

# INFORME FINAL

Proyecto FIP  
N° 2007-01

Evaluación del stock  
desovante de anchoveta  
en la I y II Regiones,  
año 2007



JUNIO  
2008



---

## INFORME FINAL

---

PROYECTO

FIP N° 2007-01

**Evaluación del stock  
desovante de anchoveta  
en la I y II Regiones,  
año 2007**

• Junio, 2008 •



## REQUIRENTE

---

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP  
Presidente del Consejo:  
**Jorge Chocair Santibáñez**

## EJECUTOR

---

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera:  
**Mauricio Braun Alegría**

Director Ejecutivo:  
**Ramón Figueroa González**

• **Junio, 2008** •



**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.  
MILENA PIZARRO R.  
JAIME LETELIER P.  
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 DIAZ D.  
GUSTAVO HERRERA U.  
JOSÉ SANCHEZ R.  
ANDRES FLORES I.**

*Distribución espacial de huevos y variables oceanográficas*

**JUAN SAAVEDRA N.  
VÍCTOR CATASTI B.  
JAIME LETELIER P.  
MAURICIO BRAUN A.**

• Junio, 2008 •



## I. RESUMEN EJECUTIVO

---

En el presente informe damos cuenta de la totalidad de las actividades realizadas en el marco del proyecto FIP 2007-01 “Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, a1o 2007”, para dar cumplimiento a los objetivos planteados en los t3rminos b3sicos de referencia. Este proyecto fue licitado al Instituto de Fomento Pesquero por el Consejo de Investigaci3n Pesquera para el a1o 2007 en la zona norte de Chile, como parte de las necesidades de investigaci3n y la posterior adopci3n de medidas de administraci3n de las pesquerías, cuyo principal objetivo es la conservaci3n de los recursos hidrobiol3gicos, considerando tanto aspectos biol3gicos, pesqueros, econ3micos y sociales. Es así, que para el a1o 2007, se decidi3 continuar con la lnea de investigaci3n orientada a cuantificar mediante la aplicaci3n del M3todo de Producci3n de Huevos, la biomasa desovante de anchoveta entre Arica (18°25’S) y Carrizalillo (26°03’S).

El crucero para el muestreo de huevos abarc3 una extensi3n longitudinal comprendida entre la costa y las 80 mn de esta, efectuándose en una primera etapa en el PAM “Cami1a”, siendo reemplazado posteriormente por problemas de autonomía y fallas mecánicas por el PAM “Don Gino”, ambos pertenecientes a la Empresa Pesquera Corpesca S.A. Para la recolecci3n de los adultos participaron los barcos cerqueros industriales “Trueno I”, “Corpesca I”, “Angamos IV” y “Costa Grande I”, perteneciendo los tres primeros a Corpesca y el último a la Compañía Pesquera Camanchaca S. A., los cuales cubrieron la zona de estudio desde las 5 hasta las 148 mn, asignándoles a cada uno de ellos, un rango latitudinal de operaci3n. Si bien el área longitudinal comprometida para la pesca de investigaci3n por parte de los buques pesqueros era hasta 80 mn, esto no fue



categorico, en el sentido de quedar limitada la zona de operación por parte de ellos hasta esa distancia de la costa, ya que debido a la escasa presencia del recurso dentro de las 80 mn, los buques una vez que recorrieron toda la zona asignada, extendieron longitudinalmente la zona de pesca, razón por la cual hubo un registro con lances positivos a 148 mn. Trabajó además en forma conjunta en la recolección de adultos, la embarcación artesanal “Don Fructuoso”, la que operó dentro de las primeras 5 mn de la primera región. Una segunda embarcación artesanal trabajó 4 días en la pesca de investigación, para cubrir la zona correspondiente a la segunda región, pero por problemas de comercialización, dejó sin efecto su participación.

El PAM “Camiña” operó desde el 13 al 23 de agosto y “Don Gino” entre el 24 al 14 de septiembre de 2007, abarcando la zona comprendida entre Arica ( $18^{\circ}25'S$ ) y Carrizalillo ( $26^{\circ}03'S$ ), realizando un total de 47 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 10 millas. El total de estaciones zooplanctónicas recolectadas mediante la red CalVET fue de 799, número que corresponde a la totalidad de las estaciones programadas.

Las embarcaciones cerqueras operaron entre el 13 y el 20 de agosto de 2007, ambas fechas inclusive, siendo posteriormente apoyados una vez finalizada la veda por las embarcaciones PAM: “Eperva 64” y “Pachica” de la Empresa Pesquera CORPESCA, “Claudia Alejandra” de Empresa Pesquera Camanchaca y las embarcaciones artesanales “Arkhos I”, “Petrohue III” y “Pelicano”, efectuando entre todas ellas un total de 116 lances de pesca, de los cuales 55 fueron positivos, es decir, con captura de anchoveta.

La época de máxima actividad reproductiva para el inicio del crucero, se determinó mediante el monitoreo de la actividad reproductiva del recurso, recolectando



muestras de la captura comercial efectuada en los puertos de la I y II Regiones durante el a3o 2007 y que se enmarcan dentro del proyecto: "Investigaci3n Situaci3n Pesquería Pelágica Zona Norte, a3o 2007". Las muestras de ovarios fueron analizadas mediante técnicas macroscópicas (variaciones del índice gonadosomático - **IGS**) y microscópicas (índice de actividad de desove – **IAD**, e índice de atresia ovárica - **IAO**).

El seguimiento del IGS, desde enero a la segunda semana de octubre de 2007, se realizó mediante el análisis de 7.692 hembras, cifra 29% menor respecto a lo medido en igual período del a3o 2006. Este índice indic3 los valores más bajos en marzo y abril, con una intensificaci3n de la actividad en mayo y una clara reactivaci3n en junio, acrecentándose a fines de junio y principios de julio, con importantes desoves en agosto. Si bien el proceso reproductivo principal se reactiva en junio, similar al patr3n normal descrito para la zona norte y a lo registrado durante los a3os 2005 y 2003; este repunte fue más marcado, lo que signific3 un adelantamiento en alcanzar la plena actividad de desove a principios de julio, lo que normalmente acontece en la segunda quincena de julio. Adem3s, se observ3 mayor aporte al desove, desde julio a la primera quincena de septiembre, mientras que en el 2005 y 2003, el mayor aporte ocurri3 en agosto y septiembre, respectivamente.

La abundancia relativa de huevos registrada durante este período, corresponde a la más baja observada desde el a3o 1992 a la fecha, experimentando con respecto al a3o 2006 una disminuci3n importante del orden de un 60%, reduciéndose a su vez tanto la extensi3n del desove como su intensidad. Espacialmente se presentaron entre Arica y sur de Tal-Tal, observándose las mayores frecuencias de registros positivos y abundancias entre Arica y punta Lobos, sector donde se concentr3 el 94% de los huevos censados. Su mayor



incidencia se reconoció a su vez en la zona costera a 1 mn y secundariamente entre las 30 y 40 mn.

La presencia espacial de los huevos no mostró relación con la cobertura de los lances positivos del recurso en la zona oceánica, donde la anchoveta adulta fue capturada en mayor cantidad, encontrándose relaciones directas solo en cuatro sectores que no se extendieron mas allá de las 40 mn.

El viento presente entre agosto y septiembre de 2007 tuvo una dirección típica para la zona, sin embargo, el transporte de Ekman fue relativamente menor en Arica y punta Tres Picos, pero mayor entre los 19° y 24°S, respecto a lo registrado durante septiembre de 2006. Lo anterior implicó la formación de una banda costera de aguas más frías y levemente más salinas en relación a ese mismo período.

Las anomalías superficiales de la temperatura superficial del mar y salinidad, reflejan un claro predominio de valores negativos en toda la zona de estudio, las que superan los 2°C y las 0,2 psu, respectivamente. Comparativamente con los cruceros MPH precedentes, el promedio de los valores de TSM obtenidos durante este último año, ha sido el de menor valor, siendo 2°C más bajo con respecto al año 2006. Las anomalías señaladas dan cuenta de un enfriamiento regional asociado a la presencia de un evento frío “La Niña”.

El efecto del enfriamiento registrado en el nivel de cero metro, también se observó en los 50 m de profundidad, pues hubo en él, una extensiva presencia de la isoterma de 13°C. La cobertura espacial de esta isoterma y de la isohalina de 34,6 psu, son elementos que muestran que durante septiembre y octubre de 2007, la capa de los 50 m, presentó aguas de menores temperaturas y salinidades en relación al invierno de 2006, e incluso al invierno de 1999, el cual también fue intensamente frío.



Paralelamente, el espesor de la termoclina present3 valores que indican un decrecimiento de este en relaci3n al invierno de 2006, como as3 tambi3n una disminuci3n en la intensidad de los gradientes verticales de la columna de agua, asociados a una disminuci3n generalizada en la temperatura base de la termoclina, donde predominaron los valores cercanos a 13°C. El enfriamiento generalizado de la zona entre Arica e Iquique, estuvo acompa1ado por el ascenso de las capas m1s profundas, as3, la isoterma de 15° se ubic3 por sobre su posici3n t3pica, entre 10 y 30 m. Es m1s, al sur de Iquique, la isoterma de 15°C estuvo ausente de las observaciones, situaci3n no registrada con anterioridad. Tanto la ubicaci3n de la isoterma de 15°C en la vertical, como la ubicaci3n de la isol3nea de 1 mL/L de ox3geno disuelto, muestran una elevaci3n at3pica en la zona.

La circulaci3n superficial (componente geostr3fica) indic3 que al norte de Antofagasta, predominaron corrientes a lo largo de la l3nea costera, en direcci3n al Ecuador. El contenido de ox3geno disuelto, mostr3 una distribuci3n espacial acorde con la formaci3n de una banda costera de aguas m1s fr3as y levemente m1s salinas, la que fue producida por la surgencia costera en la zona.

Las concentraciones de clorofila-a superficial e integrada son similares a las observadas durante el invierno de 2006, pero inferiores al de los a1os 2004 y 2005. Esto se1ala que los valores de clorofila-a durante agosto-septiembre de 2007, podr3an estar condicionados m1s bien a procesos locales que a eventos regionales del tipo "La Ni1a".

En resumen, las condiciones oceanogr1ficas presentan una situaci3n anormalmente fr3a, con temperaturas y salinidades menores a las normales en los primeros 50 m de la columna de agua, lo que es producto de una condici3n regional asociada a un proceso "La Ni1a".



De los 55 lances de pesca efectivos realizados por las embarcaciones cerqueras, se midió un total de 8.424 anchovetas. El mayor porcentaje de los lances positivos se localizó entre las 50 y 70 mn de la costa en la zona comprendida entre punta Pinto a Pisagua.

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó una amplitud comprendida entre 0,18 y 0,76 con un promedio de 0,50, una varianza igual a 0,00033 y un coeficiente de variación de 3,7%.

El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas en los 55 lances efectivos, fluctuó de 15,35 a 27,93 gramos. El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 21,67 gramos, con una varianza de 0,173 y un coeficiente de variación de 1,9%.

El recuento de huevos por estadio de desarrollo reveló mayor representatividad numérica del estadio II, observándose una disminución paulatina a partir de esta fase.

La producción diaria total de huevos en el área de desove se estimó en 38,32 huevos/0,05 m<sup>2</sup> y la tasa diaria de mortalidad instantánea de estos fue de 0,0334 por hora.

Para el año 2007, la distribución horaria de los FPO muestra la misma tendencia que la obtenida para los años 2004 al 2006. En donde los FPO del I al IV provendrían de la misma noche de desove y por tanto se consideran pertenecientes al grupo 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 relacionarse a edades



mayores a 48 h, por lo que no se recomienda su utilizaci3n para efectos de c3lculo.

Considerando los FPO de I al IV como correspondientes a edades menores a 24 horas, la fracci3n diaria de hembras desovantes se estima en 0,293 con una varianza de 0,00039 y un coeficiente de variaci3n de 7%. Es necesario se1alarse que los criterios de dataci3n de los FPO cambiaron respecto de las evaluaciones anteriores, debido a los avances ya se1alados en el proyecto FIP 2006-38 (Claramunt *et al*, 2007), por lo que no se pueden realizar comparaciones v3lidas con estimaciones de a1os anteriores.

La fecundidad parcial promedio, utilizando el ajuste correspondiente a los del 2007 correspondiente a los 55 lances efectivos, vari3 de 6.288 a 14.775 ovocitos por hembra. La fecundidad media poblacional resulta de 10.497 ovocitos, con una varianza de 121.914 y un coeficiente de variaci3n de 3,3%. Este estimado resulta m3s alto en comparaci3n al a1o 2005, estando sin embargo dentro de los valores m3s bajos de la serie. Esto se debe al peso promedio de las hembras, el cual tambi3n est3 dentro de los m3s bajos.

La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 240.727 ton, con una varianza de 3,54E+10 y un coeficiente de variaci3n de 78%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 202.088 ton con una varianza de 2,34 E+10 y un coeficiente de variaci3n de 75,7%. Estos resultan ser las estimaciones m3s bajas de la serie hist3rica. Esta baja biomasa se explica mayormente por el bajo valor de producci3n diaria de huevos y 3rea de desove.

El an3lisis visual del patr3n de distribuci3n de los huevos indic3 que en general poseen una cobertura geogr3fica costera y que las mayores agregaciones se



encontraron en las primeras millas, en los bordes de gradientes t3rmicos y salinos. De manera general, en la zona de estudio se apreci3 un desplazamiento de las agregaciones en direcci3n norte, que estuvo condicionada por el evento “La Niña”, en este sentido, los huevos cambian notablemente de comportamiento geogr3fico respecto de a3os precedentes, este a3o se observ3 una distribuci3n mucho m3s desplazada hacia el norte, que es coincidente con aguas de 14 y 15°C, por lo que el CG tambi3n se traslad3 en direcci3n norte y se situ3 frente a Pisagua a unas 30 mn de la costa.

Respecto a los rangos de distribuci3n preferencial de los huevos de anchoveta referente a de la temperatura, se concluye que el ictioplancton se distribuye vinculado con ciertos rangos caracter3sticos. As3 se observ3 que los huevos de anchoveta se distribuyeron entre el rango 12 - 15,9°C, con una preferencia por el rango 14 - 15,9°C. En el caso de las salinidades, se observa que los huevos se localizan en el estrato 34,4 - 34,89 psu con una n3tida preferencia por el rango 34,6 - 34,79 psu. Del an3lisis visual de los centros de gravedad (CG), se aprecia que en general 3stos se localizan en las primeras 20 mn de la costa, destac3ndose el gran desplazamiento exhibido en el 2007, debido a los efectos del evento “La Niña”.



## II. 3NDICE GENERAL

---

	P3gina
I. RESUMEN EJECUTIVO.....	1
II. 3NDICE GENERAL .....	9
III. 3NDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS .....	11
IV. OBJETIVOS .....	23
1. Objetivo general .....	23
2. Objetivos espec3ficos.....	23
V. ANTECEDENTES GENERALES .....	25
VI. DESARROLLO METODOL3GICO .....	33
1. Zona de estudio.....	33
2. Monitoreo reproductivo que fundament3 el inicio y t3rmino del crucero.....	34
2.1 Procesamiento biol3gico .....	34
2.2 Plan de muestreo .....	36
2.3 Plan operativo .....	36
2.4 Plan de aseguramiento de la calidad de datos y dise3os .....	39
2.5 Plan de an3lisis .....	40
2.6 An3lisis macrosc3pico y microsc3pico .....	43
3. Metodolog3a por objetivo espec3fico .....	43
3.1 Objetivo espec3fico 2.1.1 .....	43
3.2 Objetivo espec3fico 2.1.2 .....	50
3.3 Objetivo espec3fico 2.1.3 .....	63
3.4 Objetivo espec3fico 2.1.4 .....	69
3.5 Objetivo espec3fico 2.1.5 .....	78
3.6 Objetivo espec3fico 2.1.6 .....	82
3.7 Objetivo espec3fico 2.1.7 .....	86
3.8 Objetivo espec3fico 2.1.8 .....	88



<b>VII. RESULTADOS .....</b>	<b>95</b>
1.    Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio del crucero .....	95
2.    Objetivo espec3fico 2.1.1 .....	97
3.    Objetivo espec3fico 2.1.2 .....	99
4.    Objetivo espec3fico 2.1.3 .....	120
5.    Objetivo espec3fico 2.1.4 .....	122
6.    Objetivo espec3fico 2.1.5 .....	124
7.    Objetivo espec3fico 2.1.6 .....	126
8.    Objetivo espec3fico 2.1.7 .....	128
9.    Objetivo espec3fico 2.1.8 .....	128
<b>VIII. DISCUSI3N .....</b>	<b>141</b>
<b>IX. CONCLUSIONES .....</b>	<b>153</b>
<b>IX. BASE DE DATOS .....</b>	<b>157</b>
1.    Datos oceanogr3ficos y meteorol3gicos .....	157
2.    Archivo Base datos Adultos 2007.xls .....	161
3.    Archivo: Base de datos Po.xls .....	162
4.    Clorofila-a .....	163
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGR3FICAS .....</b>	<b>165</b>

## 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.** CD con Informe final (PDF) y Resumen ejecutivo (Word) Proyecto FIP N° 2007-01.



### III. 3NDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS

---

#### FIGURAS

- Figura 1.** Ubicaci3n geogr3fica de a) estaciones oceanogr3ficas y b) estaciones con muestreo de clorofila y ox3geno (estaciones oceanogr3ficas profundas (100m)). Crucero MPH – Invierno 2007.
- Figura 2.** Evoluci3n mensual del 3ndice gonadosom3tico de la anchoveta en la XV, I y II Regi3n, serie 1987 - 2007.
- Figura 3.** Evoluci3n semanal del 3ndice gonadosom3tico de la anchoveta en la XV, I y II Regi3n, a3o 2007.
- Figura 4.** Evoluci3n mensual de los 3ndices de actividad de desove (**IAD**) y atresia ov3rica (**IAO**) (02 de julio al 14 de octubre de 2007).
- Figura 5.** Evoluci3n semanal de los 3ndices de actividad de desove (**IAD**) y atresia ov3rica (**IAO**) (02 de julio al 14 de octubre de 2007).
- Figura 6.** Distribuci3n geogr3fica de las estaciones planct3nicas con presencia y ausencia de huevos de anchoveta. Crucero MPH 500(3)07 Cami3a/Don Gino – Invierno 2007.
- Figura 7.** Distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 8.** Distribuci3n de la abundancia promedio de huevos de anchoveta por transecta, con respecto a la distancia de la costa (a) y con respecto a la latitud (b). Crucero MPH – Invierno 2007.
- Figura 9.** Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta. Cruceros MPH Inviernos 1992 – 2007.



- Figura 10.** Distribución espacial de los lances de pesca v/s los huevos de anchoveta. Crucero MPH - Invierno 2007. Color azul: lances efectivos; color verde lances no efectivos; color rojo huevos de anchoveta.
- Figura 11.** (a) Densidad media de huevos estimada para el período 1992-2007, a través del estimador de la media de una distribución delta y (b) proporción de estaciones positivas (con huevos), período 1992 - 2007.
- Figura 12.** 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 - Invierno 2007.
- Figura 13.** Distribución 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 - Invierno 2007.
- Figura 14.** Distribución de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en el nivel de 50 m de profundidad, b) diferencia térmica ( $^{\circ}\text{C}$ ) 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 - Invierno 2007.
- Figura 15.** Distribución de a) profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  (m), b) anomalía de profundidad de la isoterma  $15^{\circ}\text{C}$  (m), c) concentración de oxígeno disuelto superficial (mL/L) y d) profundidad de la isolínea de 1 mL/L de oxígeno disuelto (m). Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 16.** Distribución de a) Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 (db), b) espesor de la capa de mezcla (m), c), espesor de la termoclina (m) y d) temperatura base de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}$ ). Crucero MPH - Invierno 2007.



- Figura 17.** Distribución de a) profundidad de la base de la termoclina (m), b) gradiente de temperatura promedio de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ), c) máximo gradiente de temperatura en la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) y d) profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m). Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 18.** Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas oceanográficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 19.** Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas oceanográficas 25, 29, 33, 37, 41 y 46. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 20.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanográficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 21.** Distribución vertical de salinidad ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas oceanográficas 25, 29, 33, 37, 41 y 46. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 22.** 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 - Invierno 2007.
- Figura 23.** Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas oceanográficas. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 24.** Distribución de a) clorofila-a superficial ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), b) feopigmento superficial ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), c) clorofila integrada ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) y d) feopigmentos integrados ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 25.** Distribución vertical de clorofila **a** ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), en las transectas oceanográficas. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 26.** Distribución vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), en las transectas oceanográficas. Crucero MPH - Invierno 2007



- Figura 27.** Distribuci3n espacial del promedio semanal del viento y la magnitud del viento (colores) en la zona norte de Chile, correspondiente a los periodos 13 al 20 de agosto (a), 21 al 28 de agosto (b), 29 de agosto al 5 de septiembre (c) y 6 al 13 de septiembre (d), de 2007. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 28.** Distribuci3n espacial del promedio semanal de temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile, correspondiente a los periodos 13 al 20 de agosto (a), 21 al 28 de agosto (b), 29 de agosto al 5 de septiembre (c) y 6 al 13 de septiembre (d), de 2007. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 29.** Distribuci3n superficial promedio semanal de la clorofila-a satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los periodos 13 al 20 de agosto (a), 21 al 28 de agosto (b), 29 de agosto al 5 de septiembre (c) y 6 al 13 de septiembre (d), de 2007. (Sat3lite: MODISA). Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 30.** Distribuci3n espacial de la anomal3a de nivel medio del mar(color) y las velocidades geostr3ficas correspondientes en la zona norte de Chile, correspondiente a im3genes diarias representativas de la situaci3n prevaleciente durante el crucero. Las im3genes corresponden al 18 (a) y 28 (b) de agosto y 5 (c) y 14 (d) de septiembre de 2007. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 31.** Asociaci3n entre las componentes U (panel superior) y V (panel inferior) del viento satelital (Quikscat) frente a la costa y viento en los aeropuertos de Iquique y Antofagasta. Solo la componente V presenta una asociaci3n como para poder ajustar un modelo lineal (rojo) en la nube de puntos. La serie de datos diarios abarcan de enero de 2005 a octubre de 2007.
- Figura 32.** Serie de tiempo de la componente perpendicular a la costa (U) en los aeropuertos de Iquique (a) y Antofagasta (b). La se1al cruda (azul)



fue suavizada con un filtro hanning de 17 pesos y se obtuvo la se1al filtrada (rojo), abarcando el periodo 01-01-2005 al 31-10-2007 en Antofagasta y 30-11-2007 en Iquique. Crucero MPH - Invierno 2007.

- Figura 33.** Serie de tiempo de la componente paralela a la costa (V) en los aeropuerto de Iquique (a) y Antofagasta (b). La se1al cruda (azul) fue suavizada con un filtro hanning de 17 pesos y se obtuvo la se1al filtrada (rojo), abarcando el periodo 01-01-2005 al 31-10-2007 en Antofagasta y 30-11-2007 en Iquique. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 34.** Serie de tiempo del transporte perpendicular a la costa (Ekman) por 1000 m de costa en las localidades de Iquique (a) y Antofagasta (b). La se1al cruda (azul) fue suavizada con un filtro hanning de 17 pesos y se obtuvo la se1al filtrada (rojo), abarcando el periodo 01-01-2005 al 30-09-2007 en Antofagasta y 31-10-2007 en Iquique. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 35.** Serie de tiempo de la anomalía del nivel del mar cerca de la costa. La se1al cruda (azul) fue suavizada con un filtro coseno lanczos de 91 pesos y se obtuvo la se1al filtrada (rojo) para las localidades costeras de Iquique (a) y Antofagasta (b), abarcando el periodo 01-01-2005 al 31-10-2007. Crucero MPH - Invierno 2007.
- Figura 36.** Distribuci3n espacial de los lances de pesca. Crucero MPH - Invierno 2007. Color rojo: lances efectivos; color negro: lances no efectivos.
- Figura 37.** 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 2007.
- Figura 38.** Frecuencia (Nº) de huevos de anchoveta por estadio de desarrollo.



- Figura 39.** Ajuste del modelo probabilístico multinomial para huevos de anchoveta zona norte a las temperaturas de incubaci3n
- Figura 40.** Estimaciones de Producci3n diaria de huevos ( $N^{\circ}/0,05 \text{ m}^2/\text{día}$ ), ponderado por el área, para anchoveta de la zona norte, en base a las dos metodologías aplicadas.
- Figura 41.** Distribuci3n temporal de los estadios madurez microsc3pica y FPO de la zona norte de Chile. Líneas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). Línea representa un promedio móvil. Informaci3n acumulada del 2004 al 2006 (Claramunt *et al.*, 2007).
- Figura 42.** Distribuci3n temporal de los estadios madurez microsc3pica y FPO año 2007. Líneas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). Línea representa un promedio móvil.
- Figura 43.** Fecundidad parcial en funci3n del peso corporal para el año 2007.
- Figura 44.** Biomosas desovantes estimadas en cada año de aplicaci3n del Método de producci3n Diaria de Huevos.
- Figura 45.** Áreas de cruceo y de desove para cada año de aplicaci3n del Método de producci3n Diaria de Huevos.
- Figura 46.** Distribuci3n espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Período 1992 - 2007.
- Figura 47.** Distribuci3n espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992 - 2007.
- Figura 48.** Distribuci3n espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992 - 2007.



- Figura 49.** Rangos de distribuci3n preferencial de los huevos de anchoveta respecto de: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y b) salinidad (psu). Per3odo 1992-2007.
- Figura 50.** Distribuci3n espacial de los centros de gravedad de las distribuciones de huevos de anchoveta. Per3odo 1992-2007.
- Figura 51.** Densidad media de huevos para el total de estaciones y estaciones positivas y proporci3n de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, por a3o y total. Cruceros realizados entre la I y II Regi3n.
- 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, l3neas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X,P)$  corresponde a la funci3n suavizadora spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. A3os 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.
- 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, l3neas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X,P)$  corresponde a la funci3n suavizadora spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. A3os 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.



- Figura 54.** Tendencias de los 3ndices por a3o obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos de anchoveta. L3neas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. A3os 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.
- Figura 55.** Primer (a) y segundo (b) modo de variaci3n temporal de la TSM, densidad y Huevos de anchoveta.
- Figura 56.** Correlaciones cruzadas normalizadas entre el primer modo de variaci3n de la TSM y huevos de anchoveta y en primer modo de variaci3n de la densidad y los huevos de anchoveta con un desplazamiento temporal de hasta 5 a3os (lags).
- Figura 57.** Primer modo de variaci3n espacial de la TSM, densidad y Huevos de anchoveta.
- Figura 58.** Segundo modo de variaci3n espacial de la TSM, densidad y Huevos de anchoveta.
- Figura 59.** 3ndice Multivariado de eventos ENSO (MEI) para el per3odo enero de 1994 a septiembre de 2007. En color rojo se indican los eventos c3alidos y en azul los fr3os (fuente: Physical Science Divisi3n. Earth System Research Laboratory, NOAA).
- Figura 60.** Relaci3n entre 3rea de desove ( $\text{m}^2$ ) y la Biomasa desovante (ton)
- Figura 61.** Temperatura promedio (10 m) de los cruceros de aplicaci3n del MPH. L3nea vertical es una desviaci3n est3andar. L3neas horizontales es temperatura m3nima y m3xima.



## TABLAS

- Tabla 1.** Caracterizaci3n de los estadios ov3ricos de peces pel3gicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).
- Tabla 2.** Características de los estadios morfohistol3gicos de los folículos postovulatorios (**FPO**) de *Engraulis encrasicolus* (ICES, 2005; Alday *et al.*, 2006).
- Tabla 3.** Evoluci3n semanal de la actividad reproductiva microsc3pica de la anchoveta en la XV, I y II Regi3n, julio – octubre de 2007.
- Tabla 4.** Densidad promedio, constancia y rangos de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, en invierno de los ańos 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.
- Tabla 5.** Posici3n geogr3fica de los lances efectuados durante el crucero MPH, m3dulo adultos, en la XV, I y II Regi3n, agosto - septiembre 2007.
- Tabla 6.** Resúmen de los datos de los lances. Hora del lance en hora y fracci3n de hora. Estadios de Madurez Microscopico (EMM), Folículos postovulatorios (FPO), nÚmero de hembras (n), peso total (PT; Corregido) fecundidad parcial estimada (FECUND) y Proporci3n de hembras en peso (PROP. H).
- 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 est3ndar; MSE= Error est3ndar residual).
- Tabla 8.** Resultados del ajuste del modelo probabilístico para la edad de los estadios de huevos en anchoveta zona norte.



- 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  $P_0$  ( $N^\circ$  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 númeru de observaciones.  $Pr(>|z|)$  es la probabilidad de que el parámetro no sea significativo (i.e. = 0). *AIC* es el criterio de informaci3n de Akaike.
- Tabla 10.** Númeru de lances y total de hembras muestreadas en los distintos ańos de aplicaci3n del MPH en la zona norte.
- Tabla 11.** Parámetros de adultos obtenidos en las distintas aplicaciones del MPH en la zona norte.
- Tabla 12.** Estimaciones de la producci3n diaria de huevos (huevos/ $0,05 m^2$ /día), su varianza y coeficiente de variaci3n (CV, %), área de desove, área de estudio y biomasa de anchoveta en cada ańo de aplicaci3n del método. (\*: Se utiliz3 funci3n global de fecundidad parcial).
- Tabla 13.** Frecuencia de estaciones con presencia y ausencia de huevos por ańo, para estaciones sin registro de salinidades (Cero) y con registro de salinidades (Positiva).
- Tabla 14.** Síntesis por ańo del númeru de estaciones totales, númeru de estaciones sin y con presencia de huevos de anchoveta y densidad media de huevos/ $0,05 m^2$  de las estaciones positivas para los ańos 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.
- Tabla 15.** Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Regi3n ańos 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.



**Tabla 16.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.

**Tabla 17.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.



## **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.** CD con Informe final (PDF) y Resumen ejecutivo (Word) Proyecto FIP N° 2007-01.



## **IV. OBJETIVOS**

---

### **1. Objetivo general**

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

### **2. Objetivos espec3ficos**

- 2.1.1** Determinar la distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta.
- 2.1.2** Registrar las condiciones oceanogr3ficas asociadas al crucero de huevos de anchoveta.
- 2.1.3** Estimar la proporci3n sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas.
- 2.1.4** Estimar la producci3n diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instant3nea de los huevos.
- 2.1.5** Estimar la proporci3n de estadios de madurez sexual microsc3picos y la fracci3n diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada.
- 2.1.6** 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.



- 2.1.7** Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.
  
- 2.1.8** 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

---

Durante el período enero – diciembre de 2007, el valor FOB de las exportaciones pesqueras totalizó una cifra de 3.826,89 millones de dólares, mostrando un crecimiento de un 3,9% en relación a igual período del año anterior. Respecto al valor las exportaciones totales chilenas, la participación del valor (**FOB**) de las exportaciones del sector pesquero, en el período señalado fue aproximadamente de un 5%. (Fuente: Servicio Nacional de Aduana y Banco Central de Chile).

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, 2005). En efecto, durante los últimos años, la actividad pesquera de la zona norte se ha cimentado fundamentalmente en las capturas de anchoveta, jurel y caballa, contribuyendo en el desembarque total del año 2007, con el 99% (Martínez y Böhm, 2006). Incrementándose las dos primeras especies referente al año 2006 en un 45 y 10%, respectivamente, mientras que la caballa disminuyó en un 54%.

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



principal recurso explotado en dicha región. La segunda fase (1986-1996) es un período de ajuste, producto de la baja experimentada de las capturas hasta llegar en 1996 a 1,4 millones de t; en este período se produce el colapso de la pesquería de sardina y las capturas de anchoveta, desde 1992-93 en adelante, han representado el desembarque mayoritario de la zona. Posteriormente, la tercera etapa (1997-2002) presenta una tendencia a la estabilización de las capturas a niveles del orden de 1,3 millones de toneladas por año.

