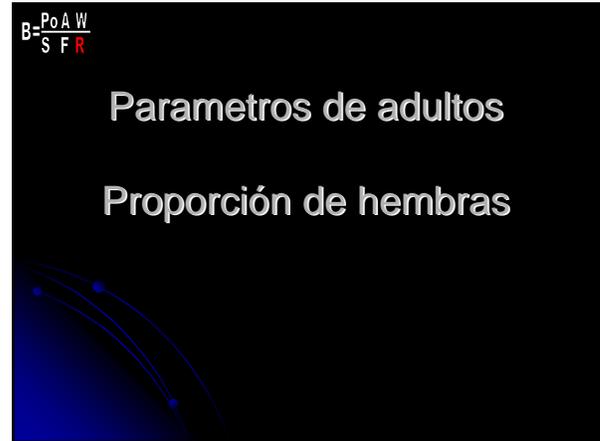
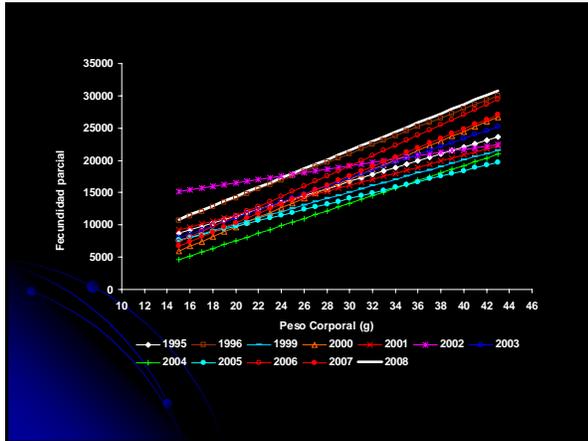
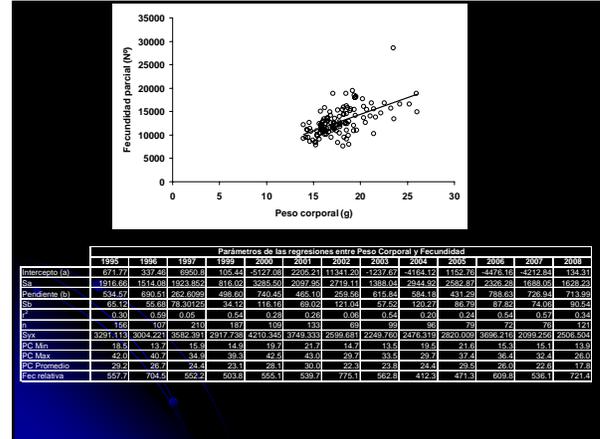
2008



Año	Fración desovante día ⁻¹	CV (%)
1992	0.160	6.22
1995	0.180	4.65
1996	0.170	12.79
1997	0.130	3.07
1999	0.170	3.81
2000	0.169	7.50
2001	0.188	27.02
2002	0.137	6.87
2003	0.182	10.47
2004	0.176	7.16
2005	0.190	6.70
2006	0.203	5.17
2007	0.293	6.76
2008	0.298	8.89