De acuerdo a lo anterior, la actividad extractiva de la industria pesquera en la I y II Región está fuertemente vinculada a la disponibilidad del recurso anchoveta, la cual durante el año 2003 registró una importante disminución en el volumen de captura del orden del 70%, pasando de 1,2 millones de toneladas en 2002 a 427 mil t en el año 2003. Este tipo de fluctuaciones, sumado a las variaciones ambientales, pueden llevar rápidamente a las pesquerías a colapsar.

En el caso de la pesquería pelágica desarrollada en la zona norte, los desembarques muestran grandes oscilaciones, asociados a la inestabilidad del stock, provocada por la sobreexplotación del recurso, y fluctuaciones de las condiciones ambientales a diferentes escalas temporales y espaciales (Martínez *et al.*, 1995; Yáñez *et al.*, 1995). A pesar que los términos básicos de referencia se reseñan específicamente al efecto de "El Niño", es necesario señalar que la zona norte está afectada por otros procesos físicos importantes como "El Viejo" y las ondas atrapadas a la costa (**OAC**), además en esta zona normalmente asociada a la surgencia costera están presentes estructuras oceanográficas como giros de mesoescala (Hormazabal *et al.*, 2004). "El viejo" esta asociado a períodos decadales fríos y cálidos que afectan a todo el océano. "El Niño" produce un calentamiento anómalo mediante la advección de aguas cálidas desde el Pacífico 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 m3nimo de ox3geno, caracter3stica de la corriente subsuperficial hacia el Polo (Hormazabal *et al.*, 2001; Morales *et al.*, 1999; Strub *et al.*, 1998). Estos cambios en el medio f3sico, diferentes al ciclo anual normal, condicionan de manera importante la cobertura geogr3fica de los recursos y su abundancia (Garc3a, 1993), como tambi3n afectan sus estadios de desarrollo (huevos y larvas). Debido a la escasez de datos, los procesos decadales como "El Viejo" son casi imposibles de abordar. Por otro lado, y paralelamente al ciclo anual, fluctuaciones en la duraci3n de la estaci3n de surgencia o en la intensidad de la surgencia, como tambi3n la presencia de giros de mesoescala podr3an tambi3n llegar a afectar la abundancia, disponibilidad y el transporte de estadios tempranos de los peque3os pel3gicos de la zona norte de Chile (Bakun, 2006).

Por lo anterior, y considerando que esta pesquer3a ha sido analizada tomando en cuenta la evoluci3n del esfuerzo de pesca y la variabilidad del medio ambiente y que adem3s algunos estudios han considerado el efecto del medio ambiente sobre dichos recursos (Ca33n, 1986; Castillo y Guzm3n, 1985; Oliva *et al.*, 2003; Braun *et al.*, 2004a), se hace necesario la estimaci3n de la biomasa a trav3s de distintas metodolog3as. En este sentido, una metodolog3a alternativa para la evaluaci3n de la biomasa desovante en peces pel3gicos como la anchoveta, corresponde al "M3todo de Producci3n de Huevos" (MPH), desarrollada en 1980 por investigadores del Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, California. La producci3n diaria de huevos se estima a partir del n3mero de huevos totales evaluados en una prospecci3n ictioplanct3nica en asociaci3n a otras variables y la fecundidad espec3fica diaria de la poblaci3n adulta, se determina mediante el procesamiento de muestras de peces, obtenidas durante cruceros de pesca, las



que proporcionan informaci3n respecto de la fecundidad parcial, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporci3n de sexos.

- **Antecedentes del M3todo de Producci3n de Huevos (MPH)**

El M3todo de Producci3n de Huevos define la biomasa desovante como la fracci3n de peces capaces de desovar durante el per3odo 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 condici3n 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 relaci3n entre la producci3n diaria de huevos (huevos evacuados al mar en un d3a por la poblaci3n total de hembras) y la fecundidad espec3fica diaria de la poblaci3n adulta (huevos potenciales de ser desovados por d3a por tonelada m3trica). La producci3n 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 espec3fica diaria de la poblaci3n adulta, se determina mediante el procesamiento de muestras de peces obtenidas durante un crucero de pesca, las cuales proporcionan informaci3n respecto de la fecundidad parcial, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporci3n de sexos.

La aplicaci3n del M3todo de Producci3n de Huevos para la determinaci3n de la biomasa de peces pel3gicos multidesovantes con fecundidad indeterminada, como anchoveta y sardina, tuvo dificultades debido al desconocimiento de m3todos 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 podr3a ser determinada a trav3s de la



incidencia de los folículos postovulatorios, logran mediante la inducci3n del desove de anchoveta de California, mantenidas en cautiverio, caracterizar histol3gicamente el proceso de degeneraci3n de los folículos postovulatorios en funci3n del tiempo, y a partir de ello, definir criterios para establecer la edad de dichas estructuras, y utilizarlas para la estimaci3n directa de la frecuencia del desove en poblaciones naturales de peces pelágicos multidesovantes.

El método para la estimaci3n 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 hidrataci3n, aumentando aproximadamente cuatro veces su volumen total. Los ovarios con ovocitos hidratados son fÁCilmente reconocibles a simple vista, debido a que la diluci3n 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 degeneraci3n.

El ovocito, una vez que es evacuado y fertilizado pasa por una serie continua de fases de desarrollo embrionario, cuya duraci3n 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 (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 producci3n diaria de huevos como de la fecundidad espec3fica diaria. Uno de los aspectos fundamentales del m3todo convencional lo constituyen los criterios de post-estratificaci3n del 3rea de desove, muchas veces no muy bien desarrollada o descrita en forma expl3cita. Por otra parte, la estimaci3n de los par3metros reproductivos exige ciertos protocolos y procedimientos que deben ser considerados en t3rminos espacio-temporales.

En la actualidad se cuenta con mejoras metodol3gicas 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 (Espa1a), en el marco del proyecto FIP N3 2006-06 "Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta en la I y II Regi3n, a1o 2006", donde se desarrollaron y aplicaron softwares espec3ficos para la estimaci3n de par3metros involucrados en el MPH. Bernal *et al.*, (2001), desarrollaron un procedimiento innovativo y estad3sticamente fundamentado de asignaci3n 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 distribuci3n de huevos y la producci3n diaria de huevos (e.g. Borchers *et al.*, 1997; Bernal, 1999; Stratoudakis *et al.*, 2003), pero varios problemas metodol3gicos no hab3an podido ser resueltos para ser utilizados adecuadamente en el MPDH. Dichos problemas metodol3gicos han sido superados recientemente a trav3s de un proyecto de la Uni3n Europea "Using environmental variables with improved DEPM methods to consolidate the series of sardine and anchovy estimates" (EU Study 99/080, <http://ruwpa-st.andrews.ac.uk/depmodel>), cuyas mejoras se pueden resumir en:



- Rutinas para la selecci3n de modelos utilizando GAM, lo que previamente haba sido realizado sobre una base *ad hoc* con elementos subjetivos.
- Modelaci3n independiente del sistema de coordenadas en GAM, de esta manera los modelos debera ser insensitivos a cambios en el sistema de coordenadas.
- Modelaci3n de interacciones con GAM, cuyo principal t3pico es c3mo escalar la covarianza relativa de las variables.
- Mejor desempeo 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 t3picos mencionados necesitaron de cambios en la metodologa estadstica b3sica en GAM. Por ejemplo, la estimaci3n de la producci3n diaria de huevos ( $P_0$ ) y la tasa de mortalidad diaria ( $Z$ ) es un problema especfico del MPDH. Por esta raz3n, varias mejoras estadsticas fueron desarrolladas a trav3s del proyecto de la UE, que ser3n aplicadas en la problem3tica general de la producci3n diaria de huevos de anchoveta en el aao 2007.

Dentro de este contexto, y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensi3n de la distribuci3n y abundancia de los recursos y sus fluctuaciones espacio temporales, el Consejo de Investigaci3n Pesquera teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretar3a de Pesca y la conveniencia de mantener una l3nea de investigaci3n respecto al stock desovante de anchoveta, decidi3 incluir el presente proyecto en el programa de investigaci3n pesquera correspondiente al aao 2007.



## 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 2007.

### 1. Zona de estudio

Los datos oceanográficos físicos, la recolección de muestras de plancton y las capturas de los adultos, fueron obtenidos entre los meses de agosto y septiembre de 2007, efectuándose de manera ininterrumpida todas las actividades y procesos programados. Así, la recolecta de huevos se efectuó a bordo de los PAM “Camiña” y “Don Gino”, pertenecientes a la Compañía Pesquera Corpesca S.A., el primero operó desde el 13 al 23 de agosto y el segundo entre el 24 de agosto y el 14 de septiembre de 2007, cubriendo la zona comprendida entre el límite norte de la República de Chile ( $18^{\circ}25'S$ ) y Carrizalillo ( $26^{\circ}03'S$ ), desde la costa hasta una distancia máxima de 80 mn, realizándose un total de 47 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 10 millas. El total de estaciones zooplanctónicas realizadas mediante el uso de la red CalVET fue de 799, número que corresponde a la totalidad de las estaciones programadas (**Fig. 1**).

En forma paralela, la recolección de los adultos se efectuó con la operación de cuatro embarcaciones pesqueras industriales, entre el 13 y el 20 de agosto de 2007, ambas fechas inclusive, de acuerdo a la Resolución N° 2418 del 10 de



agosto de 2007, de Pesca de Investigaci3n de la Subsecretar3a de Pesca, siendo posteriormente apoyados una vez finalizada la veda por las embarcaciones PAM: “Eperva 64” y “Pachica” de la Empresa Pesquera CORPESCA, “Claudia Alejandra” de Empresa Pesquera Camanchaca y las embarcaciones artesanales “Arkhos I”, “Petrohue III” y “Pelicano”, efectuando entre todas ellas un total de 116 lances de pesca, de los cuales 55 fueron positivos, es decir, con captura de anchoveta.

Oper3 adem3s en forma conjunta en la recolecci3n de adultos, la embarcaci3n artesanal Don Fructuoso, la que oper3 dentro de las primeras 5 mn de la D3cimo quinta y Primera regi3n. Una segunda embarcaci3n artesanal trabaj3 4 d3as en la pesca de investigaci3n, para cubrir la zona correspondiente a la segunda regi3n, pero por problemas de comercializaci3n, dej3 sin efecto su participaci3n.

## **2. Monitoreo reproductivo que fundament3 el inicio y t3rmino del crucero**

Con la finalidad de establecer con absoluta certeza, la fecha de inicio del crucero de huevos y adultos, en el per3odo de m3xima actividad reproductiva, se monitore3 la actividad de desove de la anchoveta mediante el seguimiento del 3ndice gonadosom3tico y de indicadores de naturaleza histol3gica tales como el 3ndice de actividad de desove (**IAD**) e 3ndice de atresia ov3rica (**IAO**). Este seguimiento forma parte del proyecto “Investigaci3n Situaci3n Pesquer3a Pel3gica Zona Norte, a3o 2007” de la I y II Regiones.

### **2.1 Procesamiento biol3gico**

El muestreo reproductivo de la anchoveta considera el ciclo anual de 2007 en los principales puertos de la XV I y II Regiones, registr3ndose la informaci3n biol3gica de la especie, consign3ndose 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 macroscópicamente durante los meses de enero a octubre de 2007, 7.692 hembras y microscópicamente, en el período de incremento del **IGS**, a partir de julio de 2007, 1.561 ovarios de anchoveta, cifras 29% menor y 11% mayor respecto a las analizadas en el año 2006, respectivamente.

Los ovarios extraídos, fueron pesados e inmediatamente fijados en formalina al 10% para evitar procesos de autólisis o destrucción del tejido, generados por la acción enzimática o bacteriana. En el laboratorio se efectuó el procesamiento histológico de los ovarios realizando cortes de 5 micras de espesor, los que fueron teñidos con hematoxilina y contrastados con eosina.

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

- Plan de muestreo
- Plan operativo
- Plan de aseguramiento de calidad
- Plan de análisis



## **2.2 Plan de muestreo**

Cada plan de muestreo depende de la variable en estudio y est1 en directa relaci3n con la modalidad de operaci3n de las flotas que operan en la pesquer1a. Los planes de muestreo consideraron dise1os en puerto (desembarques) y eventualmente a bordo de naves cerqueras, analizando las capturas.

### **2.2.1 Poblaci3n objetivo**

La poblaci3n objetivo la componen el conjunto de ejemplares de anchoveta capturados por la flota industrial y artesanal en la zona norte durante el a1o 2007.

## **2.3 Plan operativo**

Los datos biol3gicos provienen principalmente del muestreo del desembarque que se realiza en tierra y eventualmente a bordo.

### **2.3.1 Antecedentes para la selecci3n de centros de muestreo**

La estrategia de recolecci3n de datos considera una cobertura de centros de desembarque que asegura la representatividad de los muestreos. Los antecedentes utilizados para definir los centros de muestreo se basaron en informaci3n actualizada de la flota y la modalidad de operaci3n de est1s.

En la pesquer1a pel1gica de la Objetivo espec1fico XV, I y II Regi3n 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 Regi3n, en tanto la flota artesanal trabaja b3sicamente en la XV y I Regi3n.

### **2.3.2 Principales puertos de desembarque en la XV, I y II Regi3n**

#### **Flota Industrial:**

Arica  
Iquique  
Tocopilla (eventualmente)  
Mejillones

#### **Tama1o de la flota**

En la actualidad existe un total de 70 embarcaciones operando en esta pesquería, las que se distribuyen de la siguiente forma:

Arica	:	21 (Corpesca)
Iquique	:	40 (24 Corpesca, 16 Camanchaca)
Mejillones:		9 (Corpesca)

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

### **2.3.3 Formularios para la recolecci3n de los datos**

Los datos recopilados fueron registrados en el formulario "Muestreo Biol3gico" considerando las siguientes variables en estudio:



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

#### **2.3.4 Operaci3n del sistema de recolecci3n**

Se emple3 un total de 6 observadores cient3ficos distribuidos de la siguiente forma:

- Arica (2)
- Iquique (3)
- Mejillones (1)

La funci3n principal del equipo de observadores cient3ficos, fue la recolecci3n de datos de las embarcaciones seleccionadas para el muestreo en tierra o a bordo, siguiendo los instructivos desarrollados para estos fines.

Los datos biol3gico-pesqueros se obtuvieron en el lugar de recepci3n del desembarque de cada empresa.



Las muestras biol3gicas se tomaron desde el vibrador o secador. Una vez obtenida la muestra, se inici3 la recolecci3n de datos de cada uno de los ejemplares, los cuales constituyen la unidad de an3lisis, de acuerdo al tipo de variable o característica en estudio.

**Longitud** : a cada ejemplar se le midi3 su longitud total.

**Peso** : a cada ejemplar se le registr3 el peso total, eviscerado y peso de g3nadas.

**Sexo y madurez sexual** : a cada ejemplar se le determin3 el sexo a trav3s de la observaci3n directa de las g3nadas y la madurez sexual mediante criterios macrosc3picos (tamaño, forma, color, etc.), clasificando la observaci3n de acuerdo a la escala de madurez específica (Simpson y Gil, 1967 *fide* Serra, 1976), validando la informaci3n a trav3s de criterios microsc3picos.

## 2.4 Plan de aseguramiento de la calidad de datos y diseños

El diseño pasa necesariamente por velar por la calidad de la informaci3n, si los datos son deficientes, entonces la informaci3n como proceso de transformaci3n de éstos no tendr3 ning3n 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 informaci3n.



## 2.5 Plan de an3lisis

### 2.5.1 Indicadores reproductivos

#### 2.5.1.1 Indicador macrosc3pico: 3ndice gonadosom3tico (IGS)

Este indicador expresa los cambios estacionales en el peso de la g3nada 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, de 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)

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



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

$$\hat{V}(\hat{R}_{IGS}) = \frac{1}{n} \frac{1}{\hat{W}} \frac{\left( \sum W_j G_j - \hat{R} \sum W_j \right)^2}{n-1}$$

– Coeficientes 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:

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

Donde:  $Z_{1-\alpha/2}$ : representa el coeficiente asociado al nivel de confianza  $(1-\alpha)\%$  de un modelo de probabilidad normal estandar.



### 2.5.1.2 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. 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), Uriarte (2006) y Alday *et al.*, (2006) (**Tablas 1 y 2**).

#### Indice de actividad de desove (**IAD**):

$$IAD = \frac{mh + m0 + m1}{m} \times 100$$

Donde:

*mh* : hembras hidratadas

*m0* : hembras con FPO d3a 0

*m1* : hembras con FPO d3a 1

*m* : hembras maduras

#### Indice de atresia ov3rica (**IAO**):

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



Donde:

*ma*: n° hembras en estado de atresia ovárica

*m*: hembras maduras

## **2.6 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. Metodología por objetivo**

### **3.1 Objetivo específico 2.1.1 “Determinar la distribución y abundancia de huevos de anchoveta”**

#### **3.1.1 Diseño de muestreo para huevos de anchoveta**

El diseño de muestreo utilizado permitió cubrir un área de aproximadamente 41.448 mn<sup>2</sup> y estuvo configurado por una grilla de 799 estaciones distribuidas en 47 transectas perpendiculares a la costa equidistantes entre si cada 10 mn, realizándose en cada una de ellas, 17 estaciones zooplanctónicas a 1; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55, 60, 65, 70, 75 y 80 millas náuticas.

El número de estaciones realizadas en el área de estudio se basó en el análisis de la densidad media de huevos por estación de los cruceros efectuados entre los años 2000 y 2006, excluyendo la información 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 n3mero 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 est1ndar,  $S$  es la desviaci3n est1ndar 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 n3mero 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 n3mero de estaciones positivas ( $n^+ = n_0$ ) es posible establecer el n3mero total de estaciones.

Utilizando el valor estimado de la densidad media y la desviaci3n est3ndar para las estaciones positivas de los cruceros, se pudo establecer que para un valor  $\alpha$  del 5% y un nivel de error de estimaci3n del 24%, se requieren 263 estaciones positivas. As3, conociendo la relaci3n entre el n3mero 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 3reas donde hist3ricamente 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 distribuci3n se extend3a m3s all3 de esta distancia.

Para la decisi3n del dise1o de muestreo de huevos, se consideraron los siguientes aspectos:

- Tiempo de muestreo = 15 minutos por estaci3n
- Velocidad de navegaci3n = 7 nudos
- 3rea total = 41.448 mn<sup>2</sup>

De esta forma se realiz3 un total de 799 estaciones bio-oceanogr3ficas (**Fig.1**). Cabe destacar, que este tama1o de muestra est3 dentro del rango recomendado por Lo (1997), quien basada en el an3lisis emp3rico de la relaci3n entre el coeficiente de variaci3n del estimado de producci3n diaria de huevos y el n3mero de estaciones, recomienda un m3nimo de 600 estaciones.



### 3.1.2 Recolección de las muestras

La recolección de las muestras de plancton se efectuó a bordo de los PAM “Camiña” y “Don Gino”, 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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>, es decir, el área de su boca.



Durante la ejecuci3n de cada lance de pesca se registr3 en planillas especialmente dise~adas, los siguientes datos b3sicos: n~mero de estaci3n, fecha, hora, posici3n, tipo de pesca, tipo de red, duraci3n del lance (tiempo de arriado y virado), cantidad de cable arriado y lectura del clin3metro.

### **3.1.3 Tratamiento de las muestras a bordo**

Las muestras obtenidas en cada una de las estaciones fueron preservadas con una soluci3n de formalina en agua de mar al 5% tamponada con tetraborato de sodio, y se almacenaron en frascos pl3sticos de 250 cc de alta densidad debidamente rotulados. El proceso de fijaci3n se realiz3 tan pronto como 3stas fueron extra3das 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 Separaci3n e identificaci3n de huevos de anchoveta**

El procesamiento de las muestras en el laboratorio en tierra, contempl3 las siguientes etapas:

- Separaci3n y extracci3n de la totalidad de los estadios tempranos de peces de cada una de las muestras.
- Identificaci3n taxon3mica de huevos de anchoveta.
- Cuantificaci3n de huevos de anchoveta.
- Enumeraci3n y agrupaci3n del resto del ictioplancton, bajo la denominaci3n de "otras especies".



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

### 3.1.4.2 An3lisis de la informaci3n planct3nica

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

Se incorpor3 adem3s, la estimaci3n de la densidad de huevos mediante la distribuci3n Log-normal de acuerdo a (Pennigton, 1986):

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

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

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

Para efectos de establecer una comparaci3n interanual se utiliz3 la serie hist3rica estandarizada de huevos de anchoveta para el perío do 1992/2007, obtenida para la zona norte de Chile en aplicaciones precedentes del MPH.



### **3.2 Objetivo espec3fico 2.1.2 “Registrar las condiciones oceanogr3ficas asociadas al crucero de prospecci3n de huevos de anchoveta”**

#### **3.2.1 Recolecci3n de las muestras y registro de datos oceanogr3ficos**

En la zona de estudio se realiz3 un total de 47 transectas perpendiculares a la costa separadas cada 10 mn. En cada transecta se realizaron 17 estaciones oceanogr3ficas separadas cada 5 mn, las que abarcaron hacia el oeste hasta las 80 mn (**Fig. 1a**). El total de estaciones fue de 799. En las estaciones del crucero se obtuvo registros continuos de temperatura (°C) y salinidad (psu) con profundidad (dbar) hasta un m3ximo de 100 m, mediante el uso de un CTD marca SEA BIRD modelo 19 equipado con bomba. Las estaciones exitosas con CTD fueron 751 en total.

En las estaciones ubicadas a 1, 5, 10, 20, 40, 60 y 80 mn en las transectas de Arica (18°25'S) (T01), punta Madrid (19°0'S) (T05), punta Jun3n (19°40'S) (T09), punta Gruesa (20°20'S) (T13), punta Lobos (21°00'S) (T17), punta Arenas (21°40'S) (T21), punta Copaca (22°20'S) (T25), Mejillones (23°0'S) (T29), Bah3a Moreno (23°40'S) (T33), punta Tres Picos (24°20'S) (T37), rada Paposos (25°00'S) (T41) y punta Ballenita (25°50'S) (T46), se realizaron estaciones oceanogr3ficas con CTD hasta una profundidad m3xima de 500 m, an3lisis de clorofila y muestreo de ox3geno disuelto (OD) en la vertical. De estas estaciones se realizaron un total de 81 y se les denominar3 en adelante estaciones oceanogr3ficas profundas (**Fig. 1b**).

Para la toma de muestras de agua conducentes a los an3lisis de clorofila-a y ox3geno disuelto se utilizaron botellas Niskin de 1,7 L de capacidad, algunas de ellas equipadas con term3metros de inversi3n. El muestreo se realiz3 en las estaciones oceanogr3ficas profundas en los niveles est3ndar de 0, 5, 10, 20, 30,



50, 75 y 100 m como m3ximo. Con las muestras de agua recolectadas, se realizaron a bordo los an3lisis conducentes a la obtenci3n de la concentraci3n de ox3geno disuelto (**OD**), mediante el m3todo Winkler modificado por Carpenter (1965), mientras que, los an3lisis de la concentraci3n de clorofila-**a** se realizaron en los laboratorios de IFOP seg3n la metodolog3a descrita en **3.2.2**.

Datos de temperatura discretos y muestras para an3lisis de salinidad se obtuvieron en las estaciones profundas, en la capa de mezcla y preferentemente en los niveles de profundidad mayores. Los an3lisis de salinidad se efectuaron en tierra con un salin3metro digital marca TSK modelo DIGIAUTO.

Durante la realizaci3n de las estaciones bio-oceanogr3ficas se registr3 informaci3n meteorol3gica de car3cter b3sico: temperatura del aire (bulbo seco y h3medo), presi3n atmosf3rica, intensidad y direcci3n del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y direcci3n de las olas. En el registro se utilizaron las normas, tablas y c3digos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991). Durante la navegaci3n se recopil3 tambi3n informaci3n 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 Medici3n de clorofila-a**

En las estaciones oceanogr3ficas completas se colectaron 610 muestras para los an3lisis de clorofila-**a**. Se filtr3 *in situ* un volumen estandarizado de 50 mL con un sistema de filtrado m3ltiple Millipore, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF-75, 0,7  $\mu\text{m}$ , 25 cm de di3metro). Por capacidad del contenedor parte de las muestras se congelaron con nitr3geno l3quido y parte se almacen3 a  $-20^{\circ}\text{C}$  en



ambiente anhidro, utilizando como desecante  $\text{CaCl}_2$  para su posterior an3lisis en laboratorio en tierra.

La extracci3n de la muestra para el an3lisis de clorofila-a, se realiz3 en forma pasiva, con una soluci3n acuosa de acetona al 90 % v/v, por un per3odo de 24 horas y a  $-20^\circ \text{C}$ . La lectura del sobrenadante se efectu3 en ambiente de baja luminosidad con la t3cnica fluorim3trica con y sin acidificaci3n descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando para tales efectos un fluor3metro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un est3ndar puro de clorofila-a marca Sigma Chemicals.

### 3.2.3 Procesamiento de la informaci3n oceanogr3fica

La informaci3n del CTD se proces3 de acuerdo a procedimientos est3ndar recomendados por el fabricante (Seabird, 2004). Con los datos ya procesados se confeccionaron las cartas de distribuci3n superficial y vertical de las variables temperatura (**TSM**), salinidad (**SSM**) fluorescencia y ox3geno disuelto (**OD**). Con los datos verticales se obtuvo informaci3n de la capa de mezcla (espesor), termoclina (espesor, profundidad de la base, temperatura base, gradiente de temperatura promedio y m3ximo, profundidad del m3ximo gradiente), anomal3a geopotencial de superficie referida a 500 m, temperatura y salinidad en el nivel de 50 m y su diferencia con los valores superficiales, realiz3ndose las respectivas cartas y su posterior an3lisis. As3 tambi3n la profundidad de la isoterma de  $15^\circ \text{C}$

Con respecto a la metodolog3a de c3lculo de estas estructuras verticales: capa de mezcla, termoclina y profundidad de la m3nima de ox3geno, el criterio utilizado fue el siguiente:



- Capa de mezcla: Se considera como espesor de la capa de mezcla, la profundidad de la capa de agua superficial que presente una diferencia menor a 0,1 °C, 0,1 psu y 0,1 Kg/m<sup>3</sup> con los datos correspondientes observados en el primer metro de la columna de agua. Los datos de observaci3n de esta variable fueron los datos de CTD.
  
- - Termoclina: Se define como termoclina la capa de agua que presenta una variaci3n de temperatura mayor o igual a 0,1°C/m. Los c3lculos de gradiente para la definici3n de termoclina y el valor de gradiente m3ximo se obtuvo por diferencia de temperatura entre dos niveles consecutivos (cada un metro). El valor de gradiente promedio se obtuvo de los gradientes metro a metro que se registraron en la termoclina.
  
- L3mite de la capa de m3nimo ox3geno disuelto: Corresponde a la profundidad de ubicaci3n de la concentraci3n de 1 mL/L de ox3geno disuelto. Dado que los datos obtenidos en terreno son discretos, la ubicaci3n en la columna de agua de los l3mites superior e inferior de esta capa, se obtuvo por interpolaci3n lineal.

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



(T en °C, S en psu,  $\rho$  en kg/m<sup>3</sup>)

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

Donde:

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

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

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

$\rho_0$  = es la densidad del agua

$$\rho_0 = 999.842594 + 6.793952 \times 10^{-2}t - 9.095290 \times 10^{-3}t^2 + 1.001685 \times 10^{-4}t^3 - 1.120083 \times 10^{-6}t^4 + 6.536336 \times 10^{-9}t^5$$

Para referirse a la densidad se utiliz3 la expresi3n  $\sigma_t$  (sigma-t). Un valor sigma-t expresa para 1 cm<sup>3</sup>, el n3mero de miligramos que sobrepasa la unidad.

Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo recomendaciones de UNESCO (1981c); por conveniencia se anotan omitiendo el factor 10<sup>-3</sup>.

Para el nivel superficial, se presentan valores de anomalía estacional de temperatura, salinidad, y 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), siendo actualizados por IFOP de acuerdo a la metodología indicada por Blanco *et al.*, (2001).



Se obtuvo para los cruceros aquellos valores de anomalía vertical de temperatura y salinidad a lo largo de la transecta de bahía Moreno (23°40'S), Punta Lobos (21° 00'S) y Arica (18° 25'S), con los que se realizaron gráficos de distribución de anomalía correspondientes al mes de septiembre de 2007. Los valores promedio del mes de septiembre 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), resumiéndose en el **cuadro 1** la información utilizada.

**Cuadro 1.** Generalización de la información utilizada para el cálculo de los promedios históricos estacionales de temperatura y salinidad vertical para las transectas de Arica (T1), punta Lobos (T17) y bahía Moreno (T33). Crucero MPH - Invierno 2007.

<b>datos / transectas</b>	<b>T 1 Arica</b>	<b>T 17 p. Lobos</b>	<b>T 33 b.Moreno</b>
<b>cruceros</b>	21	21	16
<b>estaciones</b>	355	351	321
<b>datos temperatura reales</b>	1951	2144	2171
<b>datos temperatura interpolados</b>	550	424	531
<b>datos salinidad reales</b>	1954	2144	2173
<b>datos salinidad interpolados</b>	553	431	532

Con los datos de viento obtenidos durante la ejecución de las estaciones del crucero, se elaboró una carta de intensidad y dirección, la cual se utilizó principalmente en la interpretación de los datos oceanográficos superficiales.

Con la información de viento registrado en las estaciones oceanográficas se calculó el índice de surgencia (**IS**) instantáneo (Bakun 1973, 1975 y 1987) y el **IS** promedio. Este último valor corresponde al promedio de los **IS** instantáneo 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):

- $\omega$  : 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 ( $1,25 \text{ Kg/m}^3$ )
- $C_d$  : 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, 1982). Con la informaci3n de los datos individuales de **IT** se obtuvo un valor de **IT** promedio costero 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, 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  $\pm 1$  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 de Arica a rada Paposo (25°S), por lo tanto las anomal3as respectivas son obtenidas para el 3rea se3alada. Las condiciones subsuperficiales son discutidas tambi3n respecto de las condiciones superficiales, los posibles procesos que se desarrollaron en la zona y su comparaci3n con cruceros precedentes efectuados en el mismo per3odo.



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  $\mu\text{g/L}$ .

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.**

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

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

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



### **3.2.4 Recopilaci3n de informaci3n Satelital del periodo del crucero**

Se obtuvo informaci3n satelital de velocidad del viento superficial correspondiente a los promedios semanales entre el 13 de agosto y el 10 de septiembre de 2007. Esta informaci3n proviene de la base de datos del programa CERSAT perteneciente al IFREMER (<http://www.ifremer.fr>).

La informaci3n 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>). Se bajaron im3genes promedios semanales, 4 de Chloa y 8 de TSM, que abarcan desde el 13 de agosto al 13 de septiembre. La TSM son el doble ya que abarcan las im3genes ascendentes y descendentes (d3a y noche).

Paralelamente, se obtuvieron 34 im3genes diarias de anomal3as de nivel del mar nivel del mar y velocidades geotr3ficas desde el programa AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), de las cuales se presentaron 4, las que son representativas de la situaci3n del crucero (18 y 28 de agostos, 5 y 14 de septiembre).

#### **3.2.4.1 Procesamiento de la informaci3n satelital del periodo del crucero**

Los promedios semanales de viento, en formato NETCDF, fueron le3dos 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 lee los archivos y se extrae con formato de numero digital los valores de magnitud del viento (mag), como tambi3n 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. Despu3s de esto, se eliminan valores fuera de rango ( $mag > 1000$ ), para posteriormente combinar en una grafica la mag y la componentes del viento (u y v).

Las im3genes semanales de **TSM**, las cuales vienen en formato HDF se leyeron, se analizaron y desde un 3rea global se cortaron al 3rea del crucero con el programa MATLAB. Para cada semana se obtuvo el n3mero digital de la variable (ND), el cual fue transformado al valor de la variable, tanto para el d3a y la noche.

$$TSM = ND * 0,00071718 - 2$$

Las im3genes de d3a y noche se promediaron y se obtuvo la imagen semanal de **TSM**, presentada en un grafico de color con contornos de temperaturas.