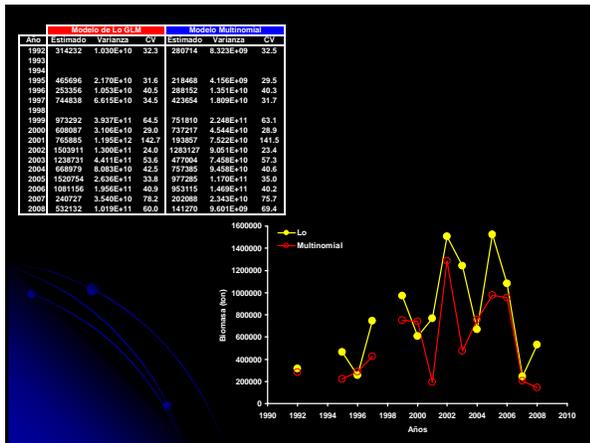
$$B = \frac{P_o A W}{S F R}$$

Parametros de adultos Fecundidad parcial

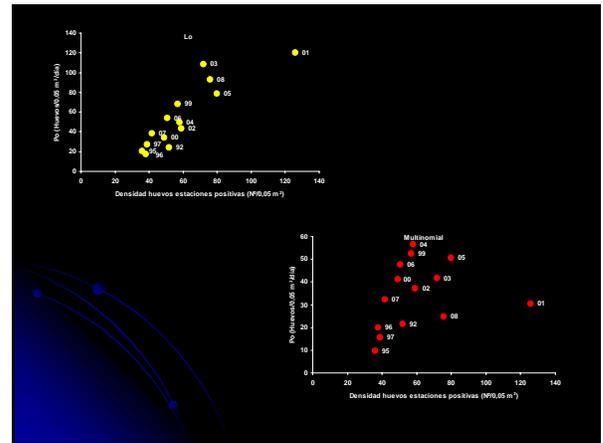
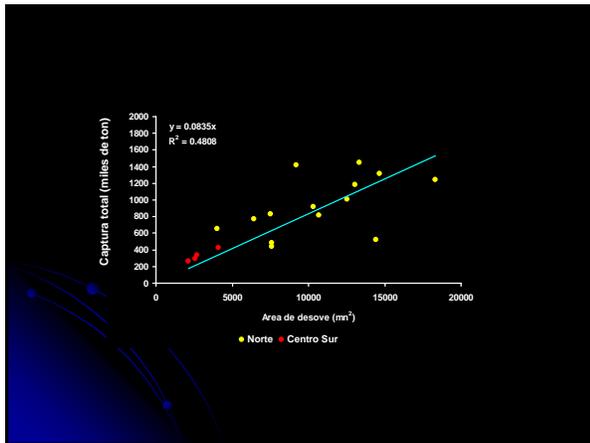


Año	Proporción hembras	CV (%)
1992	0.48	2.95
1995	0.42	5.83
1996	0.45	8.01
1997	0.51	2.76
1999	0.46	5.19
2000	0.50	4.39
2001	0.47	5.36
2002	0.51	3.09
2003	0.49	3.47
2004	0.52	3.53
2005	0.44	4.80
2006	0.45	4.93
2007	0.50	3.67
2008	0.45	3.36

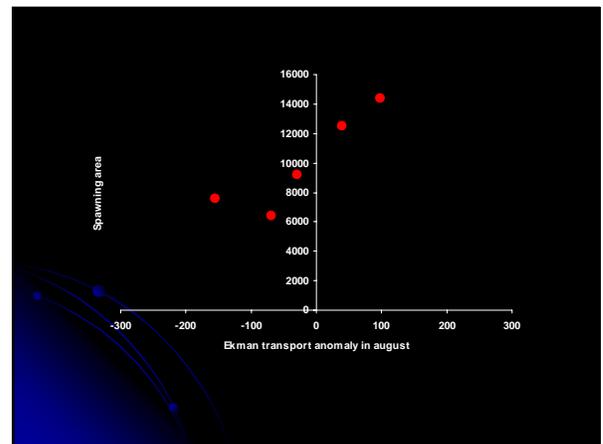
BIOMASA



Relaciones interesantes



FIN



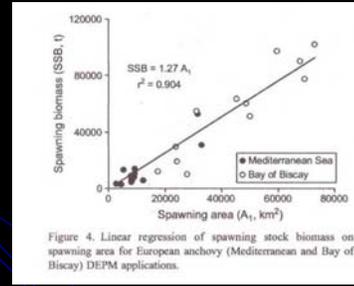
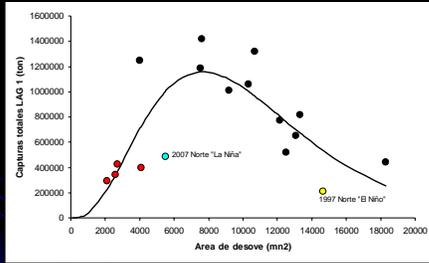
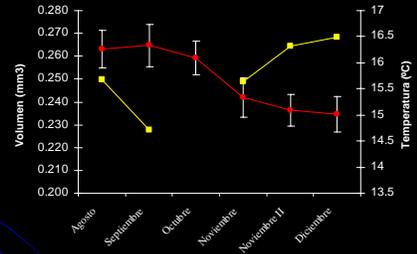
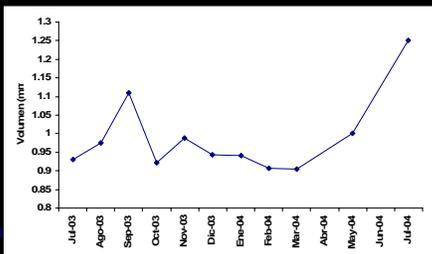


Figure 4. Linear regression of spawning stock biomass on spawning area for European anchovy (Mediterranean and Bay of Biscay) DEPM applications.
Somarakis *et al.*, 2004

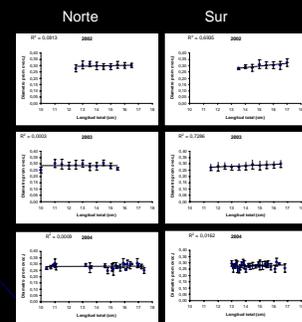
Seasonal fluctuations



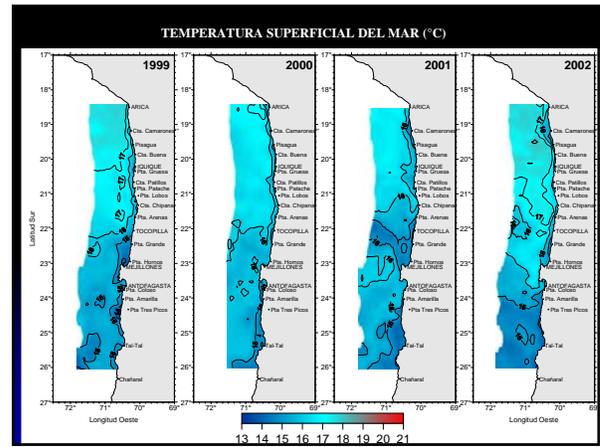
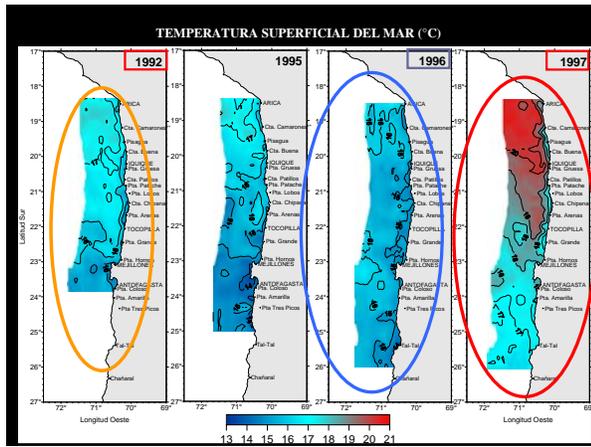
Monthly average of egg volume collected in the plankton



Monthly egg volume Southern Chile



Oocyte diameter and total length for hydrated females in Southern and Northern Chile, 2002 y 2003.



Objetivo 2.8.

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

FIP: 2008-01

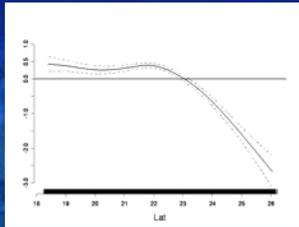
Jaime Letelier
Juan Carlos Saavedra N.

Modelamiento Estadístico

- Las variables a modelar fueron presencia de huevos y su densidad (número x 0,05 m²).
- Fueron modeladas como función de variables de localización (latitud, longitud) y oceanográficas (salinidad y temperatura); además, se incorporó un predictor lineal correspondiente al año.
- Los modelos fueron significativos, con pseudo-R² de 0,15 y 0,1 presencia y densidad de huevos respectivamente.

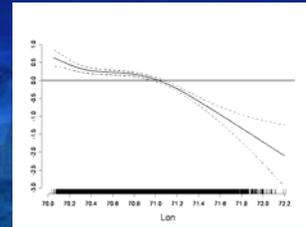
Análisis de presencia/ausencia Latitud

- Latitudes inferiores a los 23° S (al norte de mejillones), existe un efecto positivo en encontrar estaciones con presencia de huevos.
- Disminuyendo gradualmente al sur de ésta latitud



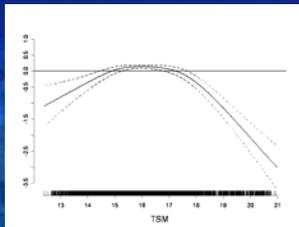
Análisis de presencia/ausencia Longitud

- La longitud tiene un efecto positivo para valores entre los 70°36' y 71°12' W y negativo a longitudes mayores
- Es decir el proceso de desove aparece vinculado a la zona costera.