Las Im3genes de **Chloa**, al igual que las de **TSM**, fueron le3das 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 im3genes en escala de colores logar3tmica.

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

Las im3genes diarias de anomal3a de nivel del mar y velocidad geostr3ficas, fueron le3das, cortadas y escaladas en el programa MATLAB, el cual permiti3 presentar en forma grafica y conjunta la magnitud de la anomal3a del nivel del mar y la velocidad geostr3fica mediante graficas diarias.



### **3.2.5 Series Costeras de viento y nivel del mar de Iquique y Antofagasta (Período 2005-2007).**

Se obtuvo desde la Direcci3n Meteorol3gica de Chile (**DMC**), la direcci3n e intensidad del viento cada 3 horas registrada en los aeropuertos de Cerro Moreno (23°26'S - 70°26'O) de Antofagasta y Diego Aracena (20°32'S - 70°11'O) de la ciudad de Iquique. Estos registros abarcan desde el 1 de enero de 2005 a 31 de octubre de 2007 en Iquique y hasta el 30 de septiembre en Antofagasta. Paralelamente, se extrajo una serie de vientos costeros de datos Quikscat cercanos a la zona de Iquique y Antofagasta, para esto se utilizaron 1033 imágenes diarias a las cuales se les extrajo un píxel cercano a la costa.

Paralelamente se gestion3 la adquisici3n de datos costeros de nivel del mar (**NM**) de las estaciones costeras de los puertos de Iquique y Antofagasta. Hasta la fecha no est3n disponibles los datos costeros, validados y corregidos que prepara el Centro Nacional de Datos Hidrogr3ficos y Oceanogr3ficos de Chile (**CENDHOC**), dependiente del Servicio Hidrogr3fico y Oceanogr3fico de la Armada (**SHOA**). Por lo tanto, se utiliz3 como informaci3n alterna una serie de tiempo de datos diarios de anomalía de nivel del mar de imágenes satelitales de altimetría frente a Iquique y Antofagasta, fuera de la plataforma continental. Se obtuvieron 646 imágenes diarias de anomalía de nivel del mar provenientes del programa AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), a las cuales se extrajo un píxel cercano a la costa.



### 3.2.5.1 Procesamiento de Series Costeras de Iquique y Antofagasta (Peri3do 2005-2007).

Los vientos cada 3 horas de los aeropuertos de Arica e Iquique, fueron leídos y promediados diariamente. Posteriormente se calcularon las componentes  $u$  y  $v$ , las cuales fueron comparadas con los datos diarios de viento satelital mediante un ajuste por m3nimos cuadrados. Los datos satelitales corresponden a los puntos oce3nicos,  $20^{\circ}12,6'S - 70^{\circ}15,94'O$  para Iquique y  $23^{\circ}39'S - 70^{\circ}28'O$  para Antofagasta.

A continuaci3n, utilizando los datos diarios de los aeropuertos, se calcul3 el transporte de Ekman perpendicular a la costa por cada mil metros de costa (Bakun 1973, 1975 y 1987). Adem3s, estos datos fueron filtrados con un filtro hanning de 17 pesos, filtro triangular que permite eliminar las fluctuaciones de alta frecuencia, dejando la tendencia de la serie de los datos (Bravo, 1993). Los resultados son presentados como gr3ficos de barras.

Las im3genes de anomalía de nivel del mar (**ANM**), permitieron extraer un píxel cercano a la costa desde las 646 im3genes globales, los puntos escogidos est3n fuera de la plataforma de tal manera que ésta no interfiera con el dato. Para Iquique fue el  $20^{\circ}12,6'S - 70^{\circ}15,94'O$  y para Antofagasta el  $23^{\circ}39'S - 70^{\circ}28'O$ . Este tipo de extracci3n permiti3 obtener una serie de tiempo, la cual fue filtrada por un filtro coseno Lanczos de 91 pesos (Bravo, 1993, Bello y Maturana, 2004), lo que permite eliminar las fluctuaciones de alta frecuencia en las series y analizar el contexto temporal y los procesos de baja frecuencia que pueden haber sucedido durante la realizaci3n del crucero.



### **3.3 Objetivo espec3fico 2.1.3 “Estimar la proporci3n sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas”**

#### **3.3.1 Muestreo de anchoveta en el mar – crucero adultos**

El m3todo de estimaci3n de biomasa desovante requiere que simult3neamente con el desarrollo del crucero m3dulo huevos, se realicen cruceros de pesca, que permitan determinar los par3metros relacionados con la din3mica reproductiva de los peces adultos. En este esquema, la recolecci3n de anchoveta adulta se realiz3 con la participaci3n de 4 embarcaciones cerqueras. Las naves autorizadas para tales efectos fueron los PAM: “Trueno I”, “Corpesca I” y “Angamos IV” de la Empresa Pesquera CORPESCA y “Costa Grande I” de Empresa Pesquera Camanchaca S.A., seg3n Resoluci3n de Pesca de Investigaci3n de la Subsecretar3a de Pesca N3 2418 del 10 de agosto de 2007. Adem3s, particip3 en la recolecci3n de anchoveta adulta, al interior del ARPA, la embarcaci3n artesanal “Don Fructuoso”, cubriendo toda la zona correspondiente a la primera regi3n. Una segunda embarcaci3n artesanal “Don Rufino” particip3 en un principio en la pesca de investigaci3n, para cubrir la zona correspondiente a la segunda regi3n, pero esta nave desisti3 de participar, debido a problemas de comercializaci3n de las capturas.

Cada una de estas naves, estuvo equipada b3sicamente con sonar, radar, ecosonda, navegador por sat3lite, radiogoni3metro, radios HF y VHF y de una red de cerco anchovetera. Estas naves operaron simult3neamente con el crucero de recolecci3n de huevos.

La red utilizada estaba construida de pa3os con nudos y sin nudos, en los distintos sectores de la red (copos, antecopos, refuerzos y cuerpos finos) y acondicionada para operar con un sistema de pesca petrel, cuyas dimensiones en t3rminos generales, son de 650 \* 70 brazas, con un embande de un 32%.



### 3.3.2 Determinaci3n del tama1o de muestra

En los card6menes de clupeideos, como la anchoveta, la distribuci3n de los peces es generalmente homog6nea, respecto al tama1o y a la condici3n de las g3nadas, por lo cual la estimaci3n de la fracci3n de hembras en desove se relaciona con el tipo de muestreo aplicado, situaci3n que es evidente durante la 6poca de mayor actividad de desove. De acuerdo al conocimiento del proceso reproductivo de 6sta especie, en per6odos sin perturbaci3n ambiental, los card6menes desovantes, caracterizados por el predominio de machos, se separan de aquellos que est1n en otra condici3n reproductiva. Este comportamiento ha sido observado por otros investigadores (Blaxter y Hunter, 1982; Oliva *et al.*, 1989; Mart6nez *et al.*, 1992, 1993, 1994; Claramunt *et al.*, 1996, 1997).

El dise1o de muestreo orientado a estudiar los par1metros de adultos correspondi3 al de conglomerado bi-et1pico, donde las unidades de primera etapa corresponden a los "lances" de pesca y las unidades de segunda etapa a los "peces capturados" en cada lance.

El dise1o de muestreo empleado en las once aplicaciones del MPH en el 1rea de estudio ha permitido concluir que con 40 lances efectivos se puede estimar en forma 3ptima los par1metros de adultos. Al respecto, cabe se1alar que en estudios precedentes del MPH en Chile se han realizado 50 lances (Rojas y Oliva, 1993), 40 lances (Claramunt *et al.*, 1996), 32 lances (Claramunt *et al.*, 1997), 60 lances (Oliva *et al.*, 1998), 51 lances (Oliva *et al.*, 2000), 60 lances en los a1os 2001 y 2002 (Oliva *et al.*, 2002) e igual n6mero de ellos en el a1o 2003 y 2004 (Braun *et al.*, 2005). En t6rminos de n6mero de peces procesados y en un sentido estad6stico es m1s eficiente realizar un gran n6mero de lances y medir o examinar pocos peces



en cada uno de ellos, que medir una gran cantidad de peces en un reducido n3mero de lances.

Las muestras se recolectaron desde la cubierta de la embarcaci3n con baldes, obteniendo anchovetas vivas sin golpes y con la m3nima p3rdida de escamas.

A bordo y en cada uno de los lances efectuados, se muestrearon como m3nimo 100 ejemplares, registr3ndose su longitud total y estadio de madurez sexual macrosc3pico. Con esta informaci3n se logr3 obtener a tiempo real, la composici3n de tama3os por sexo de los ejemplares de anchoveta y la proporci3n sexual en peso.

De acuerdo a esto, se pudo tener una apreciaci3n visual en terreno, de la condici3n 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 I y II Regiones, y fundament3 el inicio del crucero, se3alando un pleno proceso de desove entre julio y septiembre de 2007.

El muestreo consisti3 en abrir los ejemplares desde el ano hasta las aletas pectorales, seleccionando aquellos especimenes vivos, los cuales fueron inmediatamente fijados en formalina al 10% buferada (introducidos completamente en el fijador), la que se prepar3 seg3n 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 soluci3n de formaldehído (37%)

Para asegurar el efecto del agente de fijaci3n y preservaci3n de los ejemplares, se fij3 un reducido númer0 de ejemplares por recipiente, es decir, 15 ejemplares por recipiente, donde cada recipiente posee una capacidad de 3,0 litros.

La fijaci3n es una etapa esencial de la t3cnica histol3gica, siendo de gran importancia la rapidez. Se debe tener presente, la velocidad de penetraci3n del fijador en los diversos tejidos para conseguir y asegurar una mágxima fijaci3n, con el fin de conservar lo mág parecido posible al estado vivo y protegerlo del ataque bacteriano. Evitar la aut3lisis de los constituyentes fundamentales debido a sus propias enzimas celulares; ya que ésta, llegaría a provocar la transformaci3n de las proteínas en aminoácidos e insolubilizar los constituyentes celulares. Tambi3n para evitar las distorsiones y retracciones que sobrepasen los límites compatibles con la obtenci3n de cortes.

El formaldehído penetra rágpidamente por lo que se pueden fijar piezas de un tamaño considerable por inmersi3n, con lo cual se evita una minuciosa disecci3n del material a fijar (a bordo). No provoca fenómenos de superfijaci3n 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 soluci3n, reduciendo de esta manera el grado de basófilia. Los defectos del fijador pueden ser corregidos fágilmente mediante una postfijaci3n.



### 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:

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

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

Donde:

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

$\bar{R}$  : 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  $i$ .

$n$  : N3mero 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 determinaci3n del peso promedio del cuerpo. Se calcul3 el peso promedio para cada lance ( $\bar{W}_i$ ) y la varianza de acuerdo a:

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

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

Donde:

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

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

$\bar{W}$  : Peso promedio del cuerpo de hembras maduras en todos los lances.

$m_i$  : N3mero de peces submuestreados desde cada lance  $i$ .

$n$  : N3mero de lances.

El peso total del cuerpo de las hembras, fue ajustado en aquellas que histol3gicamente, presentaron ovocitos hidratados u ovocitos con el n3cleo emigrando hacia el polo, a trav3s de la relaci3n matem3tica que resulta entre el peso total del cuerpo y el peso del cuerpo sin g3nada.



### 3.3.5 Correcci3n debido al fijador

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

### 3.4 Objetivo específico 2.1.4 “Estimar la la producci3n diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos”.

El an3lisis de las muestras de plancton consistió en la identificaci3n y separaci3n de la totalidad de los huevos 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 1**). Los huevos que no pueden ser asignados a ninguno de



dichos estadios debido a opacidad o daño 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 metodología permite corregir eventuales errores de análisis (Stauffer y Picquelle, 1985), al contrario de aquella que analiza un número constante de huevos por muestra.

Para la asignaci3n de edad y de acuerdo a los resultados del proyecto FIP 2006-38 “Mejoramiento del Método de Producci3n Diaria de Huevos aplicado en pelágicos pequeños” (Claramunt *et al.* 2007), en esta oportunidad se aplicaron dos metodologías: 1) El método tradicional de Lo (1985) y 2) Modelo Multinomial (Ibaibarriaga *et al.*, 2005, Bernal *et al.* 2005b).

#### **A) Método Tradicional:**

Se basa en la metodología descrita por Lo (1985), es decir, a través de la estimaci3n de la edad para cada estadio en funci3n 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 informaci3n de la frecuencia horaria de estadios de desarrollo temprano (Estadio I). La edad de los huevos (en fracci3n de día) se calcul3 haciendo uso del modelo edad-temperatura (Lo, 1985) y ajustando la edad por la porci3n del día desde las 23:00 h previas hasta el momento de la recolecci3n para el día más cercano, según el procedimiento “automatizado” descrito por Lo (1985), según la funci3n:



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

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 correcci3n seg3n la hora de recolecci3n son:

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

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

Los huevos de categor3a DET (desintegrados) se asignar3n a un estadio de desarrollo seg3n los siguientes criterios:

1. Huevos que pueden ser identificados dentro de un rango de estadios, ser3n asignados en forma ponderada, de acuerdo a la proporci3n por estadio ya determinada para la muestra.
2. Las estaciones en que s3lo se encuentren huevos DES, se asignar3n aleatoriamente siguiendo una distribuci3n uniforme dentro del rango de estadios posibles.



## **B) Modelo Multinomial:**

El m3todo 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, s3lo 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), desarroll3 un procedimiento innovativo y estad3sticamente fundamentado de asignaci3n de edad, y fue desarrollado e integrado dentro de las rutinas GAM del MPDH. El procedimiento utiliza la misma informaci3n que el m3todo tradicional, i.e.

- Informaci3n del crucero: abundancia de huevos por estadios de desarrollo, hora de colecta, y condiciones ambientales que afectan la tasa de desarrollo durante la embriog3nesis (usualmente la temperatura).
- Informaci3n de experimentos de incubaci3n: el desarrollo de los estadios morfol3gicos de los huevos durante la embriog3nesis en funci3n del tiempo y la temperatura.
- Informaci3n sobre la din3mica reproductiva de la especie: distribuci3n de la actividad del desove en un ciclo diario.

La embriog3nesis discretizada en estadios de desarrollo de los huevos es funci3n de la temperatura (e.g. Pepin, 1991), y en menor grado por otros par3metros ambientales. Usualmente, la informaci3n sobre la tasa de desarrollo de los huevos en funci3n del estadio de desarrollo y de la temperatura se obtiene a partir de experimentos de incubaci3n. En el nuevo procedimiento metodol3gico de asignaci3n de edad 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 incubaci3n 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 informaci3n sobre la distribuci3n de la actividad de desove durante el ciclo diario afectará el proceso de asignaci3n 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 observaci3n (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 eclosi3n 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 duraci3n del desarrollo del huevo dura más de un día, entonces una edad promedio aproximada y observada en el experimento de incubaci3n 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 funci3n 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 distribuci3n de edades dada la informaci3n 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 distribuci3n posterior  $\hat{p}(a | s, T, \tau)$ , o clasificar los huevos en cohortes diarias directamente utilizando la distribuci3n posterior. El nuevo procedimiento de asignaci3n de edad presenta varias ventajas respecto del m3todo tradicional, tanto en relaci3n a c3mo se modela la informaci3n que proviene de los experimentos de incubaci3n y en relaci3n a c3mo se asigna la edad en el m3todo tradicional. En relaci3n con el modelo de incubaci3n:

El nuevo modelo es claramente descrito y justificado estadisticamente, lo cual marca una diferencia con el procedimiento autom3tico desarrollado por Lo (1985), i.e.

- aunque f3cil de implementar, asigna aleatoriedad a las variables equivocadas (edad, la cual es realmente fija y decidida por el investigador)
- est3 compuesta de dos modelos diferentes, uno de edad media y otro de duraci3n de estadios. La estimaci3n de la edad media no es bien documentada en las diferentes implementaciones (Miranda *et al.*, 1990; Motos, 1994), y algunas veces es equivocadamente descrito o implementado. Los modelos asumidos para la duraci3n de estadios tambi3n var3a entre las diferentes implementaciones del m3todo de Lo.
- El nuevo procedimiento tiene propiedades de cualquier m3todo de verosimilitud, incluyendo insesgamiento y eficiencia, y facilita la comparaci3n con otros m3todos de verosimilitud.



- La incertidumbre de los datos provenientes del experimento de incubaci3n se incorpora a trav3s del modelo multinomial.

En relaci3n con la asignaci3n de la edad, las ventajas del nuevo procedimiento son:

- Permite incluir conocimiento relevante en t3rminos 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 trav3s 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 distribuci3n posterior de la edad contiene la incertidumbre de la informaci3n que proviene del experimento de incubaci3n como de la asumida distribuci3n para la sincronía del desove, y estos pueden ser incluidos en cualquier estimaci3n subsiguiente que incluya edad (e.g. la tasa de mortalidad diaria). Tambi3n, la distribuci3n posterior puede utilizarse para agrupar los huevos en cohortes diarias (como en el m3todo convencional).

### **3.4.1 Estimaci3n de la producci3n diaria de huevos $P_{(t)}$ y tasa de mortalidad**

El c3lculo de la producci3n diaria de huevos, su varianza y tasa de mortalidad fue estimada por **A)** el m3todo tradicional de Lo (1985) por un ajuste usando GLM y **B)** por un modelo probabilístico. Estos est3n implementados en el programa eggs y eggsplore en plataforma R por Miguel Bernal.

El m3todo 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  
 $\varepsilon_{ijk}$  = 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 % 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 estima el coeficiente de variación, que en el caso de la producción de huevos queda expresado como:

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

### 3.4.2 Estimación de la producción diaria de huevos para 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 ( $P$ ) será estimada desde el (los) valor(es) de  $P_i$  y el área ponderada por estratos, de esta manera:

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



Donde  $P_1$  y  $P_0$  corresponden a la producci3n diaria de huevos por unidad de muestreo para los estratos 1 y 0 respectivamente, donde  $P_0$  es cero por definici3n.  $A_1$  y  $A_0$  corresponden a las 3reas geogr3ficas ( $mn^2$ ) de los estratos 1 y 0, y  $A$  es el 3rea total de desove ( $A_1 + A_0$ ), descontada el 3rea 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 puede estimarse como:

$$S^2_{(P_i)} = \left( I + \frac{I}{n} \right) \left( \frac{A_1}{A} S^2_{(P_1)} + \frac{A_0}{A} S^2_{(P_0)} \right)$$

Donde la varianza de  $P_0$  es cero por definici3n.

### **3.5 Objetivo espec3fico 2.1.5 “Estimar la proporci3n de estadios de madurez sexual microsc3picos y la fracci3n diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada”**

#### **3.5.1 An3lisis microsc3pico de los ovarios**

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



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

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

### 3.5.3 Establecimiento de Criterios de definici3n estadios de Fol3culos postovulatorios (FPO):

Para conseguir una mayor definici3n del proceso de degeneraci3n de los Fol3culos Postovulatorios (FPO) se construy3 una clasificaci3n de estadios de degeneraci3n de estos, de acuerdo a lo planteado por Alday *et al.* (2006), en el Simposio “Din3mica reproductiva de peces pel3gicos peque1os y el m3todo de la producci3n 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 reabsorci3n de los FPO en varios estadios de degeneraci3n. 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 espec3ficos para anchoveta y sardina com3n, tomando en cuenta aspectos como la forma celular y nuclear (ubicaci3n y grado de picnosis), aspecto del citoplasma, relaci3n l3mites de c3lulas vecinas, presencia de vacuolas citoplasm3ticas, l3minas celulares y pliegues, aspecto del conjunto y caracter3sticas 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 (Cubillos *et al.*, 2005), 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 gónadas que presentaron ovocitos con núcleo en migración e hidratados que permiten definir si la hembra desovará al día siguiente o en el mismo día de la captura respectivamente.

Suponiendo que el muestreo de hembras hidratadas o de hembras de edad de día 1 (0 a 24 h) ó de día 2 (24 a 48 h) no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes por el lance  $i$  fue estimada por:

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

Donde:

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

y cada uno de los términos son:

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

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

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

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



$m_i$  = 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 fracci3n de las hembras hidratadas es la misma que la fracci3n de las hembras del d3a 1 3 d3a 2,  $m_{hi}$  se reemplaz3 por:

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

De esta forma, la fracci3n desovante del lance  $i$  es:

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

A partir de esta expresi3n, se obtiene la fracci3n promedio de hembras desovantes total, de la forma:

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

cuya varianza es:

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



Donde:

$\bar{F}$  = Fracci3n promedio de hembras desovantes por d3a 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:

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

n = Tama3o de muestra

### **3.6 Objetivo espec3fico 2.1.6 "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 hidrataci3n 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 histol3gico 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 precisi3n de 0,01 gramo.

El procedimiento t3cnico de conteo se inici3 con la absorci3n de l3quido superficial del ovario con papel filtro, submuestreando la mitad m3s grande del ovario. Se tomaron tres segmentos del tejido, uno del centro y dos de la parte media entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario. Estas tres submuestras fueron de aproximadamente 0,2 g cada una, asegurando una cantidad no inferior a 100 ovocitos hidratados por submuestra.

Las submuestras se pesaron en una balanza analítica, con una precisi3n de 0,0001 gramos. Posteriormente, se colocaron en una c3psula petri cubriéndolas con gotas de glicerina (33%) y se contabilizaron bajo microscopio estereosc3pico.

El n3mero promedio de los ovocitos hidratados de las tres submuestras (metodología descrita por Hunter *et al.*, 1985) fue utilizado para la estimaci3n del n3mero total de ovocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial), de acuerdo a la siguiente expresi3n:

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



Donde:

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

$W_i$  = Peso húmedo del ovario (g).

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

El Método de 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 XV, I y II). Se determinó una regresión entre la fecundidad



parcial (número de ovocitos hidratados) y el peso del cuerpo de hembras sin gónada.

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

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

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

Donde:

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

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

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

Donde:



- $\bar{E}$  = Estimado de la fecundidad media poblacional.
- $\bar{E}_i$  = Promedio de la fecundidad para el lance i.
- $S^2_h$  = 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.
- $\text{Var}(\beta)$  = Varianza de la pendiente de la regresi3n.
- $n$  = N3mero de lances.

### **3.7 Objetivo espec3fico 2.1.7 "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 Piquelle (1980):

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



Donde:

- B = Biomasa desovante en toneladas m3tricas.
- P<sub>o</sub> = Producci3n diaria de huevos en el 3rea investigada (huevos producidos por 0,05 m<sup>2</sup> por d3a).
- W = Peso promedio de las hembras maduras (g) de la poblaci3n.
- R = Proporci3n de sexos (fracci3n de hembras de la poblaci3n en peso).
- F = Fracci3n de hembras maduras que desovan por d3a.
- E = Fecundidad parcial (n3mero promedio de huevos desovados por hembra por desove).
- K = Factor de conversi3n de gramos a toneladas m3tricas.

La varianza de la estimaci3n de la biomasa se calcula por el m3todo delta (Seber, 1973, Stauffer y Picquelle, 1980), como una funci3n de la varianza y covarianza de la estimaci3n de los par3metros:

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



### **3.8 Objetivo espec3fico 2.1.8 "Realizar un an3lisis de la distribuci3n espacial de los huevos asociada a variables oceanogr3ficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores y los resultados del presente proyecto"**

#### **3.8.1 Explorar las relaciones entre la distribuci3n de huevos de anchoveta y las variables oceanogr3ficas**

Para efectuar el an3lisis integrado de las variables medidas, se realiz3 un estudio espacio-temporal de la distribuci3n y abundancia de los huevos de anchoveta y de las variables oceanogr3ficas asociadas. Para ello se validaron los archivos de la base de datos correspondientes a 13 cruceros bio-oceanogr3ficos realizados en el per3odo de invierno entre los a3os 1992-2007. La informaci3n considera los siguientes registros: fecha, latitud y longitud de las lecturas de huevos de anchoveta y su correspondiente valor de densidad; asimismo, se utilizan los datos de temperatura y salinidad provenientes de las estaciones oceanogr3ficas.

##### **3.8.1.1 Procesamiento de la informaci3n**

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



La confecci3n de mapas contempl3 realizar previamente la georreferenciaci3n de la costa, que se obtuvo desde las cartas n3uticas electr3nicas (CNE) del SHOA, mediante la t3cnica de Control de Puntos (Buttler *et al.*, 1990). Luego se confeccionaron los archivos de vectores bases en formato SIG.

Con el objeto de relacionar y superponer los distintos planos de informaci3n, que poseen diferentes coberturas espaciales y distintas escalas y/o resoluciones geogr3ficas, fue necesario transformar los mapas para que se encuentren en una id3ntica escala espacial, de este modo las cartograf3as deben poseer una misma resoluci3n y cobertura geogr3fica. Lo anterior signific3 generar im3genes en rasters que tengan similar cantidad de filas y columnas, a trav3s del m3dulo RESAMPLE del SIG. Por otra parte, con el prop3sito de favorecer el an3lisis visual de las im3genes creadas, 3stas fueron reclasificadas en clases de valores, los cuales se asocian a diferentes colores. Para ello se utilizaron dos m3dulos del SIG: a) m3dulo RASTER HISTO, que permite conocer y analizar la distribuci3n de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas, y b) m3dulo REPLACE, que reclasifica los valores de las celdas de una imagen.

### 3.8.1.2 An3lisis integrado

Con los SIG mencionados y para detectar la posible asociaci3n entre la distribuci3n de los huevos y los par3metros ambientales, se desarrollaron tres enfoques: a) se realiz3 un an3lisis espacial y visual de la informaci3n realizando la cartograf3a de las variables y explorando las correlaciones espaciales cruzadas (crosstabulaciones) y se calcul3 el n3mero de celdas de huevos respecto de la temperatura y salinidad con el prop3sito de generar gr3ficos con la frecuencia (n3mero de celdas) respecto de dichas variables, b) se estiman los centros de gravedad (**CG**) de las distribuciones de



huevos de anchoveta; y c) se realiz3 un modelamiento estadístico de la densidad de huevos asociado a variables ambientales.

**a) Análisis cartográfico entre la distribuci3n de huevos de anchoveta y las variables oceanográficas**

Para establecer las relaciones se realizaron asociaciones cruzadas entre la distribuci3n de los huevos de la especie y las variables oceanográficas, se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribuci3n de los huevos con respecto a la temperatura y la salinidad. Con esto se determinaron rangos óptimos de preferencia en relaci3n a dichas variables.

Para establecer las relaciones entre las variables, en primer lugar se realiz3 un estudio visual (en pantalla) de las imágenes generadas, luego se ejecutaron asociaciones cruzadas entre la distribuci3n de los huevos y las variables oceanográficas; posteriormente, se generaron los gráficos con la frecuencia (número 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 cartografía se procede a calcular los índices estadísticos de los mapas. En el caso de las cartografías de huevos de anchoveta, se calcul3 el centro de gravedad de las cartografías (**CG**).

Para el cálculo del **CG** para cada crucero se utiliz3 la siguiente fórmula:



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

Donde:  $CG_n$  = Centro de gravedad del n-ésimo crucero.  
 $Lat(Long)_{in}$  = Latitud (Longitud) de la i-ésima estaci3n.  
 $Den_{in}$  = Densidad de huevos de la i-ésima estaci3n.

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

El modelamiento de la densidad de huevos de anchoveta se realiz3 mediante dos alternativas: un modelo lineal generalizado, GLM (McCullagh y Nelder, 1989), y un modelo aditivo generalizado, GAM (Hastie y Tibshirani, 1990).

El GLM propuesto, corresponde b3sicamente a un modelo en el cual la respuesta (densidad de huevos) corresponde a una variable aleatoria con distribuci3n perteneciente a la familia exponencial.

De esta forma se plantea un modelo de la forma:

$$g(\mu) = \eta_i \tag{1}$$

Donde

$$\eta_i = \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} \tag{2}$$



Se denomina predictor lineal con  $p$  predictores y  $g$  corresponde a la funci3n de enlace, la cual relaciona el predictor lineal con la media de la variable respuesta (en este caso la densidad de huevos). Los predictores corresponden a las variables ambientales y de posici3n (temperatura, salinidad, latitud y longitud).

El m3todo de estimaci3n de los par3metros del modelo corresponde a m3xima verosimilitud. Para resolver los sistemas de ecuaciones se utiliza el M3todo Scoring, el cual consiste, en t3rminos operacionales, en un estimador de m3nimos cuadrados iterativamente ponderados (Krzanowski, 1998).

El GAM por su parte, en su estructura aleatoria es similar al GLM, dado que la variable respuesta sigue perteneciendo a la familia exponencial. La diferencia reside en la componente sistem3tica, es decir en el predictor lineal, el cual tiene la forma:

$$\eta_i = f_1(X_{i1}) + f_2(X_{i2}) + \dots + f_p(X_{ip}) \quad (3)$$

donde  $f$  son funciones no especificadas (“no param3tricas”) las que son estimadas utilizando un algoritmo cuya estructura b3sica corresponde a un “scatterplot smother”. Las funciones estimadas  $f_j(x_j)$  pueden revelar posibles no-linealidades en los efectos de los predictores sobre la variable respuesta.

El suavizamiento spline c3bico es utilizado, de forma tal de buscar una funci3n  $f(x)$  que minimice la expresi3n:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int_a^b (f''(t))^2 dt \quad (4)$$



N3tese que la integral de la segunda derivada de la funci3n mide que tan suave es la funci3n  $f$ .  $\lambda$  es un par3metro de suavizamiento no-negativo, el cual gobierna el “trade-off” entre la bondad del ajuste a los datos y que tan suave es la funci3n  $f$ .

El ajuste del modelo se realiza a trav3s de un procedimiento conocido como retro-ajuste ponderado descrito en detalle en Hastie y Tibshirani, (1990).

La bondad de los ajustes en GLM y GAM se estudia a trav3s del an3lisis de deviance, la cual corresponde a un test de raz3n de verosimilitud entre un modelo saturado ( $n$  par3metros) y un modelo propuesto ( $p$  par3metros). Adem3s, la deviance puede ser usada para comparar modelos anidados y de esta forma realizar inferencia sobre el efecto particular de ciertos predictores en la respuesta estudiada.

**d) An3lisis de correspondencia espacial entre los campos que explican la mayor parte de la variabilidad temporal de las variables ambientales y los huevos de anchoveta.**

Las matrices estad3sticamente interpoladas y grilladas fueron importadas por el programa Matlab y se utiliz3 el m3todo de Funciones Ortogonales Emp3ricas (**FOE**) para calcular los campos espaciales de variaci3n temporal de los huevos de anchoveta y las variables ambientales (**TSM** y densidad) o modos. Una vez calculado los principales modos de variaci3n de las variables se superpusieron en cartas y se analizaron los resultados. El desarrollo de FOEs sigue el siguiente esquema descrito por Bjornsson and Venegas (1997):

Dada una matriz  $F$  de observaciones, donde cada columna es una grilla espacial y cada fila una serie temporal de cada punto.



- Extraer el promedio temporal de cada serie temporal.
- Calcular la matriz de covarianza  $R=F^t F$ .
- Calcular los valores propios y los vectores propios de R, resolviendo  $RC=CA$ .
- Encontrar los mayores valores propios y su correspondiente vector propio, las FEOs.
- Calcular los coeficientes de expansi3n por el calculo de  $a_j= F \times FEOs_j$

A es la matriz diagonal conteniendo los valores propios de R y C es la matriz de vectores columnas los cuales corresponden a los vectores propios de R.

Paralelamente, se analiz3 gráficamente las series de tiempo de **NM** y la abundancia observada durante el crucero FIP 2007-01, para establecer la presencia de **OAC** durante el crucero.



## 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 del desove y de la atresia ov3rica, permiti3 definir la 3poca de pleno desove de la anchoveta en la XV, I y II Regiones.

El an3lisis macrosc3pico mediante el seguimiento del **IGS** en lo transcurrido del a3o 2007 (enero a segunda semana de octubre), a partir de 7.692 hembras analizadas, cifra 29% menor respecto a lo medido en el 2006 en igual fecha, indic3 un descenso en febrero (3,9%), llegando a valores m3nimos en oto3o (marzo: 3,6%; abril: 2,8%). En mayo de 2007, el **IGS** experiment3 un marcado repunte (4,2%). En junio, se visualiza claramente la reactivaci3n de la actividad reproductiva (6%), la cual se intensifica a finales de junio y principios de julio (7%), con desoves importantes en agosto (7,7%). En septiembre y octubre, el **IGS** mantiene valores altos iguales a 7% (**Figs. 2 y 3**).

El c3lculo de los 3ndices microsc3picos se sustent3 en la observaci3n histol3gica de 1.561 hembras, cifra 11% mayor respecto a lo medido en el 2006 en igual fecha, las que fueron muestreadas semanalmente desde la primera semana de julio hasta la segunda semana de octubre, a objeto de intensificar y precisar el monitoreo de la actividad reproductiva de la anchoveta en el per3odo de incremento del **IGS**. El n3mero de hembras analizadas resulto satisfactorio en la medida que el an3lisis microsc3pico entreg3 informaci3n precisa y detallada de los cambios que acontecieron asociado al proceso de maduraci3n del ovario, confirmando la tendencia observada a trav3s del **IGS**.



El an3lisis microsc3pico efectuado a las anchovetas recolectadas en la I y II Regi3n, confirm3 en el mes de julio el desarrollo del proceso reproductivo, caracteriz3ndose por la presencia masiva de ovarios con ovocitos en vitelog3nesis.

El pleno proceso de desove, hecho sustentado por la presencia de ovarios en vitelog3nesis y la mayor incidencia de hembras hidratadas y con fol3culos postovulatorios, se manifest3 desde la primera semana de julio hasta la cuarta semana de septiembre, sin evidenciar atresia ov3rica, observ3ndose durante julio y primera quincena de septiembre, los mayores valores del 3ndice de actividad de desove (**Tabla 3; Figs. 4 y 5**).

El an3lisis de los ovarios en octubre, indic3 que a3n este recurso se encuentra desovando pero con una menor intensidad, visualiz3ndose en la segunda semana de octubre un bajo indicio de atresia ov3rica (3%) (**Tabla 3**).

En el ciclo reproductivo normal de la anchoveta, la mayor atresia ov3rica se observa en oto3o, concordante con el per3odo 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 primera quincena de octubre. En octubre, se visualiza un leve repunte, evidenciando los primeros indicios de disminuci3n de la intensidad de desove, la que se mantiene en valores relativamente estables hasta finales e inicio de cada a3o.

El an3lisis macrosc3pico y microsc3pico de la actividad reproductiva para el a3o 2007, indic3 que el mayor desove de la anchoveta se manifest3 durante julio a septiembre, visualiz3ndose en este per3odo los 3ndices reproductivos m3s altos.



## 2. Objetivo espec3fico 2.1.1 “Determinar la distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta”

Durante la prospecci3n se determin3 la presencia de huevos de *E. ringens* en 113 estaciones de un total de 799 realizadas, con una abundancia de 4.719 huevos/0,05 m<sup>2</sup>. La media de huevos por estaci3n positiva alcanz3 a 42 ejemplares (DS = 175,9), cifra 17,6 menor respecto a la obtenida en invierno de 2006, per3odo donde se detectaron m3s dispersos (DS = 202,2), situaci3n que se3ala una moderada actividad reproductiva en la zona de estudio (**Figs. 6 y 7**).

En relaci3n a la intensidad y extensi3n espacial del desove, las densidades promedio por estaciones positivas y totales, muestran una disminuci3n de ambos 3ndices con respecto al invierno de 2006, reduci3ndose la intensidad del desove en un 17,6% y la cobertura geogr3fica del desove en un 57% (**Tabla 4**).

Los huevos de anchoveta se distribuyeron desde Arica hasta el sur de Tal-Tal y desde la primera milla hasta una distancia m3xima de 80 mn de la costa. La localizaci3n de las estaciones positivas se presenta durante este per3odo similar a la del a3o anterior, sin embargo, se aprecia una notable reducci3n en la cobertura geogr3fica, distingui3ndose la m3s alta frecuencia de estaciones positivas a 1 mn entre Arica y Pisagua y a 25 mn entre punta Pinto y punta Lobos. La 3nica zona donde se encontraron registros pr3cticamente en todas las estaciones m3s costeras fue aquella situada entre el sur de punta Pinto y punta Camarones, a su vez, la 3nica zona con mayor frecuencia y presencia de huevos en las estaciones m3s oce3nicas se registr3 en las transectas del extremo norte de la zona prospectada. Desde punta Lobos hacia el sur, el patr3n de distribuci3n cambia radicalmente, disminuyendo considerablemente su frecuencia, encontr3ndose tan solo 7 registros positivos, cuyas abundancias fluctuaron entre 1 – 22 huevos/0,05 m<sup>2</sup>, present3ndose todos asociados



a la costa, sin extenderse mas all3 de las 45 mn frente a Tocopilla y situ3ndose mas bien aislados unos de otros (**Fig. 7**).

Las estaciones que concentraron el mayor n3mero de huevos fueron las localizadas a 1, 35 y 40 mn frente a punta Baquedano (18°40'S), caleta Chica (19°20'S) y Mejillones del Norte (19°50'S), reuni3ndose en ellas el 37% de los huevos contabilizados (705, 616 y 411 huevos/0,05 m<sup>2</sup>, respectivamente). Entre punta Baquedano y punta Pisagua las densidades m3s altas fluctuaron entre 107 y 177 huevos, concentr3ndose en este sector el 19% de ellos; entre Mejillones del Norte e Iquique, presentando una distribuci3n mucho m3s oce3nica entre 30 y 40 mn, se detectaron dos estaciones con valores importantes (9%), finalmente a 1 mn de punta Chipana se detect3 la 3ltima estaci3n de alto valor (101 huevos/0,05 m<sup>2</sup>). El resto de los registros positivos exhibieron bajas abundancias, las que fluctuaron entre 1 y 94 huevos/0,05 m<sup>2</sup>.

El an3lisis de la abundancia promedio de los huevos por transecta, con respecto a la latitud indica una tendencia de estos a disminuir hacia el extremo sur de la zona de estudio, particularmente se aprecia esto a partir de la latitud 22°00'S, donde las densidades promedio decrecen dr3sticamente (**Fig. 8b**).

Con respecto a la distancia de la costa, los huevos tienden a mantenerse en altas concentraciones en la primera milla de la costa, secundado por las estaciones situadas a 5, 20 25 y 30 mn, reduci3ndose de manera significativa hacia las estaciones mas oce3nicas (**Fig. 8a**).

Durante el invierno de 2007, el n3mero de huevos presentes en la zona de estudio denota una disminuci3n con respecto al per3odo invernal precedente del orden de un 59%, constituy3ndose en el registro m3s bajo de la serie 1992-2007 (**Fig. 9**).



Entre la distribuci3n espacial de los huevos y la del recurso, no hubo ninguna correlaci3n, al encontrarse el mayor porcentaje de los lances efectivos en una zona donde la presencia de huevos fue pr3cticamente nula, correspondiendo esta a la zona oce3nica, la 3nica asociaci3n entre ambas variables fue observada en cuatro sectores, la primera correspondiente a las estaciones costeras de Arica, 35 y 40 mn de punta Pinto, 30 mn de punta Jun3n y 1 mn de caleta Chipana (**Fig. 10**).

En la **figura 11**, se presenta la densidad media de huevos estimada para el per3odo 1992-1997, a trav3s del estimador de la media de una distribuci3n delta y la proporci3n de estaciones positivas (con huevos) y en ella se aprecia que la densidad obtenida en el invierno de 2007 se constituye en el registro m3s bajo de la serie debido probablemente a la presencia de un evento La Niña en la zona de estudio. De la misma manera la proporci3n de estaciones con huevos se constituye en el segundo registro m3s bajo de las aplicaciones del MPH en la zona.

### **3. Objetivo espec3fico 2.1.2 "Registrar las condiciones oceanogr3ficas asociadas al crucero de huevos de anchoveta"**

#### **3.1 Vientos**

Durante el crucero se realizaron 799 mediciones, cada una asociada a una estaci3n oceanogr3fica (**Fig. 12a**), de las cuales el 67% de los datos indic3 una intensidad menor a 5 m/s, mientras que el 32% restante exhibi3 intensidades comprendidas entre 5 y 10,9 m/s. Las mayores intensidades relativas se ubicaron en el sector oce3nico, principalmente entre Arica y caleta Chipana, mientras que m3s al sur, 3stas son similares y bajas. Toda la zona se caracteriz3 por registrar un amplio predominio de viento con componente sur (89% de los registros).



Eventos de viento norte se registraron solamente durante la realizaci3n de la secci3n de punta Ballenita.

El 3ndice de surgencia promedio latitudinal tuvo un rango de 15 a 1010 m<sup>3</sup>/s por 1000 m de costa (en adelante s3lo m<sup>3</sup>/s) (**Fig. 12b**). El m3ximo se3alado se ubic3 en el sector de punta Tres Picos (24° a 25°S) y el m3nimo en el extremo sur de la zona, frente a Chañaral, entre los 26° y 27°S. El 3ndice de turbulencia (**Fig. 12c**) registr3 en el sector oce3nico un rango de 12 a 348 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>, mientras que en el sector costero estos fueron de 6 a 288 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>. La figura indica que en general las turbulencias fueron mayores o similares en el sector oce3nico respecto del costero.

### 3.2 Temperatura

La temperatura superficial del mar (**TSM**) medida durante el crucero (**Fig. 13a**) fluctu3 entre 12,3 y 16,12°C. El m3nimo se3alado se ubic3 en la secci3n del extremo sur de la zona, centrado en las 40 mn de la costa, mientras que el m3ximo lo hizo en la estaci3n de 30 mn frente a punta Camarones (19°30'S). El sector oce3nico present3, en general, valores superiores a 15°C entre Arica e Iquique. Las menores **TSM** oce3nicas se encontraron en el borde sur de la zona, las cuales fluctuaron entre 12° a 13°C. Pr3cticamente no se observaron gradientes importantes de temperatura en la franja costera, siendo el m3s intenso el presente entre Arica y punta Madrid en las primeras 15 mn, con una diferencia t3rmica cercana a 2°C en la distancia se3alada. Una franja costera de agua con temperatura menor a la del 3rea oce3nica se observ3 entre Iquique y Mejillones, con registros menores a 14°C.



La anomalía de la **TSM (Fig. 13b)** abarcó sólo valores negativos los que fluctuaron entre  $-3^{\circ}$  a  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . El máximo de anomalía negativa se midió en la estación de 75 mn en la sección de los  $24^{\circ}30'S$  y el mínimo a 5 mn frente a Antofagasta. Prácticamente toda la zona de estudio registró valores de anomalía negativa mayores a 1, dividiéndose ésta en áreas donde se encuentran valores entre  $-1^{\circ}$  y  $-2^{\circ}\text{C}$  y entre  $-2^{\circ}$  y  $-3^{\circ}\text{C}$ .

### 3.3 Salinidad

La salinidad superficial (**Fig. 13c**) registró un rango de valores entre un mínimo de 34,2 psu, en la estación de 75 mn frente a punta Ballenita ( $25^{\circ}50'S$ ), a un máximo de 34,93 psu a 1 mn frente a la latitud  $18^{\circ}40'S$ . Las mayores salinidades relativas se midieron en general en la franja costera de las primeras 10 a 20 mn. Una extensa área oceánica de la mitad norte de la zona, hasta los  $22^{\circ}\text{S}$ , registró salinidades entre 34,6 a 34,7 psu, disminuyendo luego hacia el sur, alcanzando el mínimo señalado en el borde suroeste de la zona.

La anomalía de salinidad (**Fig. 13d**) registró valores extremos de  $-0,45$  psu, medido en la estación de 80 mn de la sección de los  $24^{\circ}30'S$ , y de  $+0,11$  psu en las estaciones costeras de 1 y 5 mn en la sección de rada Paposo ( $25^{\circ}\text{S}$ ). Como característica general para el período, se puede señalar que se registró un amplio predominio de anomalías negativas en la zona, entre 0,2 a  $> 0,3$  psu (absoluto). En particular, anomalías negativas  $> 0,3$  psu se midieron en el borde más oeste de la zona, excepto entre Tocopilla y Mejillones.



### 3.4 Temperatura y salinidad en el nivel de 50 m y la diferencia con el nivel de superficie.

La temperatura de este nivel (**Fig. 14a**) estuvo en el rango entre los 11,5° y 15,1°C, sin embargo se registr3 una importante 3rea con valores entre 13° y 14°C desde Arica a punta Coloso por el sur, mientras que en la costa y desde Antofagasta al sur los valores de temperatura fluctuaron entre 12° a 13°C. La diferencia t3rmica entre superficie y el nivel de 50 m (**Fig. 14b**) se3al3 dos 3reas, la primera corresponde al sector oce3nico de punta Lobos (21°S) al sur con diferencias menores a 1°, mientras que la segunda es el 3rea norte de Arica a punta Lobos con diferencias de 1° a 2°C, las que tambi3n se extienden por el sector costero hasta el l3mite sur de la zona de estudio.

La salinidad de este nivel (**Fig. 14c**) registr3 un rango entre 34,28 a 34,9 psu. No obstante el amplio rango se3alado, la zona de estudio registr3 valores preferentemente de 34,5 a 34,8 psu, los que se observaron de punta Lobos al sur y en la franja oce3nica central entre Arica y punta Lobos. En salinidad, al rango de diferencias entre ambos niveles (**Fig. 14d**) fue de -0.3 a 0.2 psu. En la zona, las diferencias positivas de esta variable se ubicaron en dos focos, el principal en el 3rea oce3nica entre Arica e Iquique, mientras que el segundo lo hizo entre punta Lobos y punta Copaca. El resto de la zona registr3 diferencias negativas con la superficie, principalmente entre 0 y -0.1 psu, con algunas diferencias mayores en el sector costero entre punta Pinto y punta Arenas (18°40' a 22°40'S).

### 3.5 Profundidad de la isoterma de 15°C

Esta variable se destaca principalmente por registrarse s3lo en el sector de Arica a punta Gruesa (**Fig. 15a**), con un rango de 0 y 53 m. En la franja costera de esta



3rea y tambi3n en el sector oce3nico entre punta Camarones y punta Guesa, la isoterma se ubic3 entre superficie y los 10 m, mientras que en el 3rea oce3nica de Arica a punta Camarones esta isoterma se ubic3 a m3s de 20 m de profundidad. La anomal3a de esta variable (**Fig. 15b**), s3lo para el 3rea se3alada, fue de -42 a 19 m. Entre Arica y punta Madrid 3stas oscilaron con mayor frecuencia entorno a los  $\pm 10$  m respecto de la media hist3rica, sin embargo, desde punta Madrid a punta Guesa las anomal3as fueron entre -10 y -50 m, formando un foco que abarc3 tanto el sector costero como oce3nico.

### 3.6 Ox3geno disuelto superficial

El ox3geno disuelto (**OD**) superficial, present3 un rango entre 2,5 y 7,4 mL/L. En el sector costero entre Arica y Mejillones se observ3 una franja de hasta 20 mn, con valores sub3xicos, < 5 mL/L. Dentro de 3sta, se registraron m3nimos de 2,5 mL/L en punta Copaca y > 3 mL/L en punta Lobos, punta Madrid y Arica. Al sur de Mejillones, el **OD** present3 valores costeros m3s altos, con la presencia de s3lo un foco de bajas concentraciones, 4 mL/L, ubicado en punta Tres Picos. En los dem3s sectores el **OD** vari3 entre 5 y 7 mL/L. El sector fuera de las 20 mn, present3 un rango de valores m3s estrecho, entre 5,3 y 6,3 mL/L (**Fig. 15c**).

### 3.7 Profundidad de la isol3nea de 1 mL/L

La profundidad de la isol3nea de 1 mL/L, que representa el l3mite superior de la capa de m3nimo **OD**, registr3 un rango total comprendido entre 10,5 y > 100 m. En el sector costero entre Arica y Mejillones y desde Antofagasta a punta Ballenita la isol3nea se ubic3 a menos de 40 m de la superficie. Los m3nimos registros, < 20 m, se presentaron en el sector de Arica.



Desde punta Arenas al sur, y en forma paralela a la costa, se presentó un gradiente costa-océano, con profundidades en general entre  $< 40$  y  $> 80$  m, sin embargo el máximo superó los 100 m en Antofagasta y punta Coloso. En el sector norte del área de estudio, se observó una profundización de la isolínea al frente de punta Junín, con un máximo de 80 m a 60 mn. Estas dos áreas están separadas por una cuña de menor profundidad, que se extendió desde la costa hasta las 60 mn de punta Lobos, con niveles inferiores a 40 m (**Fig. 15d**).

### 3.8 Circulación geostrófica superficial

La **figura 16a** señala un predominio de flujo geostrófico hacia el norte entre Arica Caleta Chipana, mientras que desde esa localidad al sur, la circulación es variable, con flujos hacia la costa. Destaca, no obstante, un flujo de mayor intensidad hacia el noroeste en el borde sur oeste de la zona. Entre punta Cobija y Mejillones, la circulación señaló en el sector costero un flujo con tendencia ciclónica de velocidad débil, así también frente a punta Ballenita.

### 3.9 Espesor de la capa de mezcla

La capa de mezcla (**CM**) (**Fig. 16b**) registró un espesor máximo de 72 m en la estación de 70 mn en la sección de los  $26^{\circ}$ S. En general la **CM** tuvo un espesor que no superó los 20 m, condición que se encontró en gran parte de la zona. Focos de mayor espesor se ubicaron en forma aislada y de tamaño reducido, como los presentes frente a punta Cobija ( $22^{\circ}30'S$ ) y punta Ballenita ( $25^{\circ}50'S$ ).



### 3.10 Termoclina

En general se puede indicar que el espesor de la termoclina (**ET**) (**Fig. 16c**) no superó los 5 m en gran parte de la zona de estudio, principalmente desde punta Arenas ( $21^{\circ}40'S$ ) al sur, y no se presentó termoclina en algunos focos oceánicos de punta Tres Picos ( $24^{\circ}20'S$ ) al sur. El máximo de 14 m se ubicó en el sector norte a 20 mn de la costa frente a punta Pinto, formando un pequeño foco de valores mayores a 10 m. El sector de Arica a punta Arenas registró focos que indicaron un **ET** entre 5 y 10 m, los que se encontraron distribuidos y abarcaron una importante área del sector señalado.

La temperatura en la base de la termoclina (**TBT**) (**Fig. 16d**) registró un rango de valores entre  $11,5^{\circ}$  y de  $14,1^{\circ}C$ . La **TBT** muestra un predominio de valores de temperatura de  $13^{\circ}$  a  $14^{\circ}$  entre Arica y Tocopilla, mientras que al sur el predominio fue de  $12$  a  $13^{\circ}C$ . Focos aislados de valores mayores a  $14^{\circ}C$  se encuentran de Iquique al norte, principalmente sobre el límite norte de la zona.

La profundidad de la base de la termoclina (**PBT**) (**Fig. 17a**) registró un amplio rango, siendo éste de 9 a 101 m. En general la **PBT** fue menor en el sector costero, ubicándose preferentemente entre 10 y 20 m. Hacia el sector oceánico aumentó la profundidad, alcanzándose los máximos de **PBT** frente a Tocopilla, Antofagasta y punta Ballenita, siempre hacia el límite oeste de la zona.

El gradiente promedio de la termoclina (**GPT**) muestra valores entre 0,1 a  $0,65^{\circ}C/m$ . No obstante el amplio rango encontrado, se presentaron preferentemente valores entre 0 y  $0,1^{\circ}C/m$  en gran parte de la zona, especialmente desde punta Arenas al sur. Al norte de esta localidad aparecieron



algunos focos de gradiente mayor, 0,2 a 0,3°C/m, ubicados con mayor frecuencia hacia el sector oceánico (**Fig. 17b**).

Los gradientes máximos de la termoclina (**GMT**), señalaron valores máximos comparativamente mayores a los del gradiente promedio, los que estuvieron en el rango de 0,11 a 0,8°C/m. El área estuvo dominada por dos rangos, el primero de 0,2 a 0,3°C/m, con focos de **GMT** > 0,4°C/m desde Arica a Tocopilla, mientras que al sur de Tocopilla predominaron valores de 0,1 a 0,2°C/m, con algunos focos menores de 0,2 a 0,3°C/m (**Fig. 17c**).

La profundidad del gradiente máximo de la termoclina (**PGMT**) (**Fig. 17d**) tuvo un amplio rango de niveles que fue de 5 a 99 m. Esta variable tuvo un gradiente este oeste, ubicándose los mayores en el sector oceánico de los mismos sectores señalados para las profundidades máximas de la termoclina, es decir, frente a Tocopilla, Antofagasta y punta Ballenita. En el sector costero, la **PGMT** se ubicó preferentemente entre 10 y 20 m.

### 3.11 Distribuci3n vertical de temperatura

En la vertical, la distribuci3n de temperatura señala una escasa estratificaci3n superficial en las secciones perpendiculares a la costa (**Figs. 18 y 19**). Los mayores gradientes térmicos en la columna de agua se manifiestan en las secciones de la mitad norte de la zona (Arica a Punta Arenas), ubicándose una débil y delgada termoclina, en general, entre los 40 y 50 m de profundidad, excepto en la secci3n de Arica en que ésta capa se localizó alrededor de los 25 m. La isoterma de 15°C se observó en las secciones de Arica y punta Madrid y en forma parcial en las de punta Junín y punta Gruesa, mientras que hacia el sur no se presentó en ninguna transecta.



Las secciones verticales de la mitad norte de la zona muestran el t3pico ascenso de las isotermas en el sector costero, destac3ndose en este sentido la secci3n de punta Madrid. Las secciones de la mitad sur (punta Copaca a punta Ballenita) no muestran un ascenso de las isotermas en la costa, lo que es consistente con una capa superficial de hasta 100 m con una temperatura muy similar. Variaciones de la profundidad de las isotermas a nivel subsuperficial, bajo los 100 m, se observan en la mayor3a de las secciones, destac3ndose sin embargo, en este sentido, las secciones de Punta Jun3n, rada Paposo y punta Ballenita.

### **3.12 Distribuci3n vertical de salinidad**

La distribuci3n de salinidad en la vertical (**Figs. 20 y 21**) registr3 la presencia de n3cleos de m3xima y m3nima salinidad relativa. El n3cleo de m3xima subsuperficial se localiz3 en todas las secciones centrado en los 150 m de profundidad y present3 un espesor variable y de valor m3nimo que disminuye de norte a sur. En este sentido, el n3cleo de m3xima se puede caracterizar con valores de salinidad mayores a 34,8 psu en la mitad norte y de 34,7 psu en la mitad sur. El m3ximo valor dentro de este n3cleo super3 los 34,9 psu s3lo en la secci3n de Arica. El habitual n3cleo de m3xima superficial que se presenta en este periodo del a3o en la mitad norte de la zona, ubicado generalmente sobre un n3cleo de m3nima subsuperficial, no se observ3 desarrollado en esta oportunidad en ninguna de las secciones. Por lo tanto, en este crucero se observ3 un n3cleo de m3nima superficial localizado de norte a sur de la zona de estudio, el cual disminuye de salinidad de 34,7 psu en la secci3n de Arica a 34,3 psu en la secci3n sur de punta Ballenita. En la mitad norte de la zona se destacan los n3cleos de m3nima salinidad superficial que llegan hasta los 34,5 psu en las secciones punta Jun3n y punta Madrid, ambos centrados en los 75 m de profundidad. Todas las secciones, ha excepci3n de punta Copaca, registran un ascenso de las isohal3nas



en las franja costera, lo que origina que aguas de mayor salinidad se ubiquen en las franja de las primeras millas de la costa.

### **3.13 Anomalías de temperatura y salinidad en la columna de agua frente a las transectas 1 (Arica; 18°25'S), 17 (punta Lobos; 21°00' S) y 33 (Bahía Moreno, 23°40'S).**

Las anomalías de temperatura y salinidad en las tres secciones en análisis se muestran en la **Figura 22**. En temperatura, las secciones registran un claro predominio de anomalías negativas que llegan hasta al menos los 100 m de profundidad, superando en la capa de los primeros 50 m valores por sobre los -2°C de anomalía. Los máximos negativos observados en esta capa son de anomalías térmicas cercanas a -3°C que forman pequeños núcleos. Bajo los 100 m de profundidad las secciones muestran anomalías cercanas a 0°C, excepto en un importante núcleo ubicado bajo los 300 m que llega hasta valores negativos mayores a 1°C en la estación de 20 mn de la sección de Arica, el cual se centra en el nivel de 400 m. La extensión hacia el oeste y este del núcleo señalado no se puede precisar debido a que no hay estaciones cercanas con muestreo profundo.

La salinidad registró en los primeros 50 m superficiales anomalías negativas que llegaron en superficie hasta 0,4 psu en las secciones de Arica y punta Lobos y de 0,3 psu en el sector oeste de la sección de bahía Moreno. Bajo los 100 m de profundidad las anomalías fueron cercanas al valor neutro, sin embargo se destaca en la sección de bahía Moreno un núcleo de valores positivos ubicado bajo el núcleo superficial de anomalías negativas. Este núcleo de valores positivos se extendió a través de toda la sección mencionada con valores de 0,05 a > 0,1 psu centrado en los 100 m en el sector oceánico, registrando un ascenso a superficie hacia el sector costero, llegando hasta el nivel de 0 m en las 5 mn de la costa. Un núcleo subsuperficial de anomalía



de salinidad negativa se present3 asociado al n3cleo de anomal3a t3rmica negativa de la secci3n de Arica, descrito anteriormente. Este n3cleo registr3 anomal3as entre 0,05 y 0,1 psu.

### 3.14 Distribuci3n vertical de ox3geno disuelto

En la distribuci3n vertical de los primeros 100 m de la columna, el ox3geno disuelto (OD) present3 de norte a sur un aumento de espesor de la capa superficial bien oxigenada ( $> 5$  mL/L), a la vez que los gradientes 3xicos que estuvieron bien definidos en todas las transectas, tendieron a debilitarse en el mismo sentido (**Fig. 23**).

En el sector costero superficial, bajos valores de OD ( $< 5$  mL/L) se observaron en gran parte del 3rea de muestreo, esto es desde Arica a punta Hornos m3s punta tres Picos. Las excepciones fueron punta Ballenita ( $> 5$  mL/L), rada Paposo ( $> 6$  mL/L) y bah3a Moreno ( $> 7$  mL/L). En Arica se observaron altos valores en la primera milla  $> 6$  mL/L, los que disminuyeron a  $> 3$  mL/L entre las 5 y 10 mn.

Por otra parte, la isol3nea de 1 mL/L en las estaciones m3s costeras present3 su menor profundidad en Arica ( $> 10$  m) y se mantuvo entre 20 y 35 m entre punta Madrid y punta Tres Picos profundiz3ndose bajo los 40 m en rada Paposo y punta Ballenita. En general, fuera de las 10 mn, los valores  $< 1$  mL/L estuvieron presentes bajo los 40 m.

### 3.15 Clorofila superficial

El rango de clorofila (**cloa**) superficial vari3 entre 0,1 y 9,1  $\mu\text{g/L}$ . En el sector norte, se observ3 dentro de las 10 mn un foco  $> 1$   $\mu\text{g/L}$  entre punta Jun3n y Arica,



presentando esta 3ltima localidad una concentraci3n m3xima, > 9 µg/L. En las 20 mn de punta Arenas y en las 80 mn de punta Lobos, se registr3 un peque1o n3cleo > 1 µg/L.

Desde punta Tres Picos a punta Copaca, se observ3 un gran foco de valores > 1 µg/L, el que se alej3 de la costa, formando una cu1a con direcci3n nor-oeste desde la península de Mejillones hasta las 60 mn frente a punta Copaca. En este foco, las concentraciones de cloa superaron los 5 µg/L a 10 y 20 mn frente a Antofagasta. En la estaci3n costera frente a bahía de Mejillones se registr3 un foco con un m3ximo > 6 µg/L. En rada Paposo, un peque1o n3cleo > 1 µg/L se registr3 en las 5 mn, y en punta Ballenita los valores fueron inferiores a 0,4 µg/L (**Fig. 24a**).

Los feopigmentos (**feop**) presentaron en general concentraciones inferiores a la cloa, los n3cleos de mayor relevancia se registraron en la estaci3n costera de Arica, con un m3ximo de 2 µg/L; punta Junín, punta Lobos y Mejillones con > 0,5 µg/L; un n3cleo entre punta Tres Picos y Mejillones > 0,5 µg/L con un m3ximo en las 20 mn frente a Antofagasta, 1,3 µg/L. En las 40 mn de punta Ballenita los feop, > 0,5 µg/L, superaron el valor de cloa, > 0,1 µg/L (**Fig. 24b**).

### 3.16 Clorofila Integrada

El rango total de clorofila integrada (**cloint**) estuvo entre 8,1 y 188,6 mg/m<sup>2</sup>. En esta distribuci3n se refleja el gran n3cleo superficial entre punta Tres Picos y punta Copaca, con valores de cloint > 100 mg/m<sup>2</sup> en el sector de Antofagasta, en las 60 mn de punta Copaca y en la estaci3n costera de Mejillones. En Arica, el valor costero super3 los 80 mg/m<sup>2</sup>. Los valores m3ximos, > 150 mg/m<sup>2</sup>, se ubicaron en las 5 y 20 mn de Antofagasta (**Fig. 24c**).



Los feopíngmentos integrados (**feopint**) presentaron valores  $> 40 \text{ mg/m}^2$  en las 80 mn frente a punta Lobos y en el núcleo centrado en Antofagasta, con un máximo de  $> 60 \text{ mg/m}^2$  en las 20 mn. En los demás sectores los feop fluctuaron alrededor de los  $20 \text{ mg/m}^2$  (**Fig. 24d**).

### 3.17 Distribución vertical de clorofila

La distribución vertical de clorofila-a (cloa) (**Fig. 25**) presentó en el sector costero núcleos superficiales y subsuperficiales, los que en general no superaron las 10 mn de extensión, con espesores variables que tendieron a aumentar del norte (10 m) a sur (30 m).

En el extremo norte de la zona de estudio se observó un núcleo de altas concentraciones en la transecta de Arica, con un máximo  $> 10 \text{ } \mu\text{g/L}$ . Hacia el sur, desde punta Madrid punta Gruesa la cloa disminuyó presentando concentraciones máximas  $> 1 \text{ } \mu\text{g/L}$ . Más al sur en Punta Arenas, se registró un pequeño núcleo de similar concentración a las anteriores a nivel superficial en las 20 mn. Tanto en punta Lobos como en punta Copaca se midieron concentraciones sólo  $> 0,5 \text{ } \mu\text{g/L}$  en el sector costero. Tanto Punta tres picos y rada Paposo presentaron núcleos con un valor máximo  $> 2 \text{ } \mu\text{g/L}$ , el primero de estos sobrepasó las 20 mn con valores  $> 1 \text{ } \mu\text{g/L}$ .

En punta Hornos y bahía Moreno se registraron núcleos de altas concentraciones, el primero desarrollado dentro de las 5 mn con un máximo  $> 6 \text{ } \mu\text{g/L}$ . El núcleo de bahía Moreno fue el más extenso del muestreo, sobrepasando las 40 mn, posición donde el espesor del núcleo abarcó hasta los 50 m. Dentro de este gran núcleo de valores  $> 1 \text{ } \mu\text{g/L}$ , se observaron dos núcleos de altas concentraciones uno en las 20 mn con un máximo  $> 5 \text{ } \mu\text{g/L}$ , y otro dentro de las 5 mn con un máximo  $> 15 \text{ } \mu\text{g/L}$ .



En el sector oceánico, destacaron núcleos de concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$  con espesores: desde los 30 a 50 m entre las 60 y 80 mn en punta Lobos, en las 60 mn de punta Copaca y en las 40 mn de punta Hornos. En estas dos últimas con máximos  $> 2 \mu\text{g/L}$ .

En el extremo sur, la transecta de punta ballenita fue la que presentó los valores más bajos del muestreo, ya que en toda la transecta las concentraciones máximas fueron  $> 0,5 \mu\text{g/L}$ .

Los feopigmentos (feop) en la mayoría de las transectas presentaron concentraciones máximas  $> 0,5 \mu\text{g/L}$ . Las mayores concentraciones se registraron en las estaciones costeras de Arica ( $> 2 \mu\text{g/L}$ ), a 50 m en las 80 mn frente a punta Lobos ( $> 2 \mu\text{g/L}$ ) y dentro de las 20 mn en bahía Moreno (**Fig. 26**).

### 3.18 Viento Satelital

Considerando todo el periodo de crucero, las imágenes promedio semanal (**Fig. 27**) mostraron un cambio en la distribución espacial y temporal del viento en la zona de estudio, pero la magnitud del viento muestra una distribución que permite definir un patrón espacial para el período del crucero. En general, las mayores intensidades ( $> 6 \text{ m/s}$ ), se ubicaron en la zona oceánica, describiendo una diagonal entre el área costera de Antofagasta hacia el sector oceánico ( $76^\circ \text{ W}$ ) frente a Arica, siguiendo la curvatura del continente en esa zona. Estos límites demarcan una zona interna de bajas magnitudes relativas del viento que abarca especialmente la zona entre los  $21^\circ \text{ S}$  y  $17,5^\circ \text{ S}$ , encerrando la zona costera de Arica e Iquique. En la segunda semana, esta área comienza a incrementar su cobertura al mismo tiempo que se presentó un descenso de las magnitudes. Así, Arica que presentó magnitudes entre 3 y 4  $\text{ m/s}$  la primera semana, llega a un



rango de entre 2 a 3 m/s la 3ltima semana. Est3 3rea de bajas magnitudes tambi3n present3 una expansi3n las siguientes semanas llegando a abarcar como l3mite entre los 22°S y 17°S. Paralelo a esto, se observ3 una disminuci3n de las magnitudes en el sector oce3nico. En la primera semana, entre Antofagasta y Chañaral, las magnitudes superaron los 9 m/s, e incluso se observaron magnitudes mayores a 12 m/s frente a Chañaral. Posteriormente, esta zona mostr3 una ca3da en las magnitudes, las cuales decrecen r3pidamente para la segunda semana a menos de 9 m/s frente a Chañaral y menos de 7 m/s en toda el 3rea oce3nica, entre Antofagasta y Chañaral durante la 3ltima semana.

En cuanto a la direcci3n del viento, en general entre punta Copaca (22°S) y Chañaral predomina la direcci3n hacia el Ecuador entre la costa y los 74°W. Entre punta Copaca y Arica la direcci3n predominante cerca de la costa sigue siendo hacia el Ecuador, mientras que fuera de 71°W la direcci3n cambia hacia el noroeste. Al norte de Arica la direcci3n del viento toma la direcci3n de inclinaci3n de la costa tanto en la banda costera como en el sector oce3nico.

### 3.19 Temperatura superficial del mar (TSM) satelital

Las im3genes promedio semanales presentadas (**Fig. 28**), mostraron una alta cobertura nubosa lo cual solamente permite extraer resultados limitados.

Durante la primera semana del crucero, la imagen promedio solo present3 informaci3n entre Mejillones al norte y Chañaral al sur. Las **TSM** permanecieron entre 16° y 13°C. Las mayores temperaturas (16°C) se observaron en un n3cleo oce3nico en los 22,5°S. Estos valores decrecen hacia el sur llegando a 15°C en los 76°W. Paralelamente, en direcci3n de la costa, se observ3 un descenso m3s abrupto en la **TSM**, la que llegan a valores <14°C entre Antofagasta y Chañaral, e



incluso se observ3 un n3cleo costero de temperaturas menores a 13°C. Durante la segunda semana, la banda costera entre Arica y Chañaral mostr3 un decaimiento latitudinal de la **TSM**, desde valores mayores a 15°C frente a Iquique a valores de 13°C en Chañaral. La tercera semana solo se rescataron algunos valores oceánicos que oscilaron entre 13° y 14°C y frente a Mejillones con temperaturas del mismo orden.

La ultima semana del crucero, entre Mejillones y Arica aparecen temperaturas entre 17° y 16°C, mientras que al sur de Mejillones predominan **TSM** entre 13° y 15°C. Al sur de Antofagasta, un n3cleo de 15°C en la zona oceánica contrast3 con una lengua de agua fría (<13°C) que provienen de fuera del limite sur de la zona. Aun así la zona costera presenta **TSM** entre 13° y 14°C.

### 3.20 Clorofila Satelital

Las imágenes corresponden a los promedios semanales construidos con imágenes diarias que abarcan los períodos entre el 13 al 20 de agosto, 21 al 28 de agosto, 29 de agosto al 5 de septiembre y desde el 6 al 13 de septiembre de 2007 (**Fig. 29**). La gran nubosidad presente en la zona durante el período de estudio solo permite tener una visi3n muy reducida de la zona, especialmente desde Mejillones hacia el norte.

La primera semana (**Fig. 29a**), mostr3 una zona despejada de Mejillones hacia el sur. Las mayores concentraciones se observan cerca de la costa (~5 µg/L), pero aún así son bajas. A pesar de esto se observ3 que aunque aparecen bajas concentraciones estas tienden a abarcar una gran extensi3n espacial hacia el oeste ( > 60mn ) con valores mayores a 0,5 µg/L.



La segunda semana (**Fig. 29b**), la nubosidad predominó especialmente en la zona oceánica. En la banda costera se observaron concentraciones mayores a 5  $\mu\text{g/L}$  en bahía Moreno y la zona entre Pisagua y el sur de Iquique, la cual parece describir una lengua de surgencia. Concentraciones entre 1 y 2,5  $\mu\text{g/L}$  aparecen en una angosta banda costera entre Mejillones y punta Lobos, como también aisladamente en punta Ballenita. Las concentraciones disminuyen rápidamente hacia el oeste a valores menores a 1  $\mu\text{g/L}$ .

La tercera semana (**Fig. 29c**), la poca información que entrega la imagen muestra concentraciones mayores a 1 y 2,5  $\mu\text{g/L}$  en la zona costera de bahía Mejillones. Al final del periodo del crucero (**Fig. 29d**), las imágenes de clorofila satelital evidencian la continuidad de altas concentraciones en bahía Mejillones, con menor intensidad en bahía Moreno y reapareciendo nuevamente un foco ( $>2,5 \mu\text{g/L}$ ) en punta Ballenita. Estas concentraciones decaen paulatinamente hacia el océano, aun así fuera de las 60 mn se observaron concentraciones cercanas a 0,5  $\mu\text{g/L}$ . Además, aparecen puntos notables como la sección costera al norte de Arica la cual muestra concentraciones mayores a 5  $\mu\text{g/L}$ . El resto de la imagen esta cubierta por una gran cantidad de nubes bajas, las cuales caracterizan la zona norte de Chile.

### **3.21 Anomalías del nivel del mar y corrientes geostróficas satelitales**

A partir de 34 imágenes diarias, se tomaron 4 imágenes representativas de las 4 semanas de duración del crucero (**Fig. 30**). En ellas se observa básicamente la predominancia de anomalías negativas (-1 a -9 cm) en casi toda el área entre la costa y los 73°W. Estas anomalías incrementan su intensidad y cobertura espacial durante la segunda y cuarta semana de crucero y se debilitan durante la tercera.



Las anomalías negativas más intensas abarcan escalas espaciales del orden de la mesoescala y cuando se superponen las velocidades geostróficas, se observa que están asociadas a giros ciclónicos de mesoescala. De hecho, la primera semana aparecieron 4 giros ciclónicos, frente a Arica, frente a punta Lobos ( $21^{\circ}$  S), en el sector oceánico al sur de Antofagasta y frente a punta Ballenita. En esta misma semana aparece un giro anticiclónico asociado a anomalías positivas ( $> 8$  cm) en el sector más oceánico de la latitud  $26^{\circ}$  S.

La segunda semana las anomalías negativas tienden a cubrir una mayor extensión, en paralelo se produjo un debilitamiento de una gran zona de anomalías positivas ( $>2$  cm) en el sector oceánico entre Iquique y Mejillones.

El giro ciclónico ubicado frente a Arica se aleja de la costa y se mueve ligeramente hacia el sur y el de punta Lobos se intensifica. Durante la tercera y cuarta semana, el giro frente a Arica se debilita para posteriormente incrementar su intensidad y cobertura espacial. Paralelamente, se desarrolla un giro ciclónico frente a Iquique, mientras que el de punta Lobos crece. El giro ciclónico en la zona oceánica de punta Ballenita tiende a permanecer en el tiempo, mientras que el giro anticiclónico que lo acompaña se debilita y se desplaza fuera de la zona de observación.

Durante la primera semana, en la banda cercana a la costa, las corrientes tienden a mostrar flujos de entrada y salida de la costa, con intensidades que bordean los  $10$  cm/s. La distribución espacial de estos flujos cambia asociados al cambio de la actividad de mesoescala. Así, entre la segunda y cuarta semana predomina un flujo meándrico hacia el sur entre Iquique y el norte de Mejillones, el cual se expande hasta abarcar desde Arica a Tal Tal en la cuarta semana.



### 3.22 Viento costero de los aeropuertos de Iquique y Antofagasta y viento satelital de Quikscat

Se analiz3 un serie temporal de datos de viento satelital de Quikscat, en sus dos componentes  $u$  y  $v$  frente a la costa de Iquique y Antofagasta en funci3n de datos provenientes de los aeropuertos de Iquique y Antofagasta, de tal manera de establecer las diferencias y relaci3n entre ambos (**Fig. 31**). Los resultados mostraron que la componente  $u$  del viento en ambos casos no presenta una buena relaci3n entre los datos satelitales y datos costeros, ya que la componente este-oeste en el aeropuerto de Antofagasta solo explica en 11 % de la varianza de la misma componente de la serie de datos Quikscat, por otro lado, en Iquique alcanza un 17 %.

Por otro lado, la asociaci3n observada en la componente  $v$ , muestra que la componente norte-sur del viento en el aeropuerto de Iquique explica un 67% de la variabilidad observada en la misma componente de los datos satelitales, en Antofagasta llega hasta un 60 %. A partir de este punto se analizan los resultados en los aeropuertos de Iquique y Antofagasta.

La componente perpendicular a la costa ( $u$ ), en relaci3n a la componente norte sur ( $v$ ), present3 muy poca variabilidad y mostr3 que tanto en Iquique y Antofagasta es de baja intensidad (**Fig. 32**). De hecho, en Iquique, durante todo el periodo se presentaron valores del orden de 1 m/s, valor positivo que indica que la direcci3n predominante es hacia la costa. Tambi3n se presentaron m3nimos cercanos a cero (total predominancia de  $v$ ), en los meses de julio de 2005 y mayo a julio de 2006. En Antofagasta la direcci3n que predomin3 en la componente  $u$  es hacia fuera de la costa con valores cercanos a 1 m/s durante todo el periodo, excepto los meses



entre julio y octubre de los tres a5os, cuando se presentan valores cercanos a cero. Esta periodicidad da la idea de una d3bil se5al estacional en la componente este-oeste del viento medido en los aeropuertos.

Por otro lado, la componente paralela la costa (**Fig. 33**), es la que presenta la mayor variabilidad en intensidad dando cuenta o explicando el mayor porcentaje de la variabilidad del viento en los aeropuertos de Iquique y Antofagasta. La estacionalidad, que fue observada en la componente  $u$ , present3 una mayor amplitud en la componente  $v$ . Los valores m3nimos se observaron entre los meses de mayo y julio, para incrementar paulatinamente en agosto y septiembre llegando a los mayores valores durante el verano austral, en ambas localidades y en los tres a5os analizados. En ambos casos y salvo eventos puntuales (1 o 2 d3as no consecutivos en el invierno austral), la direcci3n hacia el Ecuador fue predominante, superando los 2 m/s en casi toda la serie. Cuando la componente  $v$  alcanza los m3ximos valores en el verano austral (noviembre a marzo), la intensidad de la componente  $v$  puede llegar a superar los 6 m/s en eventos puntuales.

La realizaci3n del crucero coincide, en Iquique, con un periodo de incremento de la intensidad del viento hacia el Ecuador (4 m/s) y hacia afuera de la costa (1,5 m/s), es decir hacia el noroeste. Por otro lado en Antofagasta la componente  $u$  se reduce al m3nimo y la componente  $v$  present3 mayores intensidades (5 m/s) que las observadas los mese anteriores, implicando un mayor esfuerzo del viento sobre el oc3ano y un mayor transporte de Ekman.

### **3.23 Transporte de Ekman (Mx), perpendicular a la costa**

El transporte perpendicular a la costa ( $m^3/s$ ) en 1000 m de costa, muestra una estacionalidad consistente con la estacionalidad de la componente  $v$  del viento, as3



los valores m3nimos de transporte se observaron entre abril/mayo y julio/agosto de los tres a3os (**Fig. 34**). El per3odo agosto/septiembre es consistente con un incremento del transporte hacia afuera de la costa llegando a m3ximos durante el verano austral, cuando el transporte puede superar los 1000 m<sup>3</sup>/s aunque en promedio se mantienen en app 700 m<sup>3</sup>/s.

En Antofagasta, la amplitud de la se3al estacional es m3s intensa, llegando a valores de hasta 1500 m<sup>3</sup>/s durante el verano austral. El crucero se realiz3 dentro del contexto de un incremento del transporte perpendicular a la costa, saliendo de invierno austral, pero que mostr3 valores superiores a 500 m<sup>3</sup>/s en Iquique y una fluctuaci3n de entre 200 a 1000 m<sup>3</sup>/s en la zona de Antofagasta que incluye un evento a finales de agosto que marco mas de 1500 m<sup>3</sup>/s.

### **3.24 Anomal3a del Nivel del Mar Costero**

Las anomal3as del nivel del mar muestran tendencias concordantes entre Iquique y Antofagasta (**Fig. 35**), as3 entre septiembre y diciembre de 2005 se presento un m3nimo (~7 cm) en las dos estaciones. A partir de enero de 2006 esta tendencia se invierte para alcanzar un m3ximo (~8 cm) en diciembre de 2007. Posteriormente se present3 una importante tendencia a la baja del nivel medio del mar llegando a un m3nimo (-7 cm) en octubre del 2007, cuando termina el registro. Sobre esta tendencia bianual, se aprecian una serie de fluctuaciones con una periodicidad de 2 a 3 meses. El crucero adem3s de estar ubicado en la fase negativa de la anomal3a del nivel del mar, fue realizado en la fase positiva de una fluctuaci3n de mayor frecuencia.



#### **4. Objetivo espec3fico 2.1.3 “Estimar la proporci3n sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas”**

##### **4.1 N3mero de lances en muestreo de adultos**

Los lances de pesca efectuados por las distintas embarcaciones que participaron en la recolecci3n de los ejemplares de anchoveta fueron 116 en total, de 3stos, 55 resultaron efectivos (**Tabla 5; Fig. 36**).

##### **4.2 N3mero de anchovetas muestreadas en cada lance**

En los lances con presencia de hembras hidratadas, se muestrearon 35 hembras en cada uno de ellos, considerando que este tama1o de muestra garantiza un coeficiente de variaci3n inferior al 20% para fracciones desovantes altas, y bajas tanto para las estimaciones a partir de FPO de d3a 1, como de d3a 2 y la combinaci3n de ambos, seg3n lo planteado en Propuesta T3cnica, las que se analizaron histol3gicamente de acuerdo a lo propuesto por Rojas y Oliva (1993), con el fin de registrar la incidencia de fol3culos postovulatorios para la determinaci3n de la frecuencia de desove.

##### **4.3 Distribuci3n espacial de anchoveta**

La distribuci3n espacial adoptada por los ejemplares adultos de anchoveta durante el per3odo en que se realiz3 la pesca de investigaci3n, fue reducida, extendi3ndose latitudinalmente desde el l3mite norte de la prospecci3n (Arica) hasta el norte de Tocopilla (21°49'S) y desde la primera hasta las 148 mn. Particularmente se detect3 anchoveta en las estaciones m3s costeras frente a Arica y entre caleta Chipana y norte de Tocopilla, congreg3ndose en ambos



sectores el 18% de los lances efectivos dentro de las primeras 5 mn de la costa, mientras que un 11% de los lances se centraron entre las 10 y 50 mn en dos secciones; entre Arica y punta Pinto y entre punta Junín a punta Gruesa, sin embargo, el mayor porcentaje de los lances con presencia del recurso se localizó por sobre las 50 mn entre punta Pinto a Pisagua, sector donde se detectó el 71% de los lances positivos, los que se encontraron bastante congregados (**Fig. 36**). La distribución latitudinal adoptada por la anchoveta durante este período fue similar a la observada durante el año 2006, pero diferente en sentido longitudinal, alcanzando mayor amplitud la mayoría de los lances durante este último año.

#### **4.4 Distribución de tamaños de ejemplares de anchoveta**

El total de anchovetas medidas durante el cruce de prospección de adultos fue de 8.424, cifra que se incrementó en un 62% respecto al número de ejemplares analizados durante el cruce del año 2006. Del total medido, 4.131 correspondieron a ejemplares machos y 4.289 a hembras. El rango de tallas observadas en los machos estuvo comprendido entre los 10,5 a 17,5 cm de longitud total, con una moda en los 14,5 cm, talla donde se registró el 18,9% de los individuos medidos. Por su parte, las hembras presentaron un rango de tamaño comprendido entre los 11,5 y 17,5 cm de longitud total, con una moda en los 15 cm, exhibiendo el 18,6 % de los ejemplares este tamaño de longitud (**Figs. 37 a y b**).

#### **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 0,18 y 0,76 con un promedio de 0,50, una varianza igual a 0,00033 y un coeficiente de variación de 3,7%.

#### **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 retenci3n de agua en el ovario, se calcul3 de acuerdo al ajuste obtenido de una ecuaci3n lineal estimada con aquellas hembras maduras de cada lance y que histol3gicamente no clasificaron como hembras hidratadas. Adem3s, los datos fueron corregidos por efecto de la fijaci3n (**Tabla 6**).

El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, obtenidas en 55 lances, fluctu3 de 15,35 a 28,09 gramos. El peso promedio de hembras maduras en el 3rea investigada fue de 21,67 gramos, con una varianza de 0,173 y un coeficiente de variaci3n de 1,9%.

## **5. Objetivo espec3fico 2.1.4 "Estimar la producci3n diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instant3nea de los huevos"**

### **5.1 Producci3n diaria de huevos**

El n3mero de huevos por estadio de desarrollo, indic3 una mayor representaci3n en el estadio II, observ3ndose una disminuci3n paulatina a partir de 3ste (**Fig. 38**).

La distribuci3n de huevos de anchoveta se muestra muy concentrada hacia Arica, con casi nula presencia desde los 21°S hacia el sur (**Fig. 7**).



### 5.1.1 Asignaci3n de edad a Huevos

Como fue se1alado en la metodolog3a, se aplicaron dos metodolog3as para la asignaci3n de edad a los huevos de anchoveta, correspondientes a la metodolog3a tradicional de Lo (1985) y al Modelo Multinomial.

#### A. Estimaci3n tradicional de Lo:

La ecuaci3n utilizada en esta oportunidad, a diferencia de aplicaciones anteriores del m3todo, corresponde a la ajustada para *Engraulis ringens* de la zona norte de Chile, en base a los datos del experimento de incubaci3n de Soto (2001) y que se encuentran detallados en Claramunt *et al.*, (2007). Los par3metros de la ecuaci3n se entregan en la **Tabla 7**.

Mediante este modelo, el valor resultante de la producci3n diaria de huevos en el mar fue igual a  $P_0 = 38,32$  huevos/0,05 m<sup>2</sup>/d3a, con una desviaci3n est3ndar de 12,21 huevos/0,05 m<sup>2</sup>, un coeficiente de variaci3n igual a 31,9% y una tasa de mortalidad de 0,0334 por hora, con una DS de 0,01.

#### B. Modelo Multinomial

El modelo probabil3stico multinomial a los datos de anchoveta zona norte utilizado para la dataci3n de huevos se entrega en **Figura 39 y Tabla 8**.

A trav3s del modelo multinomial los valores fueron:

$P_0 = 32,17$  huevos/0,05 m<sup>2</sup>/d3a

Desv. Est = 9,93

CV = 30,9%

Tasa de mortalidad = 0,0298 por hora, con una DS = 0,0099.



### 5.1.2 Estimaci3n de $P_0$

En la **Tabla 9** se entregan los resultados de las estimaciones de  $P_0$  y  $Z$  segun las dos metodologias contenidas en los paquetes *eggs* y *eggsplore* de R. Para el "Modelo de Lo GLM" la desviaci3n estandar de la edad de los huevos para el estadio es tomado de los experimentos de incubaci3n. En el caso del Modelo Multinomial se especific3 la desviaci3n estandar en 1,5 horas en el parámetro "Spawn.sig" dentro de "depm.control" en el paquete *eggs* de R.

Una vez ponderados por la proporci3n que es el área positiva respecto del área total, la producci3n diaria de huevos (**Fig. 40**), muestra una abrupta caida en comparaci3n a los aros anteriores, siendo similar a la del aro 2001.

## 6. Objetivo especifiko 2.1.5 "Estimar la proporci3n de estadios de madurez microsc3picos y la fracci3n diaria de hembras desovantes, con su varianza asociada"

Se analizaron 1.645 hembras, correspondientes a 55 lances provenientes de la Pesca de Investigaci3n (**Tabla 10**). El anáalisis histol3gico de los ovarios indic3 que el 100% de las hembras se encontraban activas. El comportamiento reproductivo de la anchoveta evidencia que el Crucero se efectu3 durante el máximo proceso de desove.

### 6.1 Fracci3n diaria de hembras desovantes de anchoveta

La distribuci3n horaria de los estadios ováricos y FPO obtenidos en el proyecto FIP 2006-38 (Claramunt *et al*, 2007) representada en la **Figura 41**, indica que los estadios vitelados se manifiestan a todas horas del día. Los estadios en maduraci3n 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 distribuci3n 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 evoluci3n temporal de los estadios FPO VI y VII son casi similares, con un m3ximo relativo a las 10:00 y 16:00 horas respectivamente, pero que correspondería al 2º día despu3s del desove. Sin embargo, los últimos cuatros 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 combinaci3n de distintas cohortes desovantes.

Para el ańo 2007, la distribuci3n horaria de los FPO muestra la misma tendencia que la obtenida para los ańos 2004 al 2006 (**Fig. 42**). 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 utilizaci3n para efectos de c3lculo.

Considerando los FPO de I al IV como correspondientes a edades menores a 24 horas, la fracci3n diaria de hembras desovantes se estima en 0,293 con una varianza de 0,00039 y un coeficiente de variaci3n de 7%.

Es necesario seńalar que los criterios de dataci3n de los FPO cambiaron respecto de las evaluaciones anteriores, debido a los avances ya seńalados en el proyecto FIP 2006-38 (Claramunt *et al.*, 2007), por lo que no se pueden realizar comparaciones v3lidas con estimaciones de ańos anteriores.



**7. Objetivo espec3fico 2.1.6 "Estimar la fecundidad parcial en funci3n del peso corporal, el modelo de regresi3n correspondiente a esta relaci3n, y la fecundidad media poblacional, con sus respectivas varianzas"**

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

En el ajuste de la fecundidad parcial en funci3n del peso corporal, para las 76 hembras que efectivamente clasificaron microsc3picamente como hidratadas, se utiliz3 el modelo de tipo lineal para los c3lculos de fecundidad media poblacional. El modelo de tipo lineal es preferible debido a (Hunter *et al.*, 1985): 1) Explica mejor la variaci3n que los curvil3neos; 2) sus coeficientes de regresi3n tienen significado biol3gico; 3) para la estimaci3n de producci3n de huevos, la fecundidad de los ejemplares en los extremos (grandes y peque1os) no es tan cr3tica como en la de los rangos medios, los que son bien explicados por el modelo lineal simple.

$$\text{Fecundidad} = -4212,84 + 726,94 * (W)$$

$$n = 76$$

$$r^2 = 0,57$$

$$S_a = 1688,05$$

$$S_b = 74,06$$

$$S_{yx} = 2099,26$$

La fecundidad parcial promedio, utilizando el ajuste correspondiente a los del 2007 correspondiente a los 55 lances efectivos vari3 de 6.288 a 14.775 ovocitos por hembra. La fecundidad media poblacional resulta de 10.497 ovocitos, con una varianza de 121.914 y un coeficiente de variaci3n de 3,3%. Este estimado resulta m3s alto en comparaci3n al a1o 2005, estando sin embargo dentro de los valores



m3s bajos de la serie (**Tabla 11; Fig. 43**). Esto se debe al peso promedio de las hembras, el cual tambi3n est3 dentro de los m3s bajos.

Con respecto a las variaciones anuales observadas en la fecundidad parcial, se puede se1alar que 3sta presenta variaciones intranuales e interanuales, producto de cambios en el tama1o del huevo, disponibilidad de alimento, temperatura del mar y n3mero de desoves previos dentro de la estaci3n (Hunter & Leong, 1981; Alheit, 1988, Claramunt *et al*, 1993, 1994). Respecto de la temperatura, los resultados se1alaron que durante el per3odo principal de desove fue significativamente distinta ( $P < 0,05$ ), con temperaturas m3s bajas en 2007 por la presencia del evento La Ni1a (**Fig. 61**). Esta temperatura m3s baja incidi3 en que el tama1o de ovocitos hidratados fueron m3s grandes ( $P < 0,05$ ) durante La Ni1a en comparaci3n con a1os de condiciones t3rmicas normales, lo que explicar3a una menor fecundidad a un mismo tama1o de hembra. Por lo que la recomendaci3n para futuras aplicaciones del MPDH, ser3 registrar el tama1o de los ovocitos y realizar comparaciones sobre la base del n3mero de ovocitos por gramo de ovario, m3s que de las rectas de regresi3n, ya que de esta forma se pueden dilucidar importantes cambios en el potencial reproductivo ante eventos ambientales.

Por otro lado, Claramunt *et al.*, (2007) demostraron el efecto que tiene el muestreo en las rectas de regresi3n, concluyendo que para estimaciones de fecundidad parcial debe utilizarse un muestreo bi-et3pico, es decir, considerar un n3mero m3nimo de hembras por lance y un cierto n3mero m3nimo de lances. Sin embargo, esto trae problemas log3sticos dif3ciles de solucionar, debido a que el proceso de hidrataci3n es muy r3pido, por lo que la probabilidad de capturar hembras hidratadas es muy baja. Sin embargo, en aquellos a1os en que existen o pudieran existir problemas de ajuste de las ecuaciones de regresi3n, como lo fue el a1o 2002, una soluci3n es utilizar una funci3n 3nica ajustada con todos los datos disponibles.



**8. Objetivo espec3fico 2.1.7 "Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los par3metros de adultos"**

La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 240.727 ton, con una varianza de  $3.54E+10$  y un coeficiente de variaci3n de 78%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 202.088 ton con una varianza de  $2.34 E+10$  y un coeficiente de variaci3n de 75.7%. Estas resultan ser las estimaciones m3s bajas de la serie hist3rica (**Tabla 12, Fig. 44**). Esta baja biomasa se explica mayormente por el bajo valor de producci3n diaria de huevos y 3rea de desove (**Fig. 45**).

**9. Objetivo espec3fico 2.1.8 "Realizar un an3lisis de la distribuci3n espacial de los huevos asociada a variables oceanogr3ficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores y los resultados del presente proyecto"**

**9.1 Exploraci3n de las relaciones entre la distribuci3n de huevos de anchoveta en relaci3n con la temperatura y la salinidad**

La repartici3n espacial de los huevos de anchoveta se presenta en la **Figura 46** para las temporadas de invierno de la serie 1992-2007. De la misma manera, en las **Figuras 47 y 48** se observan las reparticiones espaciales de la temperatura y salinidad del mismo per3odo.



En el a1o 1992, el comportamiento territorial de los huevos exhibi3 una distribuci3n geogr1fica importante, sin embargo esta distribuci3n se relacion3 con regulares concentraciones. El foco que registro las mayores densidades se reparti3 desde Pisagua hasta Iquique en las primeras 15 mn de la costa, en t3rminos 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, 3stas registraron altos valores asociados al evento “El Ni1o”, incluso alcanzando los 35,5 psu al norte de Iquique (**Fig. 48**). La asociaci3n entre las variables muestra que los huevos se encuentran en un rango de salinidad comprendido entre los 34,7 a 35,2 psu, con una n3tida predominancia en salinidades entre los 34,8 y 35 psu (**Fig. 49b**).

Durante los a1os 1995 y 1996, los huevos tuvieron una baja repartici3n geogr1fica pero con focos que tuvieron mayores niveles de concentraciones; es as3 como es posible detectar n3cleos muy densos que se localizaron entre Iquique y Tocopilla vinculados preferentemente a aguas de 14 - 16°C y a bordes de gradientes t3rmicos (**Figs. 47 y 49a**). En cuanto a las salinidades, se destaca el descenso de los registros, los cuales no superaron los 35,1 psu, situaci3n por la cual los huevos de la especie tienden a agruparse en un rango de salinidades m1s bajas de 34,3 a 34,9 psu, con una preferencia por los 34,5-34,7 psu (**Fig. 49b**).

En el a1o 1997 se observ3 una repartici3n espacial diferente que a1os precedentes con una distribuci3n mucho m1s desplazada hacia el sur debido a los efectos del fen3meno ENOS, detect1ndose tres n3cleos principales: el primero se localiz3 frente a Arica muy pegado a la costa; el segundo se ubic3 frente a punta Lobos (latitud 21°S) a una distancia de 40-50 mn y es el m1s importante; y el tercero se siti3 entre Mejillones y Antofagasta (**Fig. 46**). Por su parte, la temperatura mostr3 un gran aumento debido al fen3meno ENOS, destac1ndose que el n3cleo de mayor densidad



de huevos esta relacionado con el borde costero de las aguas de 18-19°C (**Fig. 47**), en este a1o los huevos se presentaron en un rango de 15-21°C, con una predilecci3n por las temperaturas de 17-18°C (**Fig. 49a**). De igual manera la salinidad experiment3 un importante incremento, en este a1o 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 per3odo 1999 - 2001, la cobertura territorial de los huevos disminuy3 significativamente (a excepci3n del a1o 2000) siendo de las menores de los a1os analizados, sin embargo se detectaron n1cleos de grandes densidades, un primer sector se extendi3 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 observ3 a unas 50 mn frente a Tocopilla y el tercero se emplazo entre Mejillones-Antofagasta y se caracteriz3 por una alt3sima densidad de huevos (supera los 1.500 h/0,05m<sup>2</sup>) y por su cobertura netamente costera en las primeras 10-15 mn de la costa. Respecto a la relaci3n con la temperatura se observ3 que el primer n1cleo se encuentra en aguas surgentes en tanto que el 1ltimo y m1s importante esta asociado a una masa de aguas fr3as de temperaturas de 13-14°C (**Fig. 47**), en estos a1os los huevos se ubicaron entre los 12 y 17°C, sin embargo las m1s altas concentraciones se encuentran relacionadas con aguas de 15 y 16,9°C. En cuanto a las salinidades observadas, 3stas decaen considerablemente y se ubican en el estrato 34,1-35,2 psu, a su vez, estos a1os la ocupaci3n espacial de los huevos es muy baja, no obstante la baja cantidad de huevos de la especie, 3stos se concentraron en el estrato 34,7-35,1 psu y se asocian mayoritariamente a la moda de 34,7-34,89 psu (**Figs. 48 y 49b**).

En el per3odo 2002-2003 hubo un aumento en la extensi3n espacial de los huevos, con una gran cantidad de estaciones positivas en el a1o 2002, en este per3odo 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 n3cleo se ubica entre Iquique y el r3o Loa y abarc3 un 3rea de casi 1.000 mn<sup>2</sup> con densidades superiores a los 1.000 h/0,05m<sup>2</sup>. En cuanto a su asociaci3n con la temperatura, los n3cleos se encontraron en aguas que fluct3an entre los 13 y 17°C y en sectores de gradientes t3rmicos relevantes (**Figs. 47 y 49a**). Respecto a la salinidad, los huevos se localizaron en el estrato de 34,4-35,2 psu, con una n3tida predilecci3n por el estrato 34,7 y 34,8 psu, lo que es coincidente con lo expuesto en a3os anteriores (**Figs. 48 y 49b**).

Durante los a3os 2004-2006, hay un leve crecimiento en la cobertura geogr3fica de los huevos, en especial en el sector ubicado al norte de Iquique. En estos a3os, se observaron tres focos principales: el primero se localizo frente al puerto de Arica y es un foco oce3nico que registra las mayores concentraciones con densidades superiores a los 1.000 h/0,05m<sup>2</sup> y que abarco aproximadamente 280 mn<sup>2</sup>; 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 3rea aproximada de 700 mn<sup>2</sup>; por 3ltimo el tercer n3cleo se siti3o entre punta Lobos y Tocopilla y tambi3n esta restringido por el borde interno de las aguas de 15°C, logra densidades superiores a los 500 h/0,05m<sup>2</sup> en un 3rea aproximada de 800 mn<sup>2</sup>. En relaci3n al temperatura, como se mencion3 anteriormente, los n3cleos principales quedan restringidos por el borde interno de las aguas de 15°C y las mayores abundancias se logran en aguas de 14 y 15°C. En cuanto a la salinidad, los huevos de la especie se asentaron en el rango 34,4-35,1 psu, con una moda en el estrato 34,6-34,9 psu.



En invierno de 2007 se vuelve a presentar una disminuci3n geogr3fica de los huevos, siendo la menor de la serie analizada. Este a1o no se presentaron buenas densidades y solamente se obtienen buenos registros en el sector costero frente al puerto de Arica con registros superiores a los 500 h/0,05m<sup>2</sup> y que abarco un 3rea de app 100 mn<sup>2</sup>; asimismo, se aprecio un segundo n1cleo en las inmediaciones de Mejillones (a unas 30 mn al NW) pero con densidades menores (**Fig. 46**). En t3rminos espaciales se puede visualizar que los mayores focos estuvieron asociados a los bordes que forman las aguas de 14 y 15°C, (**Fig. 47**).

## 9.2 An3lisis de los Centros de Gravedad (CG)

El an3lisis de los CG indica que estos no exhibieron un comportamiento espacial muy definido. Sin embargo se lograron observar ciertas tendencias en algunos a1os. As3 en el a1o 1992, el CG se localiz3 frente a Iquique siendo 3sta una de las posiciones m3s septentrional de todo el per3odo analizado, debido a que los focos de mayor abundancia se localizaron al norte de Iquique (**Figs. 46 y 50**). Durante 1995 el CG sufri3 un gran desplazamiento superando incluso la cuadra de Tocopilla, localiz3ndose en la posici3n m3s meridional de todo el per3odo analizado, lo anterior se debe a que en este a1o la repartici3n geogr3fica de los huevos estuvo centrada mayoritariamente al sur de los 21°S no detect3ndose 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 adem3s se produce una gran concentraci3n al SW de Iquique a una distancia de 40-50 mn de la costa, lo que implico que el CG se ubique en una regi3n bastante oce3nica a unas a unas 35 mn de la costa.



El a1o 1997 debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS, los huevos varían de comportamiento espacial respecto del a1o anterior, este a1o se observó una distribuci3n mucho más desplazada hacia el sur, talvez debido a los efectos del fenómeno de El Ni1o, por lo que el CG también se trasladó en direcci3n 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 a1o 2001 que presentó un CG muy costero emplazado a unas 6-7 mn de la costa, debido a que ese a1o los huevos se reportaron mayoritariamente en las primeras millas de la costa. Durante los a1os 2002-2003, los CG continúan posicionándose en la cercanías del río Loa pero más corridos hacia el norte, en estos a1os los CG también se situaron en posiciones bastante costeras que no sobrepasaron las 10 mn de la costa y que tienen relaci3n con los mayores focos de abundancia que se encuentran en las primeras millas de la costa, en sectores de gradientes térmicos relevantes.

En el período 2004-2005, los CG se presentaron desplazados 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 a1o 2006 el CG se situó a unas 25 mn de la costa (al NW de punta Lobos) influenciada por las altas densidades que se presentaron en las proximidades del río Loa (**Fig. 50**).

Finalmente, en el a1o 2007 debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento “La Ni1a”, los huevos cambian notablemente su comportamiento geográfico respecto de a1os precedentes, observándose una



distribuci3n mucho m1s desplazada hacia el norte, la que es coincidente con aguas de 14 y 15°C, por lo que el CG tambi3n se traslad3 en direcci3n norte y se situ3 frente a Pisagua a unas 30 mn de la costa.

### **9.3 Modelamiento estadístico de la densidad de huevos de anchoveta asociado a variables ambientales**

#### **9.3.1 An1lisis exploratorio de datos**

En los a1os analizados se han monitoreado un total de 8317 estaciones, de las cuales se registraron las variables predictoras, latitud, longitud, temperatura y salinidad superficial del mar, 3sta ultima presenta para el a1o 1992 una gran cantidad de estaciones sin informaci3n (86% de un total de 542 estaciones) (**Tabla 13**), hecho que repercute en el ajuste de los modelos, por lo que este a1o se ha excluido del an1lisis. Adem1s de las variables predictoras mencionadas se contabiliz3 el n1mero de huevos y por consiguiente, la presencia o ausencia de 3stos. Del total de estaciones analizadas, s3lo en un 30 % de 3stas se registr3 la presencia de huevos, registr1ndose una densidad media por estaci3n positiva del orden de 58 huevos/0,05 m<sup>2</sup> (**Tabla 14**).

En la **Tabla 14** se detalla por a1o el n1mero de estaciones totales, el n1mero de 3stas 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 a1os 2000 y 2002 presentaron la mayor proporci3n de estaciones positivas con un 42% y un 53%, respectivamente; mientras que el menor n1mero de estaciones con presencia de huevos correspondi3 al a1o 2001 y el 1ltimo a1o, con un 12% y un 14% respectivamente, con una disminuci3n del 50% en comparaci3n con los 1ltimos tres a1os (**Fig. 51**).



Respecto a la densidad de huevos para las estaciones positivas, el mayor 3ndice se registr3 en el a3o 2001 con 125 huevos/0,05 m<sup>2</sup>, a3o que presenta la menor proporci3n de estaciones positivas registradas. Se observa un aumento en la densidad media de huevos a partir del a3o 1999 y hasta el a3o 2006 en comparaci3n con los a3os anteriores y el 2007, donde se registraron densidades medias entorno de los 40 huevos/0,05 m<sup>2</sup>. Los a3os 2003 y 2005 presentan las segundas mayores densidades medias con valores entre los 70 y 80 huevos/0,05 m<sup>2</sup> respectivamente. Los a3os 1999, 2000, 2002, 2004 y 2006 presentan densidades medias que var3an entre los 50 y 58 huevos/0,05 m<sup>2</sup> (**Fig. 51 y Tabla 14**).

La densidad media estimada para el total de estaciones presenta los menores registros en los a3os 1996 y 2007, producto de existir una baja presencia de estaciones con huevos y menores densidades medias para las estaciones positivas en esos a3os. Similar a lo observado con las densidades medias para las estaciones positivas, a partir del a3o 1999 y hasta el 2006, se observa un aumento en la densidad media con valores que fluct3an entre los 15 y 30 huevos/0,05 m<sup>2</sup>, registr3ndose en los a3os 2000, 2002 y 2005 las mayores densidades medias producto de una mayor proporci3n de estaciones con registro de huevos y densidades medias moderadas a altas.

Las estad3sticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura superficial y salinidad superficial, junto a las variables de inter3s densidad de huevos se presentan en la **Tabla 15**. En los 13 a3os se cubri3 un 3rea muy similar, que abarca latitudinalmente de los 18°23' y 26°3' S y longitudinalmente de los 70°5' y 72°12'W. El a3o 1997 presenta la mayor temperatura superficial del mar promedio con 18°C, mientras que el 3ltimo a3o registro las menores temperaturas fluctuando entre los 12,4°C y 16°C con una media de 14°C. Los restantes a3os, 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.

### 9.3.2 Modelamiento estadístico

Los resultados del ajuste de los modelos aditivos generalizados para cada set de datos se resumen en la **Tablas 16 y 17**. Los modelos de efectos principales de cuatro covariables (latitud, longitud, temperatura y salinidad superficial) y un factor correspondiente al año, fueron significativos, con pseudo- $R^2$  de 0,15 y 0,08 para los modelos de presencia de huevos y densidad de huevos para las estaciones positivas, respectivamente.

#### 9.3.2.1 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 16**). 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 en 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 3sta 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 m3s vinculado a la zona costera que oce3nica. En relaci3n con la variable temperatura superficial (**TSM**), se observa una ventana positiva para valores entre los 15°C y 17°C, mientras que para temperaturas fuera de 3ste 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 3stas, no se observa un efecto en la presencia de huevos por estaci3n para las otras salinidades (**Fig. 52**).

Finalmente, a partir de los modelos ajustados se puede observar una se3al interanual de la respuesta (**Fig. 54**). La se3al asociada a los a3os analizados indica que existi3 una menor probabilidad de 3xito de encontrar estaciones con presencia de huevos el 3ltimo a3o y los a3os 1995, 1996, 1999, 2001 y 2003. Los dem3s a3os presentan una mayor probabilidad de encontrar estaciones con presencia de huevos.

### 9.3.2.2 An3lisis de la densidad de huevos

Para caracterizar la relaci3n entre la densidad de huevos con variables de localizaci3n y oceanogr3ficas, se model3 la variable respuesta (logaritmo de la densidad) considerando una distribuci3n de probabilidades normal, con funci3n de enlace identidad y un ajuste a trav3s de un m3todo robusto.

Los predictores incorporados en el modelamiento de la densidad de huevos presentaron un comportamiento no-lineal (**Tabla 17**). La influencia de cada



predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en la **Figura 53**.

Las estaciones con presencia de huevos se observan en todo el rango de latitud cubierto, pero con una mayor concentraci3n de éstas al norte de los 24°30'S, de igual manera la funci3n 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 funci3n suavizada para la longitud muestra que el proceso de desove aparece vinculado a una zona más costera que oceánica, teniendo un impacto positivo gradual en la densidad de huevos el área localizada al este de los 70°22' W. En relaci3n a la temperatura, se puede observar, que las estaciones con huevos, se localizaron principalmente entre los 14° y 18°C y que temperaturas inferiores a los 16,5°C tienen un efecto positivo sobre la densidad de los huevos, sobre ésta temperatura la influencia es negativa. Cabe destacar que temperaturas fuera del intervalo de los 15°-14°C y los 17°- 29°C, poseen una alta incertidumbre en la estimaci3n reflejada por las amplias bandas de confianza del suavizador.

La figura relacionada con la variable salinidad, muestra que los huevos estuvieron presentes en un rango que va entre las 34,40 y 35,30 psu. No se observa un efecto sobre la densidad de huevos a salinidades mayores a los 34,8 psu y la funci3n 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 contribuci3n parcial del factor ańo, indica tanto el ańo 2005 como para los ańos 1997, 2000, 2002 y el 2004 que, se tuvo un efecto positivo en la densidad de huevos, coincidiendo con los ańos con mayor probabilidad de éxito de encontrar



estaciones positivas. La mayor densidad se registro en el a1o 1997. Para los 3ltimos dos a1os se observa un efecto negativo sobre la densidad de huevos.

#### **9.4 An3lisis de correspondencia espacial entre los campos que explican la mayor parte de la variabilidad temporal de las variables ambientales y los huevos de anchoveta.**

Para analizar la variabilidad espacial y temporal de los campos horizontales de las variables oceanogr3ficas y huevos de anchoveta, y su posible correspondencia, se recopilaron los resultados de temperatura, densidad superficial del mar y de huevos de anchoveta, provenientes de 13 cruceros de invierno que abarcan los per3odos 1995 –1997, 1999-2007 y el a1o 1992. Estos cruceros cubren con similar distribuci3n de estaciones la zona norte de Chile (18°-26° S). A partir de una grilla regular igual a la cual fue llevada la informaci3n de **TSM**, densidad y huevos se utiliz3 el c3lculo mediante funciones ortogonales emp3ricas (FOE, EOF en ingl3s) para obtener los vectores propios, valores propios y componentes principales (amplitud de variaci3n de los modos). Los resultados se presentan como “modos” de variaci3n de campos escalares (o la forma en que la variabilidad temporal y espacial es explicada).

Los resultados muestran que el primer modo de variaci3n de la **TSM**, densidad y huevos de anchoveta explica el 78%, 74% y 57% de variaci3n temporal de cada variable respectivamente, y parecen estar acopladas. El segundo modo solo explica el 5%, 7% y 15% respectivamente y no muestran asociaci3n visible entre ellos (**Fig. 55**).

El grado de asociaci3n que parecen mostrar las variables fue analizado mediante correlaciones cruzadas (**Fig. 56**). Los resultados de estas correlaciones muestran que a un tiempo cero, la temperatura esta asociada positivamente con la



presencia de huevos de anchoveta, mientras que la densidad esta asociada negativamente.

El comportamiento espacial del modo 1 y modo 2 (**Figs. 57 y 58**), sugieren la persistencia de dos procesos sobre la zona norte de Chile, el calentamiento debido a la radiaci3n solar, al cual la zona norte responde con un gradiente meridional en el cual se observa un descenso de la **TSM** hacia el sur y un incremento de la densidad, y un descenso en los huevos de anchoveta. Otra característica persistente durante los meses de invierno es la surgencia costera la que queda especialmente en evidencia alrededor de la península de Mejillones donde no se presenta coincidencia con los huevos en el primer modo (**Fig. 57**), sino que levemente en el segundo modo (**Fig. 58**).

Los resultado presentados en este análisis no son concluyentes ya que este tipo de relaciones aún son exploratorias y requieren de análisis profundos asociados al comportamiento de la anchoveta y basados en series históricas más largas y continuas.



## VIII. DISCUSIÓN

---

La anchoveta se caracteriza por presentar un comportamiento reproductivo con una marcada estacionalidad. El patrón normal de la actividad reproductiva en la I y II Regiones se presenta en forma intensa en invierno-primavera, con un decrecimiento en verano y un reposo sexual relativo en otoño.

De acuerdo al análisis histórico de los indicadores reproductivos macroscópico y microscópico, el periodo 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.

Si bien el proceso reproductivo principal se reactivó en junio de 2007, similar al patrón normal descrito para la zona norte y a lo registrado durante los años 2005 y 2003; este repunte fue más marcado, lo que significó un adelantamiento en alcanzar la plena actividad de desove a principios de julio, lo que normalmente acontece durante la segunda quincena de julio. Además, se observó un mayor aporte al desove, desde julio a la primera quincena de septiembre, mientras que en 2005 y 2003, el mayor aporte ocurrió en agosto y septiembre, respectivamente.

Un notorio cambio en la extensión espacial de los huevos de anchoveta se registró durante el presente período invernal con respecto al año 2006, detectándose una merma considerable de estaciones positivas, las que en su gran mayoría (sobre el 70%) no sobrepasaron las 40 mn, mientras que en el año 2006 se presentó una importante presencia de huevos tanto en las estaciones más oceánicas como en las más costeras, sectores de muy escasa presencia durante este último período.



As3 tambi3n, la extensi3n latitudinal se redujo considerablemente, llegando hasta punta Lobos la mayor frecuencia de estaciones positivas, mientras que en 2006 esta se present3 con un n3mero importante de registros entre punta Lobos y punta Coloso. El 3nico per3odo que denot3 una distribuci3n latitudinal acorde a la actual fue la del a3o 2001, sin embargo, la cobertura longitudinal fue diferente, con presencia de un reducido n3mero de estaciones positivas, detect3ndose una apreciable ausencia de huevos entre Arica e Iquique, situaci3n que gatill3 una de las m3s importantes bajas en la abundancia de huevos desde el a3o 1992 a la fecha. No obstante lo anterior, el per3odo actual es el de menor abundancia de todos y el segundo en exhibir una de las m3s bajas 3reas de desove despu3s del a3o 2001.

La distribuci3n y abundancia exhibida por los huevos de anchoveta en la zona de estudio, exhibe una situaci3n que estar3a dentro de los par3metros considerados anormales para este per3odo estacional, lo que se refleja en las condiciones oceanogr3ficas registradas en la zona durante la recolecci3n de las muestras, con incidencia de factores ambientales que perturban la abundancia y disposici3n espacial de los huevos.

La distribuci3n latitudinal de las capturas positivas de anchoveta fue s3mil a la registrada durante el a3o 2006, llegando solo hasta el norte de Tocopilla, donde todos los lances efectivos se detectaron en los sectores m3s costeros. Lo mismo se verific3 en Arica, donde los lances se registraron muy pr3ximos entre ellos y centr3ndose dentro de las 5 primeras millas. Durante este 3ltimo a3o, el gran porcentaje de los lances efectivos se situ3 por sobre las 60 mn, encontr3ndose todos estos muy agregados, mientras que en el a3o 2006 ocurri3 la situaci3n inversa, pr3cticamente todos ellos estuvieron muy dispersos y dentro de las primeras 50 millas. En el a3o 2005 los lances efectivos m3s oce3nicos 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.

El viento presente durante el crucero muestra una distribución típica para la zona norte de Chile, donde predomina el viento hacia el Ecuador y donde la dirección es modificada por la presencia de una línea de costa no totalmente recta (Bakun & Nelson, 1991; Pizarro, 1999). La intensidad del viento produce turbulencia mientras que la componente a lo largo de la costa genera un transporte neto perpendicular a la costa. Aunque la distribución espacial es similar, los valores de transporte de Ekman fueron relativamente menores en Arica y punta tres Picos a los registrados durante septiembre de 2006. Por otro lado, entre los 19° y 24°S el transporte mostró mayores valores en el invierno de 2007, implicando un mayor ascenso de aguas subsuperficiales en la costa que trae como consecuencia la formación de una banda costera de aguas más frías y levemente más salinas (Cushman-Roison, 1994). El efecto de la intensidad del viento, similar entre ambos inviernos, causa que la profundidad de la capa de mezcla sea similar a la observada típicamente en la zona.

La distribución de TSM, entre agosto y septiembre de 2007, muestra el comportamiento oceanográfico típico de la zona, un descenso de la temperatura hacia el sur y hacia la costa. El gradiente de TSM entre Arica y Antofagasta (1,5°C en 500 km) está dentro de lo observado para la zona (Rojas y Silva, 1996). La banda de aguas más frías también muestra un rasgo oceanográfico típico para el área (Strub *et al.*, 1998; Hormazabal *et al.*, 2001). Situación similar ocurre con las



salinidades superficiales ya que se incrementan hacia el sur y levemente hacia la costa. Por otro lado, al analizar las anomalías superficiales, éstas revelan que a pesar de la presencia de estructuras oceanográficas típicas para la zona, los valores absolutos de temperatura muestran entre 1 a 2 grados menos a los observados regularmente en esta época del año. Al observar las series de temperatura superficial promedio de la informaci3n recopilada en los cruceros MPH anteriores, que corresponden prácticamente todos al periodo agosto-septiembre, se identifica que el promedio correspondiente al año 2007 es el de menor valor, siendo cerca de 2°C menor al del año pasado y cerca de 1°C menor al del año 1996, que es el que le sigue en magnitud. Paralelamente, la salinidad presenta valores menores a los observados para la época, con una disminuci3n entre 0,1 y 0,39 psu, y cuya distribuci3n espacial muestra las mayores anomalías negativas fuera de la costa y valores más cercanos a la normalidad cerca de ella, produciendo un gradiente costa océano en esta variable. Las anomalías señaladas dan cuenta de un enfriamiento regional asociado a la presencia de un evento frío “La Niña” (NOAA, 2007). El índice Ecuatorial multivariado (MEI) muestra valores tan negativos como los observados durante el periodo de “La Niña” de 1999 (**Fig. 59**), por lo que los valores bajos de TSM y sus anomalías negativas asociadas son originadas por un enfriamiento regional forzado en el Ecuador, el cual parece tener una intensa influencia sobre la zona norte de Chile (Pizarro *et al.*, 1994; Strub *et al.*, 1998).

En este sentido, el norte de Chile es una zona de transici3n donde interactúan con diferente intensidad la zona Ecuatorial y la subantártica mediante mecanismos de transporte de masa y calor (masas de agua entre otros). Esta influencia se observa claramente a través del cambio interanual (“El Niño”) del aporte de las diferentes masas de agua presentes en esta zona (Reyes, 2004).



En un periodo fr3o como el del invierno de 2007, la zona Ecuatorial muestra un intenso enfriamiento y una disminuci3n de la influencia de aguas c3lidas y salinas sobre la costa norte de Chile, esto posiblemente permita una mayor advecci3n de aguas de origen subant3rtico hacia el norte, conduciendo las isol3neas de menor salinidad y menor temperatura m3s al norte de lo t3picamente registrado para la 3poca lo que explicaría las anomal3as negativas de TSM y salinidad superficial.

En los 50 m de profundidad, los resultados muestran que las temperaturas fluctuaron entre valores mayores a 12° y menores a 15°C, mientras que para el invierno de 2006 en la misma zona las temperaturas abarcaron un rango de valores mayores a 13° y menores a 16° C. Esta diferencia y la extensiva presencia de la isoterma de 13° C muestran que el enfriamiento superficial est3 presente tambi3n en la capa de los 50 m de profundidad. Espec3ficamente la cobertura espacial de la isoterma de 13° C y la isohalina de 34,6 psu tambi3n son elementos que muestran que durante septiembre y octubre de 2007 la capa de los 50 m de profundidad present3 aguas de menores temperaturas y salinidades en relaci3n al invierno de 2006 e incluso al invierno de 1999, otro a3o intensamente fr3o (Oliva *et al.*, 2000; Braun, 2007a).

El enfriamiento de la columna de agua es coherente con los resultados de las diferencias de temperatura entre la superficie y los 50 m de profundidad. Los valores de las diferencias muestran menores valores a los observados en invierno de 2006, pero similares a invierno de 1999 (Oliva *et al.*, 2000; Braun, 2007a). Por otro lado, las diferencias de salinidad entre superficie y 50 m tambi3n muestran que aguas de menor salinidad abarcan la columna de agua entre 0 y 50 m de profundidad. Paralelamente con estos resultados, el espesor de la termoclina cuyos valores tienden a decrecer en relaci3n al invierno de 2006, tambi3n muestran una disminuci3n en la intensidad de los gradientes verticales de la



columna de agua, asociado esto a una disminuci3n generalizada en la temperatura base de la termoclina, donde predominan los valores cercanos a 13° C. La disminuci3n de temperatura y salinidad en la columna de agua es importante hasta los 50 m, con valores menores en 2° C y 0.22 psu, pero estas perturbaciones se pueden observar incluso hasta los 100 m de profundidad con anomalías del orden de 1°C, especialmente notorio en las secciones de Arica y bahía Moreno.

El enfriamiento generalizado de la zona entre Arica e Iquique estuvo acompañado por el ascenso de las capas más profundas, así, la isoterma de 15° se ubic3 por sobre su posici3n tpica entre 10 y 30 m. Al sur de Iquique, la isoterma de 15° C está ausente de las observaciones pasando a ser otra evidencia que demuestra el enfriamiento generalizado de la zona, ya que en otros años está presente en toda la zona.

En cuanto a la circulaci3n superficial (componente geostr3fica), al norte de Antofagasta predominan corrientes a lo largo de la línea costera, en direcci3n del Ecuador, excepto entre punta Arenas y punta Cobija donde la corriente tiende hacia el este indicando la posible presencia de una lengua de surgencia. Al sur de Antofagasta el flujo es en direcci3n sur-este, entrando hacia la costa entre rada Papos y punta Ballenita.

El oxígeno muestra una distribuci3n espacial acorde con la formaci3n de una banda costera de aguas más frías y levemente más salinas, la que es producida por la surgencia costera en la zona. Esta banda costera está caracterizada por mostrar valores más bajos de concentraci3n de oxígeno disuelto en el agua (4,5 a 3,0 mL/L), en relaci3n a los 5,5 mL/L que predominan en superficie, incluyendo algunos núcleos encerrados por la isolínea de 6,0 mL/L.

Así como se distribuye la profundidad de la isoterma de 15°C, la profundidad de la isolínea de 1 mL/L muestra una elevaci3n atpica. La isolínea de 40 m



normalmente es acotada a la zona adyacente a la l3nea de costa, mientras que en la zona oce3nica las profundidades sobrepasan los 150 m (Braun *et al.*, 2005a; Braun *et al.*, 2007b). Durante el invierno de 2007, el 3rea que abarca la isol3nea de 40 m es extensa mientras que en la zona oce3nica supera levemente los 100 m de profundidad mostrando un ascenso de las aguas de tipo ecuatorial subsuperficial, mientras que la capa superficial es ocupada probablemente por aguas de origen subant3rtico (**ASAA**).

Al sur de la pen3nsula de Mejillones se desarroll3 una lengua de clorofila-a, la cual es posible observar en la figura de clorofila-a superficial e integrada, clorofila satelital y consecuentemente en una banda de aguas m3s fr3as. Esta lengua se proyect3 hacia el noroeste encerrando el 3rea entre punta Tres Picos y bah3a Moreno, llegando hasta el sector oce3nico frente a Tocopilla. Un foco o lente de menores dimensiones aparece en bah3a Mejillones entre punta Cobija y Mejillones. Las concentraciones de clorofila-a superficial e integrada son similares a las observadas durante el invierno de 2006, aunque inferiores a los invierno de 2004 y 2005 (Braun *et al.*, 2005b; Braun *et al.*, 2006). El que los valores de clorofila-a encontrados muestran concentraciones similares a algunos a3os, pero levemente bajas respecto a otros, indica que la concentraci3n de clorofila durante agosto-septiembre de 2007 podr3a estar condicionada m3s bien por procesos locales que por eventos regionales del tipo La Ni3a.

En resumen, las condiciones oceanogr3ficas presentan una situaci3n anormalmente fr3a, con temperaturas y salinidades menores a las normales en los primeros 50 m de la columna de agua, lo que es producto de una condici3n regional asociada a un proceso "La Ni3a". Este evento tambi3n produce el ascenso y tambi3n la desaparici3n de la isoterma de 15° C en el 3rea sur de la zona, acompa3ado tambi3n por el ascenso de la profundidad del l3mite de la capa de m3nimo ox3geno. Esta



condición fría no era observada desde La Niña del año 1999 y algunos parámetros, como la distribución de la isoterma de 13° C, sugieren que el evento de 2007 puede llegar a ser incluso más intenso en lo que queda del año.

Dentro del contexto histórico que entregan las series de las componentes del viento en Iquique y Antofagasta, el crucero fue realizado cuando en Iquique predomina un viento a lo largo de la costa de magnitud intermedia, mientras que, en Antofagasta muestra una tendencia ascendente de las magnitudes de la componente hacia el Ecuador. Esto es relevante ya que la series histórica revela que en la zona norte de Chile la componente hacia el Ecuador es la que domina la intensidad y variabilidad del viento, lo cual es coherente con la distribución del transporte de Ekman, el cual durante el crucero es más intenso y variable en la zona de Antofagasta. En Iquique la dirección del viento tiende hacia el noroeste, debilitando la componente a lo largo de la costa y como consecuencia debilitando el transporte perpendicular a la costa. Estos resultados son consistentes con el importante desarrollo de una lengua de aguas fría y alta concentración de Chloa al sur de Antofagasta, observada en datos de crucero y satelitales.

Los resultados no muestran claramente el efecto del evento de La Niña sobre la estacionalidad e intensidad del viento en la zona norte de Chile, pero muestran que en la zona de Iquique y Antofagasta el transporte tiende a ser levemente mayor que para las mismas fechas de los años 2006 y 2005, revelando que un aumento en el transporte es favorecido por un incremento del viento que tienen dirección hacia el Ecuador más que un cambio en la intensidad misma del viento.



La anomalía del nivel del mar en la zona cercana a la costa, mostró dos principales fluctuaciones (en Iquique y Antofagasta), una que conecta en fase negativa intensa septiembre de 2005 con septiembre de 2007, mostrando una fase bi-anual, cuyos máximos positivos se presentaron entre junio y diciembre de 2007. En el momento del crucero es clara la presencia de una nivel en fase negativa sobre la cual esta acoplada una fluctuación de 2 meses de periodo -de mayor amplitud en Antofagasta- la cual podría estar indicando la presencia de una onda atrapada a la costa que esta cambiando de fase de cima a valle forzando al nivel del mar a oscilar en fase inversa (Strub *et al.*, 1998). El efecto de esta onda en la costa norte de Chile podría esta favoreciendo, durante el crucero, la presencia de anomalías negativas asociadas al ascenso de aguas de capas más profundas, como lo muestra el ascenso anormal de la isoterma de 15° C y de la capa de mínimo oxígeno.

El valor  $P_0$  estimado durante el período de desove del año 2007 se encuentra muy por debajo del rango de la serie histórica.

La frecuencia de desove de anchoveta estimada para el invierno de 2007 es una de las más altas de la serie, señalando que durante el período en que se realizó la prospección de los adultos de anchoveta, el 29 % de las hembras maduras desovaron a diario, dicho en otras palabras, que en el período de muestreo de 30 días, una hembra madura desovó en promedio cada 3,4 días. Sin embargo, se debe tener cautela al comparar con años previos ya que existen diferencias metodológicas importantes durante este año, debido al avance que significa el establecer siete categorías de FPO.

Somarakis *et al.* (2004) también encuentra una relación lineal entre el área de desove y la biomasa estimada, que en el caso de la zona norte de Chile también



se verifica, mostrando sin embargo mayor dispersión, especialmente el año 2004 y 2005. El año 2007 se encuentra dentro de la tendencia general (**Fig. 60**).

Al analizar las estimaciones del año 2007 se debe tener en cuenta que se estuvo bajo la influencia de “La Niña”, con temperatura promedio de 14°C, la cual se encuentra 2°C bajo el promedio en condiciones “normales” (**Fig. 61**). Lo que podría explicar el hecho de que la distribución de huevos esté concentrada hacia el norte.

De manera general, se observó que los huevos de la especie mostraron un comportamiento espacial más bien costero en que las mayores agregaciones tendieron a concentrarse en las 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 del ictioplancton, apreciándose grandes agregaciones Braun *et al.*, (2004). Por otro lado Morales *et al.*, (1996) señalan que es la época de desove principal y por otro lado la de mayor abundancia de larvas.

Los huevos de la especie exhibieron una leve preferencia por las temperaturas de 14-16°C, lo cual es coincidente a lo mencionado por Braun *et al.*, (2002) 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 34,6-34,8 psu, lo que no es concordante con años anteriores.



La distribuci3n espacial del ictioplancton indic3 que existen dos sectores principales, el primero est3 localizado en los alrededores del puerto de Arica y tiene una baja extensi3n espacial y el segundo n3cleo se ubic3 en las proximidades de Punta Lobos y es el foco principal en t3rminos espaciales y temporales y se caracterizo por abarcar una amplia zona, en este sentido Pizarro *et al.*, (1998) plantean que la desembocadura del r3o Loa en las cercan3as de Punta Lobos, es un sector de alta producci3n biol3gica y mencionan que frente a la desembocadura del r3o Loa en el norte de Chile, entre los 20°30'S-21°45'S, se han encontrado hist3ricamente concentraciones importantes de huevos y larvas de *Engraulis ringens*. No obstante lo anterior, en el a3o 2007 la distribuci3n fue totalmente diferente debido a la ocurrencia del evento “La Ni3a” y los huevos de anchoveta se ubicaron mayoritariamente en el sector norte del 3rea de estudio.

Por su parte, el patr3n de distribuci3n de los centros de gravedad indico que los CG se posicionaron mayoritariamente en las primeras millas de la costa, no obstante lo anterior, se apreci3 que en los 3ltimos a3os (2004-2007) los CG tienden a localizarse en sectores m3s oce3nicos. Lo anterior es concordante con lo mencionado por otros autores que indican que los focos m3s importantes de huevos de la especie tienden a ubicarse en las primeras millas de la costa (Oliva *et al.*, 2002 y Braun *et al.*, 2004). Tambi3n es importante destacar que en el a3o 2007, debido a la influencia del evento “La Ni3a” el centro de gravedad se desplaza hacia el norte, a su vez Ya3ez *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, finalmente el hecho de que la mayor3a de los CG se ubiquen cerca de la desembocadura del r3o Loa, refuerza la hip3tesis de que este sector es una zona de desove importante.



Al emplear modelos aditivos generalizados qued3 en evidencia la relaci3n no lineal entre los factores de localizaci3n y oceanogr3ficos y la presencia y densidad de huevos de anchoveta en la zona norte del pa3s. 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 3ndices 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 a3n 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 an3lisis y ratificadas por la significancia estadística de los modelos.

El efecto de las funciones suavizadas indica que si bien el desove se produce en todo el rango latitudinal analizado, el 3rea al norte de los  $23^\circ$  presenta condiciones m3s favorables para la presencia y la densidad de huevos. Respecto de la longitud se observa que 3ste 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 oceanogr3ficas, temperaturas entre los  $15^\circ$  y  $17^\circ C$  favorecieron la presencia de huevos de anchoveta, verific3ndose un efecto positivo sobre las densidades en el rango de los  $15^\circ$  a  $16,5^\circ C$ ; en tanto, salinidades no presentan un efecto claro sobre la presencia y densidad de huevos. Asimismo, el an3lisis integrado de los cruceros estacionales, indica que las mayores probabilidades de 3xito de encontrar huevos de anchoveta junto con las mayores densidades correspondieron los a3os 1997, 2000, 2002, 2004 y el 2005.



## **IX. CONCLUSIONES**

---

La baja abundancia de huevos registrada durante el per3odo invernal 2007, se manifest3 como anormal, a causa de las condiciones oceanogr3ficas que incidieron tanto en la distribuci3n como en la abundancia de los huevos de anchoveta.

En raz3n de esto mismo, tanto la extensi3n como la intensidad del desove se vieron afectadas, exhibiendo una disminuci3n en sus valores con respecto al a3o 2006.

Durante este per3odo se registr3 la segunda 3rea de desove m3s baja de todos los per3odos analizados.

A pesar que el a3o 2007 es un a3o muy fr3o, se destaca que los huevos de anchoveta mostraron una leve preferencia por el estrato de 14-16°C. En cuanto a la salinidad, estos se distribuyeron en un amplio rango que oscil3 entre los 34,4 y 34,9 psu, con una preferencia por el rango 34,6-34,8 psu.

La distribuci3n geogr3fica 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, no obstante que en los 3ltimos a3os se localizaron m3s oce3nicamente. Por otro lado, el an3lisis de los CG del a3o 2007 indica que 3ste exhibi3 un emplazamiento al norte del 3rea de estudio.

El viento presente registr3 una condici3n at3pica, dado por un mayor transporte de Ekman entre los 19° y 24°S en relaci3n a lo observado en el mismo per3odo de 2006, considerado como condici3n normal.



La distribución de TSM y salinidad superficial, como también la de sus anomalías respectivas, señalan la presencia de estructuras oceanográficas típicas, sin embargo, existe una clara condición fría y de baja temperatura en la zona para el período de estudio.

En un sentido vertical, las anomalías de temperatura y salinidad registran también una condición fría y de baja salinidad, que alcanza al menos hasta los 75 m de profundidad. Esto se asocia también a la desaparición de la isoterma de 15°C en gran parte de la zona y de un ascenso de la capa de mínima de oxígeno

La circulación geostrofica superficial señaló un flujo costero y oceánico hacia el Ecuador, o con componente norte, lo que es consistente con la condición fría encontrada.

Tanto la condición fría superficial como en la vertical, localizado en la zona de estudio, se asocian a una condición fría regional dado por un proceso “La Niña”. Esta condición fría no era observada desde “La Niña” del año 1999 y algunos parámetros sugieren que el evento de 2007 puede llegar a ser incluso más intenso en lo que queda del año.

Condiciones de concentraciones de clorofila-a superficial e integrada similares a las observadas durante el invierno de 2006, aunque inferiores a los invierno de 2004 y 2005, indican que la concentración de clorofila durante agosto-septiembre de 2007 podría estar condicionada más bien por procesos locales que por eventos regionales del tipo “La Niña”.



A pesar de la presencia del evento de “La Niña”, procesos como la surgencia, los frentes y giros de mesoescala, est3n presentes en la zona, pero cambian los valores absolutos de las variables.

Durante el crucero se desarroll3 un evento de surgencia importante al sur de Antofagasta, el cual fue posible de ser observado con datos del crucero y satelitales.

Las series costeras muestran consistencia en la estacionalidad y variabilidad de los vientos en la zona de Iquique y Antofagasta y revelan un aumento del transporte perpendicular a la costa en relaci3n a los mismos periodos de a3os anteriores.

Los datos de viento del Aeropuerto y satelitales mostraron un buen ajuste, pero la correcci3n del dato satelital con dato de terreno se vuelve m3s importante, mientras m3s cerca de la costa se utilice.

La anomal3a del nivel del mar refleja procesos de baja frecuencia, que podr3an estar afectando la costa de la zona norte de Chile. En este caso, mostraron una oscilaci3n bi-anual sobre la cual est3n acopladas oscilaciones entre 30 y 90 d3as, las cuales coinciden con los per3odos de las ondas atrapadas a la costa.

El crucero se realiz3 en presencia de una fase negativa del nivel del mar y la cima de una onda atrapada a la costa, lo cual favoreci3 el ascenso de la isoterma de 15°C y el ascenso de la capa de m3nimo de ox3geno.



No existe entre los dos 3ltimos a3os un cambio notorio en el rango de tama3os y peso de los ejemplares adultos de anchoveta, ya que se mantienen en similares valores, denotando solo un leve incremento el peso promedio.

La condici3n fr3a registrada en la zona dar3a respuesta tambi3n al efecto que tuvo el 3rea de desove en la zona de estudio, siendo este el segundo m3s bajo desde el a3o 1992 a pesar de desarrollarse la investigaci3n dentro de una de las mayores coberturas de 3reas.

La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 240.727 ton, con una varianza de  $3.54E+10$  y un coeficiente de variaci3n de 78%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 202.088 ton con una varianza de  $2.34 E+10$  y un coeficiente de variaci3n de 75,7%. Estos resultan ser las estimaciones m3s bajas de la serie hist3rica. Esta baja biomasa se explica mayormente por el bajo valor de producci3n diaria de huevos y 3rea de desove.



## X. BASE DE DATOS

---

La estructura de las bases de datos, con toda la informaci3n recopilada durante la ejecuci3n del proyecto FIP 2007 - 01 "Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, a3o 2007" se almacen3 en registros magn3ticos. Los archivos y el formato de grabaci3n de cada una de las componentes del proyecto se detallan a continuaci3n.

### 1. Datos oceanogr3ficos y meteorol3gicos

La informaci3n oceanogr3fica y meteorol3gica de cada una de las estaciones oceanogr3ficas que se realizar3n durante el crucero de prospecci3n, se almacenar3n en el siguiente archivo: **CRUCEMPH**, cuyo formato de grabaci3n (Formulario de codificaci3n), corresponde a una modificaci3n del formato **NODC**. El formato **IFOP** est3 compuesto por un registro de identificaci3n y varios registros de informaci3n:



a) Registro de identificaci3n

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
instituci3n	28	E 2
crucero	30	E 3
estaci3n	33	A 3
prof.ecosonda	36	E 4
máxima profundidad	40	E 2
n° observaciones	42	E 2
trans. Secchi	44	E 2
direcci3n olas	46	E 2
altura olas	48	E 1
período olas	49	E 1
direcci3n viento	50	E 2
velocidad viento	52	E 2
presi3n 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

---

identificaci3n	1	35 (Repetici3n)
profundidad (m)	36	E 4
temperatura (°C)	40	R 4.2
salinidad	44	R 5.3
oxigeno (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: N3mero de columnas

Columna 28 y 29 - c3digos instituci3n : 01=SHOA, 02=IFOP, 03=UCV, 04=SSP y 05=otros

Columna 76 - c3digos del tipo de datos: B = botellas, C = CTD

Columna 80 - c3digo control : 1 identificaci3n de la estaci3n y 2 3ltimo dato observado.

Los datos meteorol3gicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y c3digos del NODC. A continuaci3n se entregan codificaciones realizadas a los datos meteorol3gicos.



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	per3odo
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	stratoc3mulos
7	stratus
8	c3mulos
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 m3s
x	no registrado

TIEMPO PRESENTE	
CODIGO	CONDICION
0	despejado
1	parcial nublado
2	capas continuas de nubes
3	r3fagas 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
<b>Direcciones viento y olas</b> grados verdaderos
<b>Intensidad del viento</b> nudos
<b>cantidad de nubes</b> de 0 a 8 partes, 9 = no observado



## 2. Archivo Base datos Adultos 2007.xls

**Descripci3n:** 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, Proporci3n sexual, Fecundidad Parcial y Fracci3n diaria de hembras desovantes.

**Hoja:** Datos Hembras

Columnas corresponden a:

- Lance** : Orden del Lance.
- Orden** : N3mero de orden de la hembra del lance
- LT(cm)**: Longitud Total en cent3metros
- PT (g)** : Peso Total en gramos
- PE (g)** : Peso Eviscerado en gramos
- PG (g)** : Peso G3nada en gramos
- EMM** : Estado de Madures Microsc3pico seg3n escala en Informe.
- FPO** : Presencia de Fo3culos PostOvulatorios (0, 1 o 2 d3as). 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**: N3mero de Lance de Pesca
- NO** : N3mero de Orden del ejemplar.
- PT** : Peso Total en gramos del ejemplar
- SEXO** : Sexo del ejemplar. 1: Macho. 2: Hembra



### Hoja: Fecundidad

- NO** : N3mero de orden del ejemplar  
**LT** : Longtud Total en cent3metros  
**PT** : Peso Total en gramos  
**PE** : Peso Eviscerado en gramos  
**PG** : Peso G3nada en gramos  
**PC** : Peso Corporal en gramos (PT-PG)  
**EMM** : Estado de Madurez Microsc3pico seg3n escala. 6: Hidratado  
**FECUNDIDAD** : Fecundidad parcial estimada para el ejemplar, en n3mero de ovocitos.

### 3. Archivo: Base de datos Po.xls

**Descripci3n:** Archivo con base de datos del n3mero de huevos por estadio y estaci3n de muestreo, temperatura a 10 m de profundidad y hora de muestreo. Entrada para la estimaci3n de Producci3n diaria de huevos (Po)

#### Columnas

**N3 huevos por ESTADOS DE DESARROLLO, corregidos por DES**  
Del I al XI estadios de desarrollo de Huevos. En Filas el n3mero de huevos en cada estadio por estaci3n. N3mero de huevos ya est3 corregido por huevos desintegrados (DES).

**Hora:** Hora de muestreo de la estaci3n. En hora y fracci3n de hora.

**T3 10 m:** Temperatura (3C) de la estaci3n a 10 m de profundidad.



#### 4. Clorofila –a

Descriptor

Crucero de invierno MPH cru486-clo

Estructura interna:

Columna A	crucero	número de crucero
Columna B	est	estaci3n
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

---

- 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 du Conseil International pour l'Exploration de la Mer. 44:162-168.
- 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.
- 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. and R. Parrish. **1982**. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current System. CalCOFI. Rep., Vol XXIII, 99-112.
- 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. & C. S. Nelson. 1991.** The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *Journal of Physical Oceanography*. 21 (12): 1815 - 1834.
- 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.
- Bello, M. & J. Maturana. 2004.** Condiciones oceanográficas frente a Valparaíso durante la fase fría del ciclo ENOS 1997-2000. Capt. 2. En. El Niño-La Niña 1997-2000 S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutllant, & E. Yañez (Eds.). Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso, Chile. 265 pp.
- 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.
- Bernal, M., D.L. Borchers, I. Valdéz, A.L. Lanzós, y S.T. Buckland. 2001.** A new ageing method for eggs of fish species with daily spawning synchronicity. *Can. J. Fish and Aquat. Sci*, 58:2330-2340.
- Bjornsson, H. & S. A. Venegas. 1997.** A manual for EOF and SVD analyses of climate data. Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, and Center for Climate and Global Change Research, McGill University, pp. 53.
- Blanco, J. L. 1996.** Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile. Informe interno para IFOP.



- Blanco, J. L. A. C. Thomas, M. E. Carr y P. T. Strub. 2001.** Seasonal climatology of hidrographics conditions in the upweling region off nortern Chile. J. Geophis, Res., 106, C6, 11451-11467.
- Blaxter, J. and J. Hunter, 1982.** The biology of the clupeoid fishes. Adv. Mar. Biol. 20: 201 – 223.
- Borchers, D.L., S.T. Buckland, I.G. Priede and S. Ahmadi. 1997.** Improving the precision of the daily egg production method using generalized additive models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 2727 –2742.
- Braun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo y V. Catasti. 2002.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).
- 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., 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, E. Pizarro, J. Castillo, V.Catasti, J. Saavedra y J.L. Blanco. 2005.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en



la I y II Regiones, a1o 2003. Informe Final FIP N° 2003-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 464, 244 Figuras, 70 Tablas y 3 Anexos.

**Braun, M., G. Claramunt, V. Valenzuela, G. Herrera, H. Reyes, M. Pizarro, J. Saavedra, V. Catasti, Z. Young & R. Serra. 2005a.** Evaluaci3n de estock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, a1o 2004. Informe Final Consolidado Corregido FIP n°2004-04. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaiso, Chile, pp. 154.

**Braun, M., H. Reyes, E. Pizarro, J. Castillo, J. Saavedra, V. Catasti & V. Valenzuela. 2005b.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanogr1ficas entre la I y IV regiones, a1o 2004. Informe Final. Fondo de Investigaci3n Pesquera, Valparaíso, pp. 274.

**Braun, M., V. Valenzuela, G. Claramunt, H. Reyes, M. Pizarro, V. Catasti, G. Herrera, P. Moreno, C. Gaspar y E. D1az. 2006.** Evaluaci3n deL stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, a1o 2005. Informe Final FIP N° 2005-03, Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 164 p + 16 Tablas, 46 Figuras y 4 Anexos.

**Braun, M., V. Valenzuela, G. Claramunt, H. Reyes, M. Pizarro, P. Moreno y C. Gaspar. 2007a.** Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta en la I y II regiones, a1o 2006. Pre Informe Final. FIP N° 2006 - 06. Instituto de Fomento Pesquero Valparaíso, Chile.

**Braun, M., V. Valenzuela, H. Reyes, J. Castillo, M. Pizarro, V. Catasti, J. Saavedra, E. Pizarro & J. Letelier. 2007b.** Monitoreo de las condiciones



bio-oceanogr3ficas entre la I y IV regiones, a1o 2005. Informe Final Corregido. Fondo de Investigaci3n Pesquera, Valpara1so, pp. 336.

**Bravo, M. 1993.** Estudio de procesos de surgencia costera en el norte de Chile, entre 1989 y 1990, entre Arica y Antofagasta. Tesis para optar al grado de Tesis para optar al t1tulo de ocean3grafo. Pontificia Universidad Cat3lica de Valpara1so, Valpara1so. 105 pp.

**Butler, M., C. LeBlanc, J. Belbin y J. MacNeil. 1990.** Cartograf1a de recursos marinos: un manual de introducci3n. FAO, documento t3cnico de pesca N3 274. 281 p.

**Ca13n, J. R. 1986.** Variabilidad ambiental en relaci3n con la pesquer1a pel3gica de la zona norte de Chile. In: "La pesca en Chile", P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valpara1so: 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. Guzm3n. 1985.** Variaciones de la distribuci3n espacial de la sardina espa1ola y jurel durante El Ni1o 1982-83. *Invest. Pesq. (Chile)*, 32: 79-93.

**Claramunt, G.; G. Herrera and P. Pizarro. 1993.** Fluctuaciones de la fecundidad parcial en sardina espa1ola (*Sardinops sagax*) durante la 3poca principal de desove de 1990, en la zona norte de Chile. *Scientia marina*. 57(1):9-14.

**Claramunt, G.; G. Herrera and P. Pizarro. 1994.** Producci3n potencial anual de huevos por tallas en *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) del norte de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valpara1so. 29(2):211-233.



Claramunt, G., G Herrera, J. Pizarro, P. Pizarro, R. Escribano, M. Oliva, A. Olivares, C. Guerra y A. Zuleta. **1996**. Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta por el "M3todo de Producci3n de Huevos en la I y II Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 95-01. Fondo de Investigaci3n Pesquera. Universidad "Arturo Prat" Iquique. 49 p + anexo.

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

Claramunt, G., L. Cubillos, M. Braun, R. Serra, M. Canales, J. S3nchez, A. Flores, P. Moreno, K. Riquelme, C. Castillo y C. Valero. 2007. Mejoramiento del m3todo de producci3n diaria de huevos aplicado en pel3gicos pequeos. Informe Final FIP. 233 pag.

Cushman-Roison, B. 1994. Introduction to geophysical fluid dynamics. Prentice-Hall, Inc., 320 pp.

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



- Frontier, S. **1966**. Zooplancton de la regi3n Nosy-B3 I (Programa des recortes et techniques d'3tude. II). Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah orstom (Oceanog.), 4(3):3-37.
- García, M. **1993**. Fluctuaciones ambientales y su relaci3n con pesquerías pelágicas del Pacífico suroriental. Tesis para optar al título de Ingeniero Pesquero, Esc. Cs. del Mar, UCV. Valparaíso. 104 pp.
- Hastie, T. J. & R. Tibshirani, **1990**. Generalized Aditive Models. London. Chapman and Hall.
- 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.
- 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
- 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.
- Hunter, J. R. and S. R. Goldberg. **1980**. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish Bull., U.S. 77: 641-652.



- Hunter, J.R. and R.J.H. Leong. **1981**. The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin, U.S. 79(2):215-230.
- 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.
- Ibaibarriaga, 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.
- ICES. 2005. Report of the study group on the estimation of the spawning biomass of sardine and anchovy. ICES CM 2005/G 02, 81 p.
- Krzanowski, W. **1998**. An Introduction to Statistical Modelling. Arnold, London.
- 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.



- 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.
- 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. Cotero and J.R.Hunter. 1996.** Adult reproductive parameters of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. *CALCOFI-REP*, 1996, vol 37, pp. 140-151.
- Martínez, C., L. Caballero, G. Böhm, J. Oliva, R. Gili, V. Böcic, P. Barria y R. Serra. 1992.** Diagn3stico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1991. Estado de situaci3n y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. Chile. 51 p.
- Martínez, C., U. Parker, L. Caballero, G. Böhm, J. Oliva, S. Peña, R. Gili, H. Hidalgo, V. Fernández, P. Barria y R. Serra. 1993.** Diagn3stico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1992. Estado de situaci3n y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. 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.** Diagn3stico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1993. Estado de situaci3n y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. Chile 135 p.



- Martínez, C, L. Caballero, U. Parker, G. Böhm, J. Oliva, V. Fernández, S. Peña, R. Gili, H. Hidalgo, P. 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. y G. Böhm. 2006.** Informe biológico pesquero mensual. Marzo 2006. 8 págs.
- McCullagh, P. & J. A. Nelder. 1983.** Generalized Linear Models. New York:Chapman and Hall. 261 p.
- Microimages. 1997.** TNTmips The Map & Image Processing System 5.8, User's Guide and Technical References. MicroImages, Inc, Nebraska, USA.
- Millero, F. and A. Poisson. 1981.** International one atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Res., 28A, 625-629.
- Miranda, A., Cal, R.M., Iglesias, J. 1990.** Effect of temperature on the development of eggs and larvae of sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum) in captivity. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 140:69-77.
- 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.



- Motos, L.** 1994. Estimaci3n de la biomasa desovante de la poblaci3n de anchoa del golfo de Viscaya, *Engraulis encrasicolus*, a partir de su producci3n de huevos. Bases metodol3gicas y aplicaci3n. PhD Thesis, Leioa, Spain.
- NOAA.** 2007. Electronic Source:<http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/index.html>.
- NODC.** **1991.** Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National oceanographic data Center. NOAA. USA.
- Oliva J., J. Barañados y M. Tirado.** **1989.** Determinaci3n de la fecundidad y frecuencia del desove de la sardina (*Sardinops sagax*), 1986. Comisi3n Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número Especial): 341-348.
- Oliva J., M. Braun, J. Castillo, J. Blanco y O. Rojas.** **1998.** Evaluaci3n del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones (1997). Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 97-01. 133 p.
- Oliva J., M. Braun, J. Cordoba, J. Castillo, V. Catasti, V. Valenzuela, O. Rojas, J. Blanco y C. MartÍnez.** **2000.** Evaluaci3n del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones (1999). Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 99-10. 133 p.
- Oliva J., C. Montenegro, M. Braun, O. Rojas, E. DÍaz, V. Catasti, H. Reyes, P. Barría, R. Serra, G. Claramunt, G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, R. Escribano y M. Oliva.** **2001.** Evaluaci3n del stock desovante de la anchoveta en la I y II



Regiones, año 2000. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 2000-06. 114 p. + anexos.

Oliva J., C. Montenegro, M. Braun, O. Rojas, H. Reyes, V. Catasti, E. Díaz, P. Barría, R. Serra, V. Baros, A. Vargas, G. Claramunt, G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, Y. Muñoz, R. Escribano y M. Oliva. **2002**. Evaluación del stock desovante de la anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2001. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 2001-10. 86 p. + anexos.

Oliva, J. H. Reyes, V. Baros, E. Diaz, 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.

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.

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.



- 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, O., S. Hormazábal, A. González & E. Yáñez. 1994.** Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa norte de Chile. *Investigaciones Marinas*.
- Pizarro, O. 1999.** Low frequency fluctuations in the eastern boundary current offsouth america: Remote and local forcing. Tesis para optar al grado de Ph. D. Earth Sciences Centre, Göteborg, Sweden. 36 pp.
- Reyes, H. 2004.** Variación espacio-temporal de las masas de agua Subtropical, Subantártica y Ecuatorial Subsuperficial en la zona norte de Chile (18°15'S-24°00'S) en el período 1980 – 2001. Tesis para optar al grado de Oceanografía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso., Valparaíso. 114 pp.
- Reynolds, R. 1982.** A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Techival Report NNS-31, National Metereological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- Rojas, O. y J. Oliva. 1993.** Evaluación del Stock Desovante de Anchoveta de la Zona Norte por el Método de Producción de Huevos. Programa de evaluación directa de recursos pelágicos de la zona Norte. Convenio Empresas Pesqueras del Norte e Instituto de Fomento Pesquero. 50 p.



- 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.
- 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 Perú. Bol. Inst. Mar. Perú, Callao. 7(1):16p.
- 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 Perú, Callao. 8: 209-250.
- SEABIRD. **2004**. Manual de Proceso de datos de CTD Sea Bird.  
[http://www.seabird.com/pdf\\_documents/manuals/SBEDataProcessing\\_5.32a.pdf](http://www.seabird.com/pdf_documents/manuals/SBEDataProcessing_5.32a.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, **2005**. Anuario Estadístico de Pesca.
- Serra, J.R. **1976**. Escalas de madurez sexual para sardina española (*Sardinops sagax musica*), y jurel (*Trachurus murphyi*). Investigaci3n Pesquera IFOP (24), 20 págs.



- Silva, C., E. Yáñez. 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.
- 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. **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.
- 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.



- 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.** The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.
- UNESCO, 1981b.** Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°37.
- UNESCO, 1981c.** Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- Wallace, R. and k. Selman. 1981.** Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21:325-343.

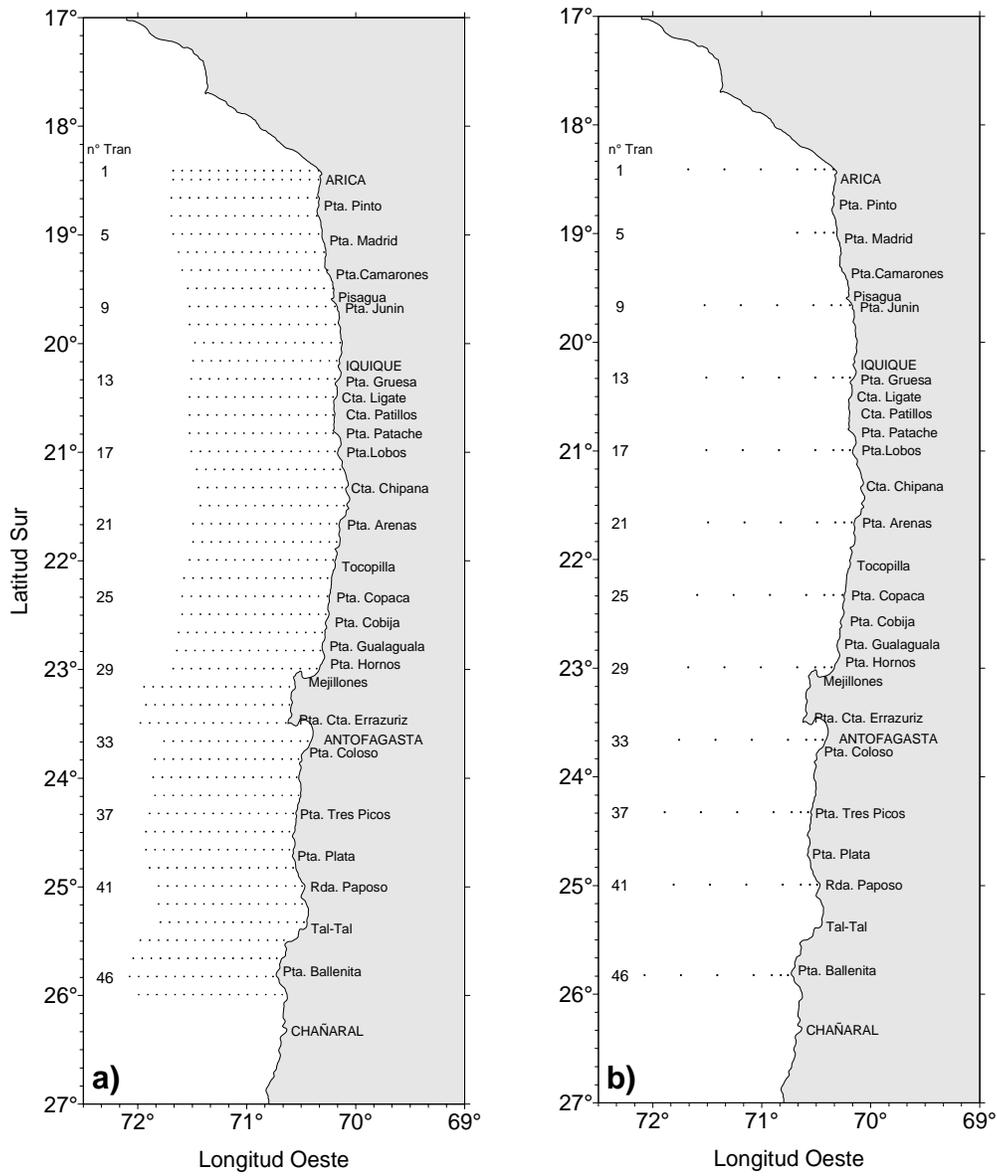


**Yamamoto, K. and H. Yoshioka. 1964.** Rhythm of development in the oocyte of the medaka, *Oryzias latipes*. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ. 15: 5-19.

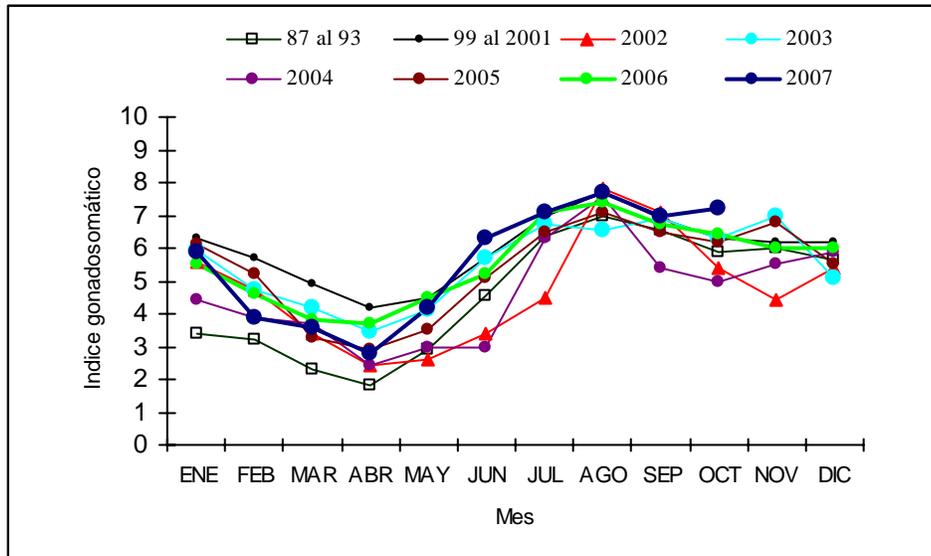
**Yañez, E., A. González Y M. A. Barbieri. 1995.** Estructura térmica superficial del mar asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y Anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. Invest. Mar., Valparaíso, 23: 123-147.

# FIGURAS

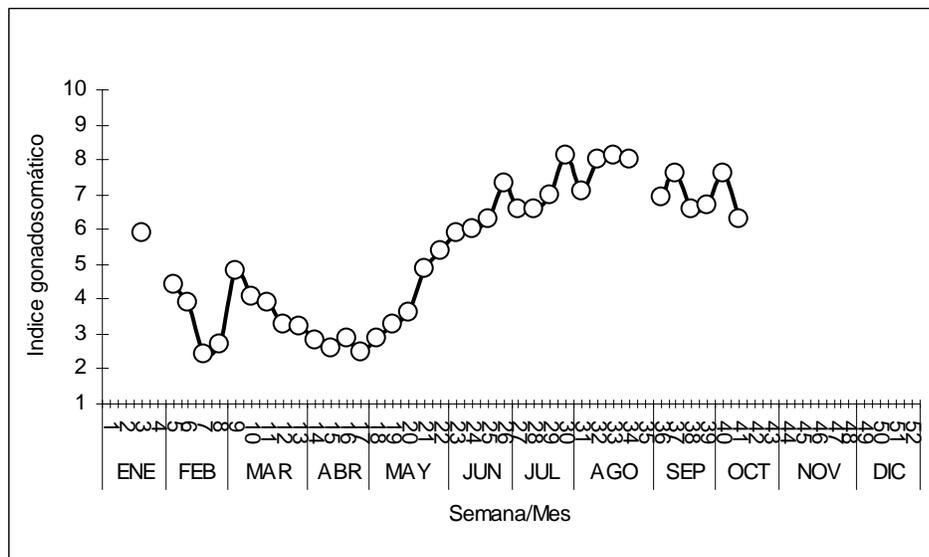
---



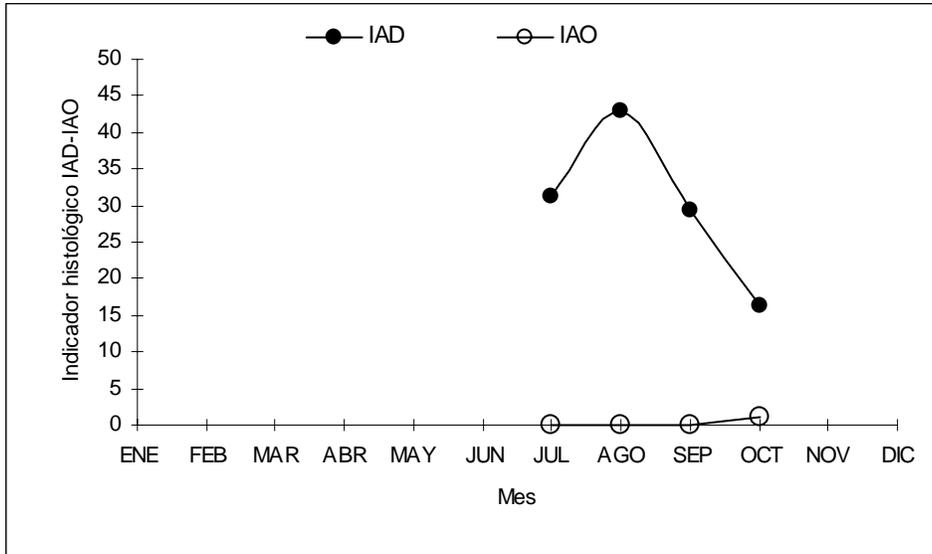
**Figura 1.** Ubicaci3n geogr3fica de a) estaciones oceanogr3ficas y b) estaciones con muestreo de clorofila y ox3geno (estaciones oceanogr3ficas profundas). Crucero MPH - Invierno 2007.



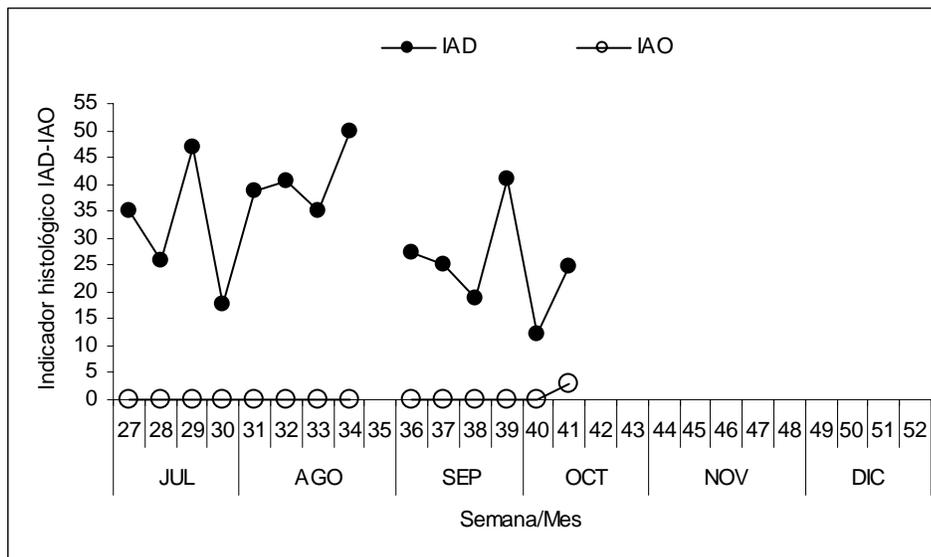
**Figura 2.** Evoluci3n mensual del 3ndice gonadosom3tico de la anchoveta en la XV, I y II Regiones.



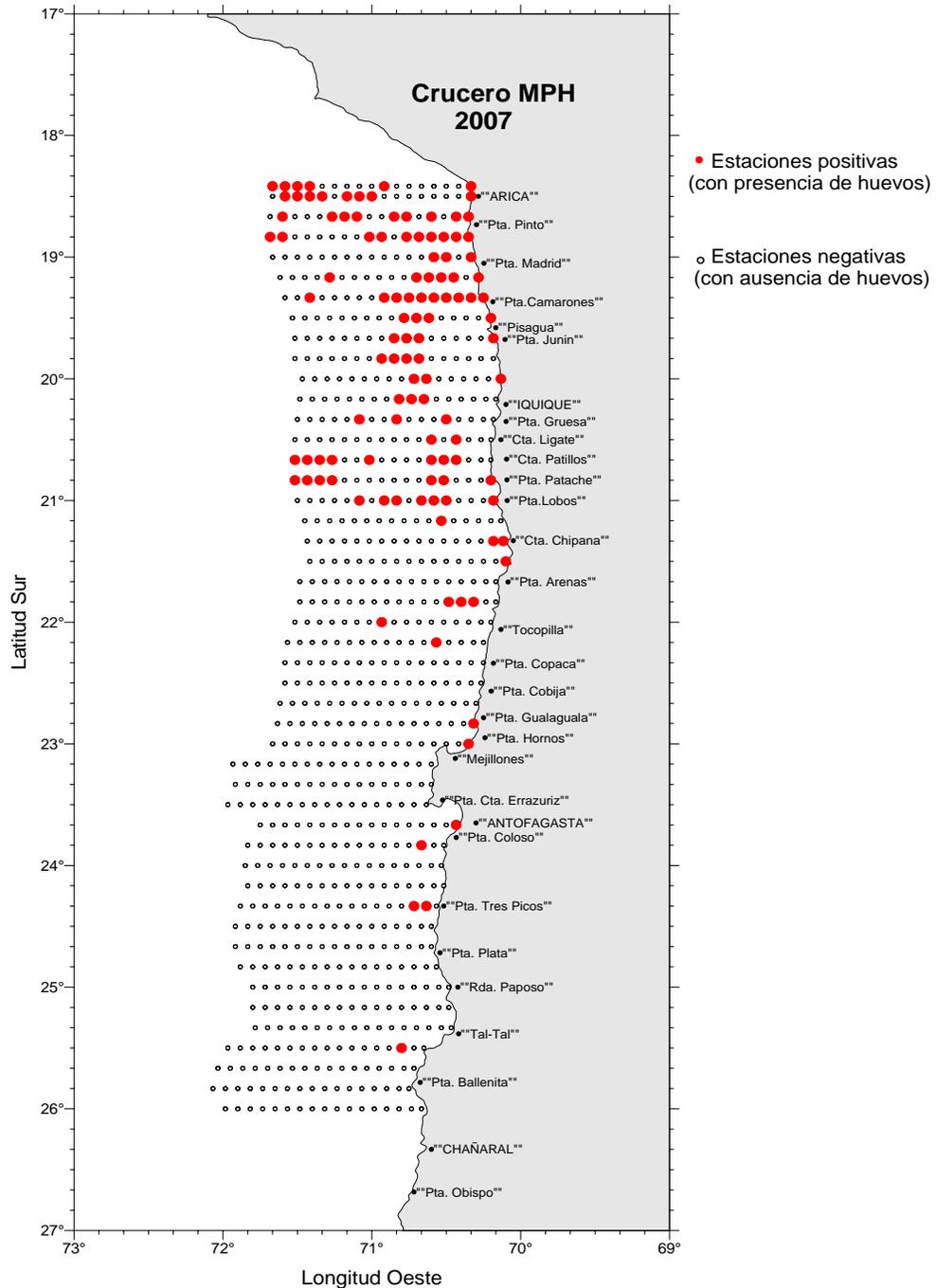
**Figura 3.** Evoluci3n semanal del 3ndice gonadosom3tico para la anchoveta en la XV, I y II Regiones,



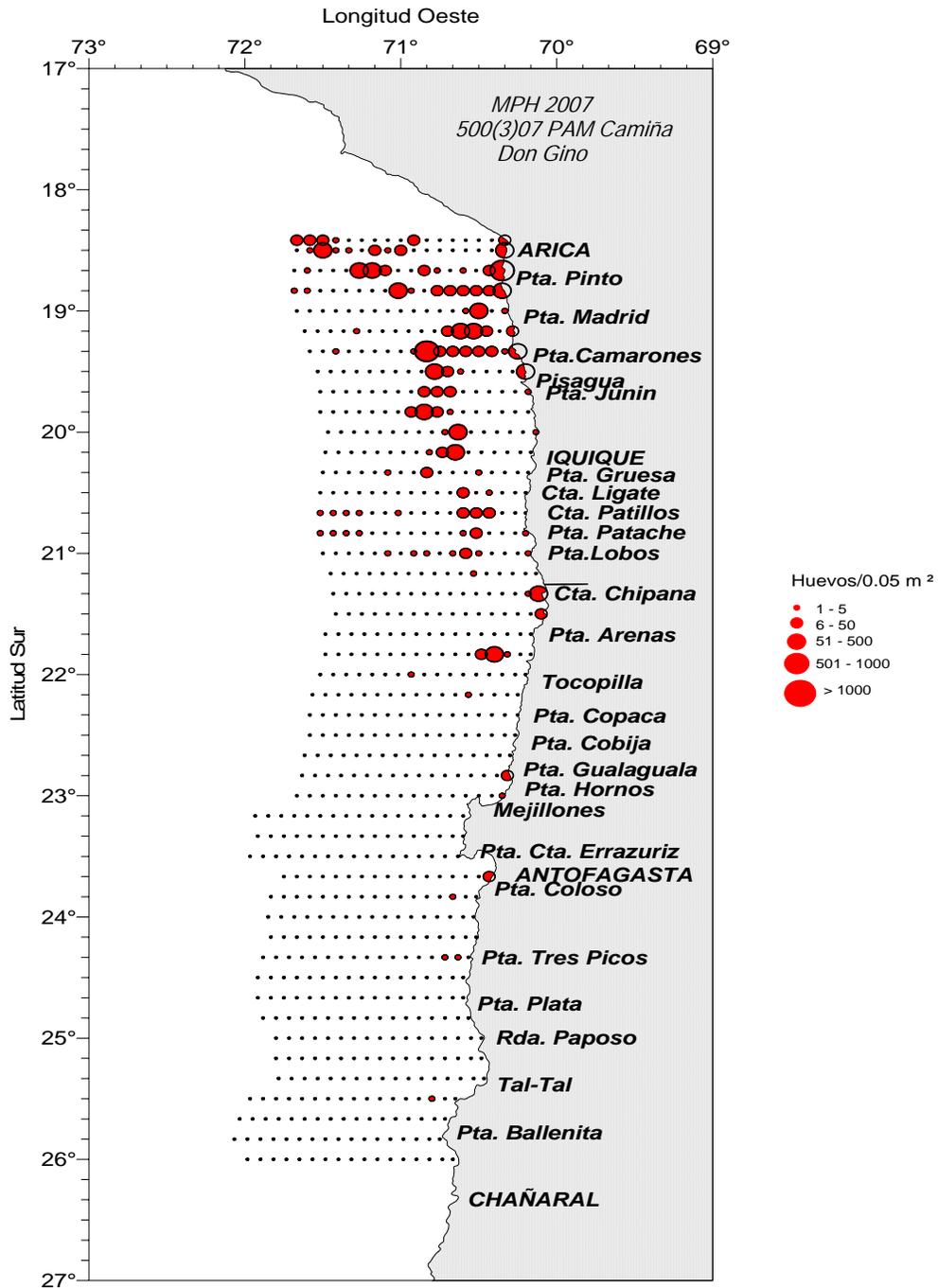
**Figura 4.** Evoluci3n mensual de los 3ndices de actividad de desove (IAD) y atresia ov3rica (IAO) (2 de julio a 14 de octubre de 2007).



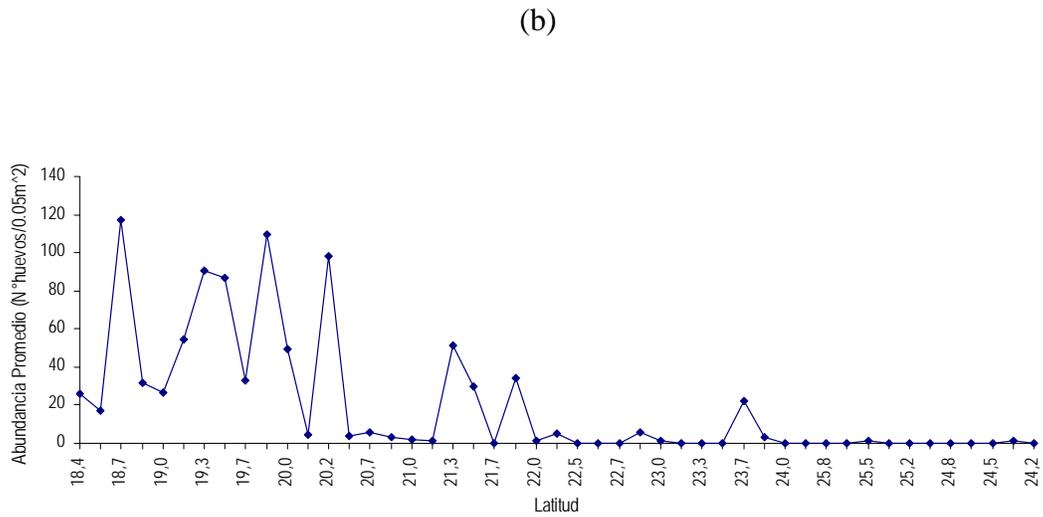
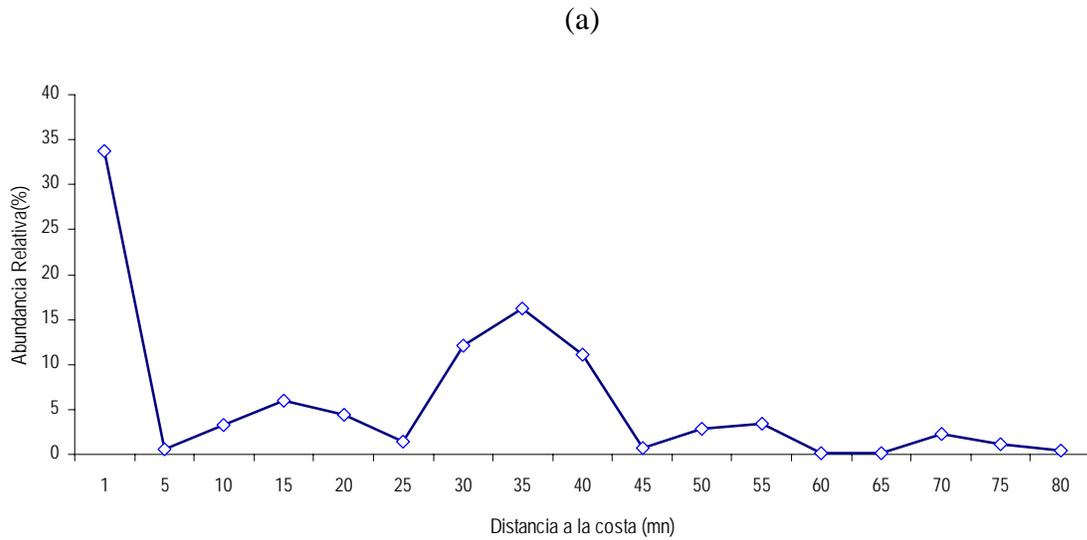
**Figura 5.** Evoluci3n semanal de los 3ndices de actividad de desove (IAD) y atresia ov3rica (IAO) (2 de julio a 14 de octubre de 2007).



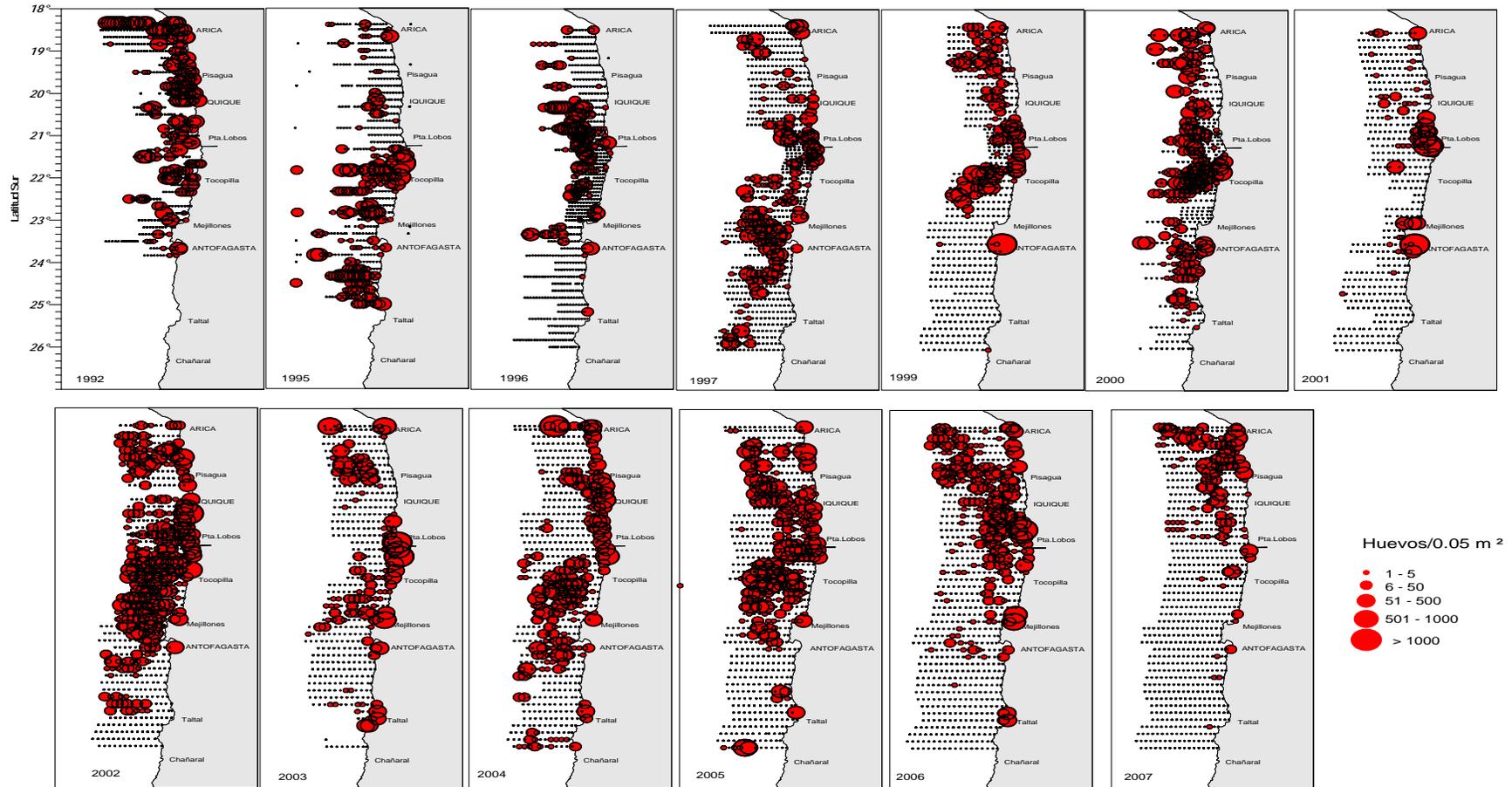
**Figura 6.** Distribuci3n geogr3fica de las estaciones planct3nicas con presencia y ausencia de huevos de anchoveta. Crucero MPH 500(3)07 Camiña/Don Gino – Invierno 2007.



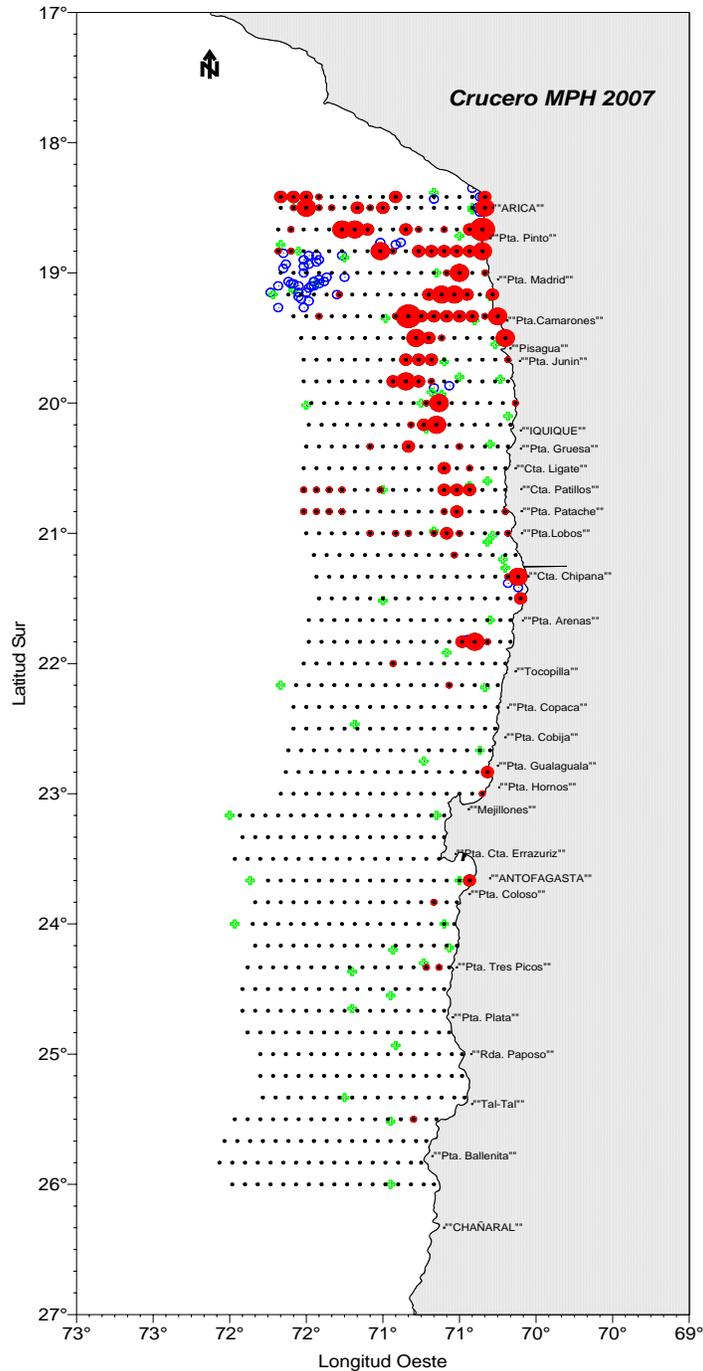
**Figura 7.** Distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH - Invierno 2007.



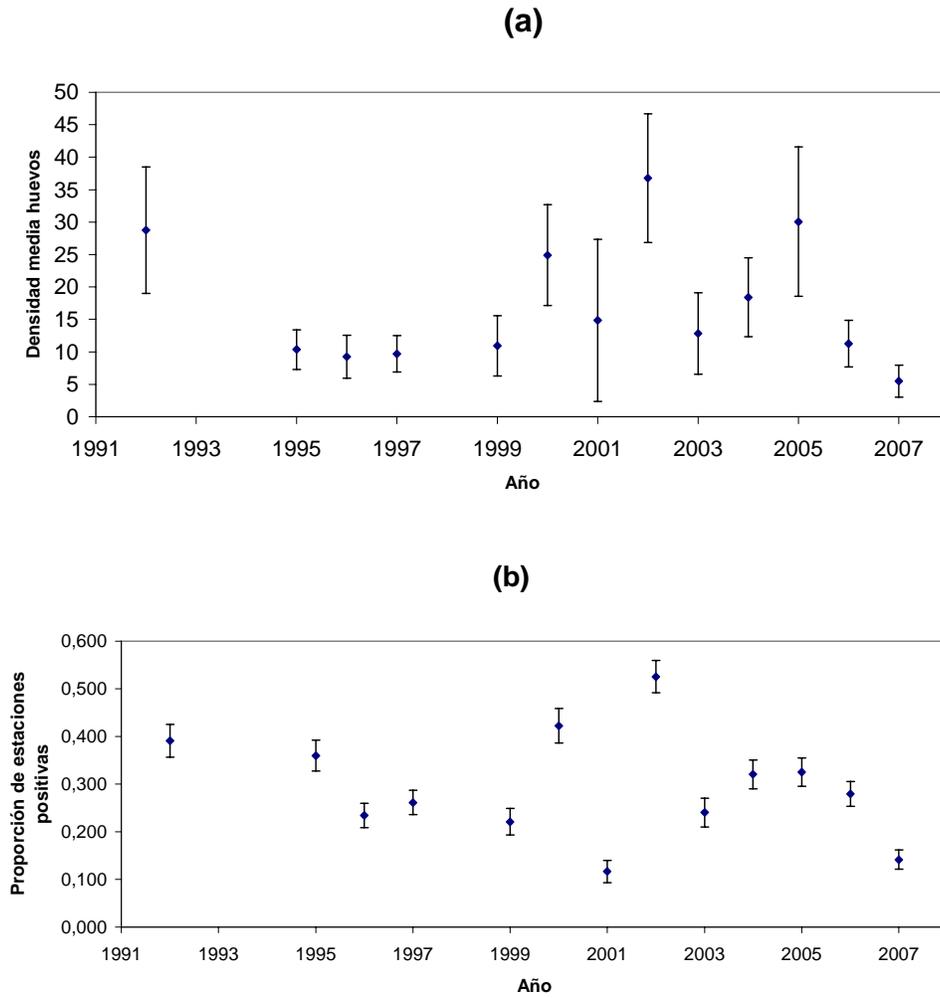
**Figura 8.** Distribuci3n de la abundancia promedio de huevos de anchoveta con respecto a la distancia de la costa (a) y con respecto a latitud (b). Crucero MPH – Invierno 2007.



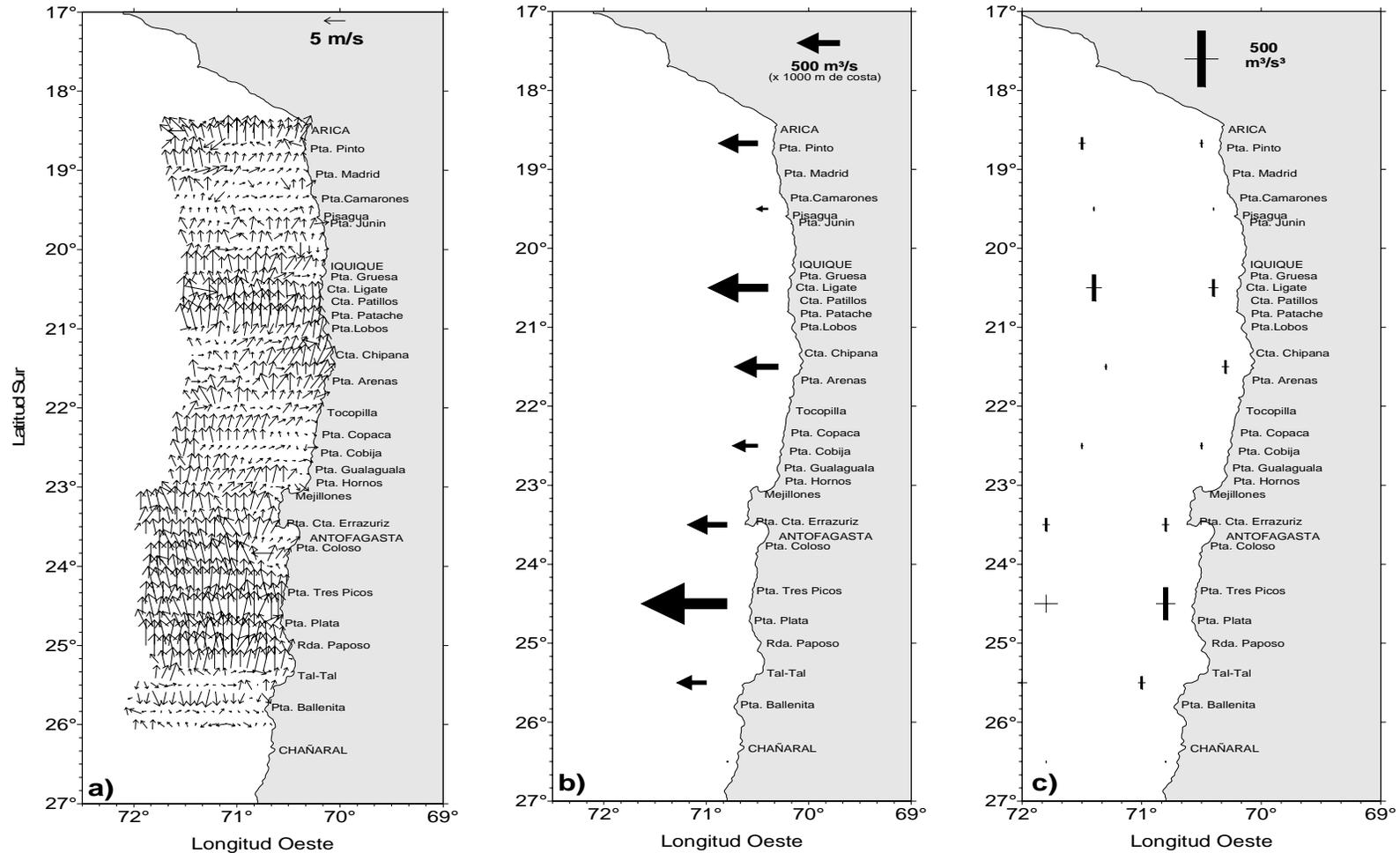
**Figura 9.** Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta. Cruceros MPH Inviernos 1992 – 2007.



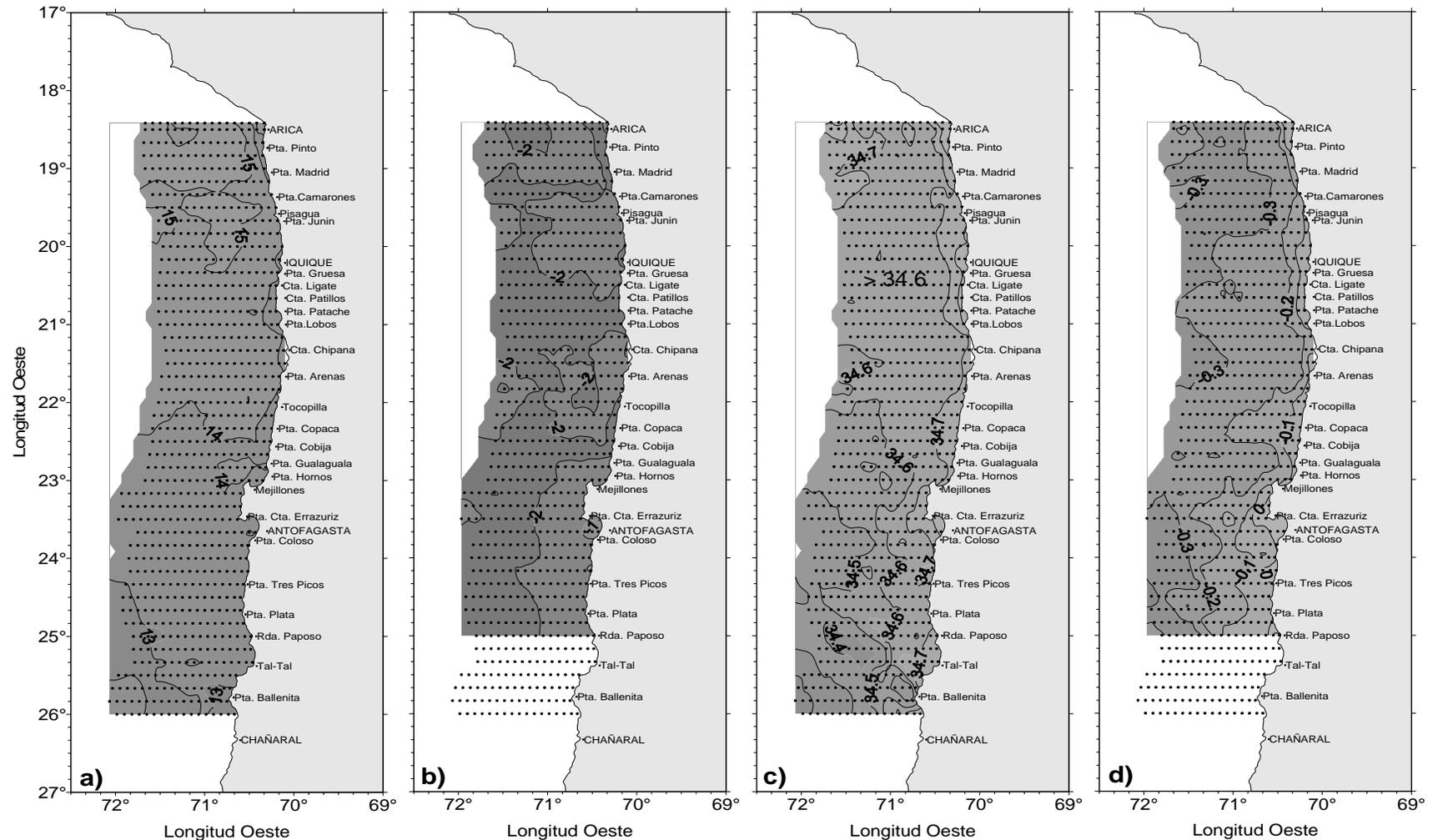
**Figura 10.** Distribuci3n espacial de los lances de pesca v/s los huevos de anchoveta. Crucero MPH - Invierno 2007. Color azul: lances efectivos; color verde lances no efectivos; color rojo huevos de anchoveta.