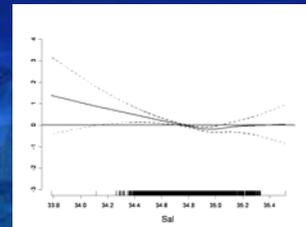
Análisis de presencia/ausencia TSM

- Para la TSM, se observa una ventana positiva entre los 15° y 17° C, mientras que para temperaturas fuera de éste intervalo el efecto es negativo



Análisis de presencia/ausencia Salinidad

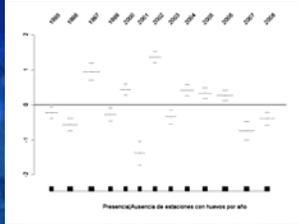
- Alta incertidumbre en el suavizador a salinidades inferiores a las 34,4 psu a consecuencia de la baja ocurrencia de éstas, no se observa un efecto en la presencia de huevos por estación para las otras salinidades



Análisis de presencia/ausencia

Año

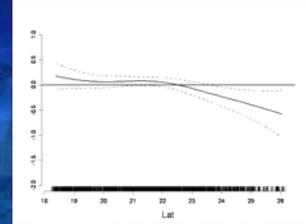
- La señal asociada al año indica una menor probabilidad de encontrar estaciones con huevos los últimos dos años y el 1995, 1996, 1999, 2001 y 2003.
- Los demás años muestran una mayor probabilidad



Análisis de densidad de huevos

Latitud

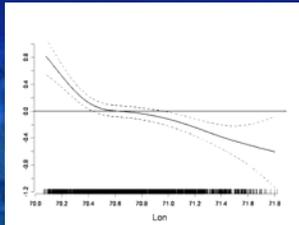
- Al igual que en la presencia de huevos, la función suavizada para la latitud muestra que al norte de los 23° S existe un efecto positivo sobre la densidad de huevos y la influencia es negativa a latitudes superiores



Análisis de densidad de huevos

Longitud

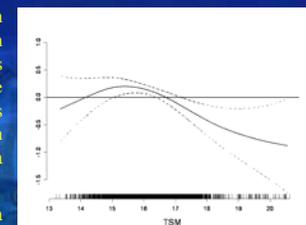
- El efecto de la función suavizada muestra que el proceso de desove aparece vinculado a una zona más costera que oceánica, teniendo un impacto positivo gradual en la densidad de huevos el área localizada al este de los 70°33' W



Análisis de densidad de huevos

TSM

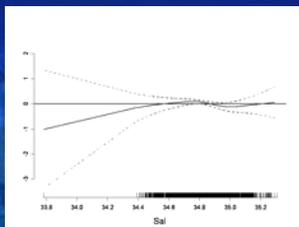
- Las estaciones con huevos se localizaron principalmente entre los 14° y 18° C y que temperaturas inferiores a los 17° C tienen un efecto positivo sobre la densidad de huevos,
- Sobre esta temperatura la influencia es negativa.



Análisis de densidad de huevos

Salinidad

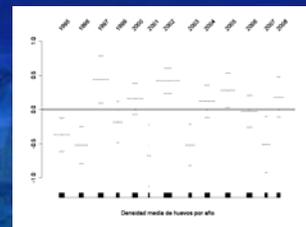
- Los huevos estuvieron presentes en un rango que va entre las 33,8 y 35,3 psu.
- No se observa un efecto a salinidades mayores a los 34,8 psu
- Alta variabilidad fuera del intervalo de las 34,50 y 35,10 psu.



Análisis de densidad de huevos

Año

- La contribución parcial del factor periodo indica que este último año como los años 1997, 2000, 2002, 2004 y el 2005 se tuvo un efecto positivo en la densidad de huevos.



Discusión

- Al emplear modelos aditivos generalizados quedó en evidencia la relación no lineal entre los factores de localización y oceanográficos y la presencia y densidad de huevos de anchoveta.
- A pesar que los índices de calidad del ajuste (pseudó R^2) en general son bajos, situación esperable debido a la alta variabilidad entre las variables modeladas y sus covariables, los modelos desarrollados permiten describir el comportamiento de la presencia y densidad de huevos en función de las covariables incorporadas y ratificadas por la significancia estadística de los modelos.

Discusión

- El efecto de las funciones suavizadas indica que si bien el desove se produce en todo el rango latitudinal analizado, el área al norte de los 23° presenta condiciones más favorables para la presencia y la densidad de huevos.
- Respecto de la longitud se observa que éste es un proceso costero, en efecto longitudes localizadas al este de los $70^\circ 22'$ W tienen un impacto positivo gradual en la densidad de huevos.
- En cuanto a las condiciones oceanográficas, temperaturas entre los 15° y 17° C favorecieron la presencia de huevos de anchoveta.

Discusión

- La salinidad no presentan un efecto claro sobre la presencia y densidad de huevos.
- El análisis integrado de los cruceros estacionales, indica que las mayores probabilidades de éxito de encontrar huevos de anchoveta junto con las mayores densidades correspondieron a los años 1997, 2000, 2002, 2004 y el 2005, mientras que para el año 2008 a pesar de existir un menor probabilidad de éxito de encontrar huevos se presentó como un año positivo para las densidades de huevos, lo que indicaría un efecto de concentración de desove en el área de estudio.

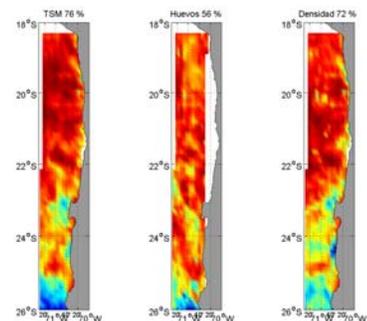
Resultados MPH – 2008 13/ago/08 a 10/sep/08

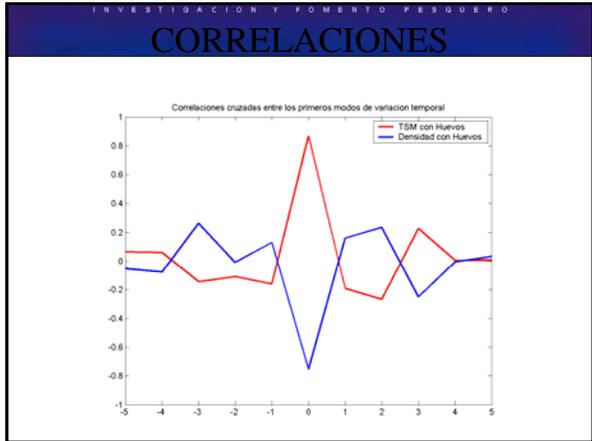
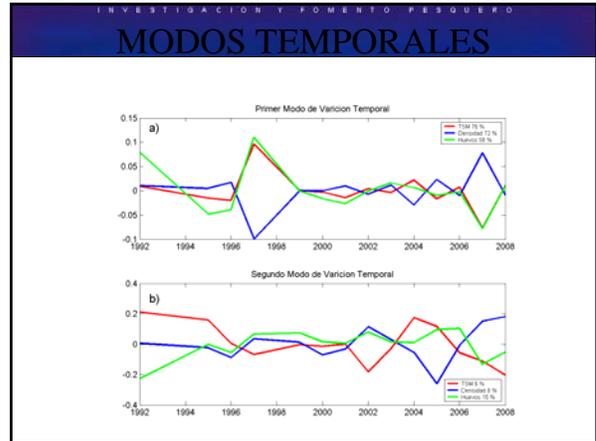
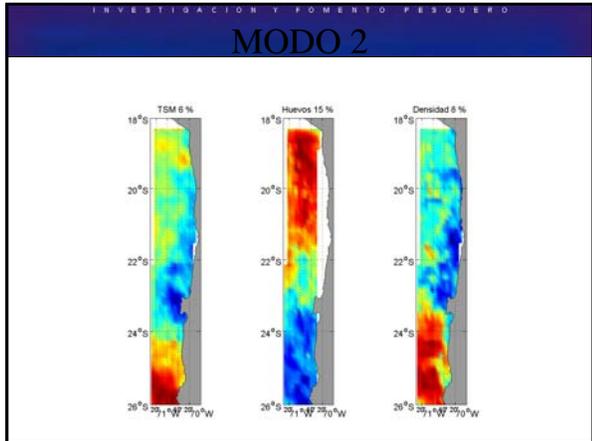
Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores y los resultados del presente proyecto

Resultados MPH – 2008

Se utilizó un análisis de componentes principales, espaciales y temporales, para analizar el comportamiento de los datos superficiales de densidad de huevos, temperatura y densidad del agua de mar de los cruceros entre 1992 y 2008

MODO 1





INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO

Conclusiones

- Los resultados sugieren que la distribución meridional es dominante en todas las variables, las cuales pueden estar moduladas por la surgencia costera e influencia de procesos interanuales como El Niño y La Niña.
- Es evidente que la distribución de parámetros como la temperatura y densidad influencia la abundancia y distribución espacial de huevos de anchoveta, pero aun así, estas variables pueden estar relacionadas con procesos más complejos que no son evidentes a la luz de los análisis.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Unidad de Ediciones y Producción
Blanco 839, Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl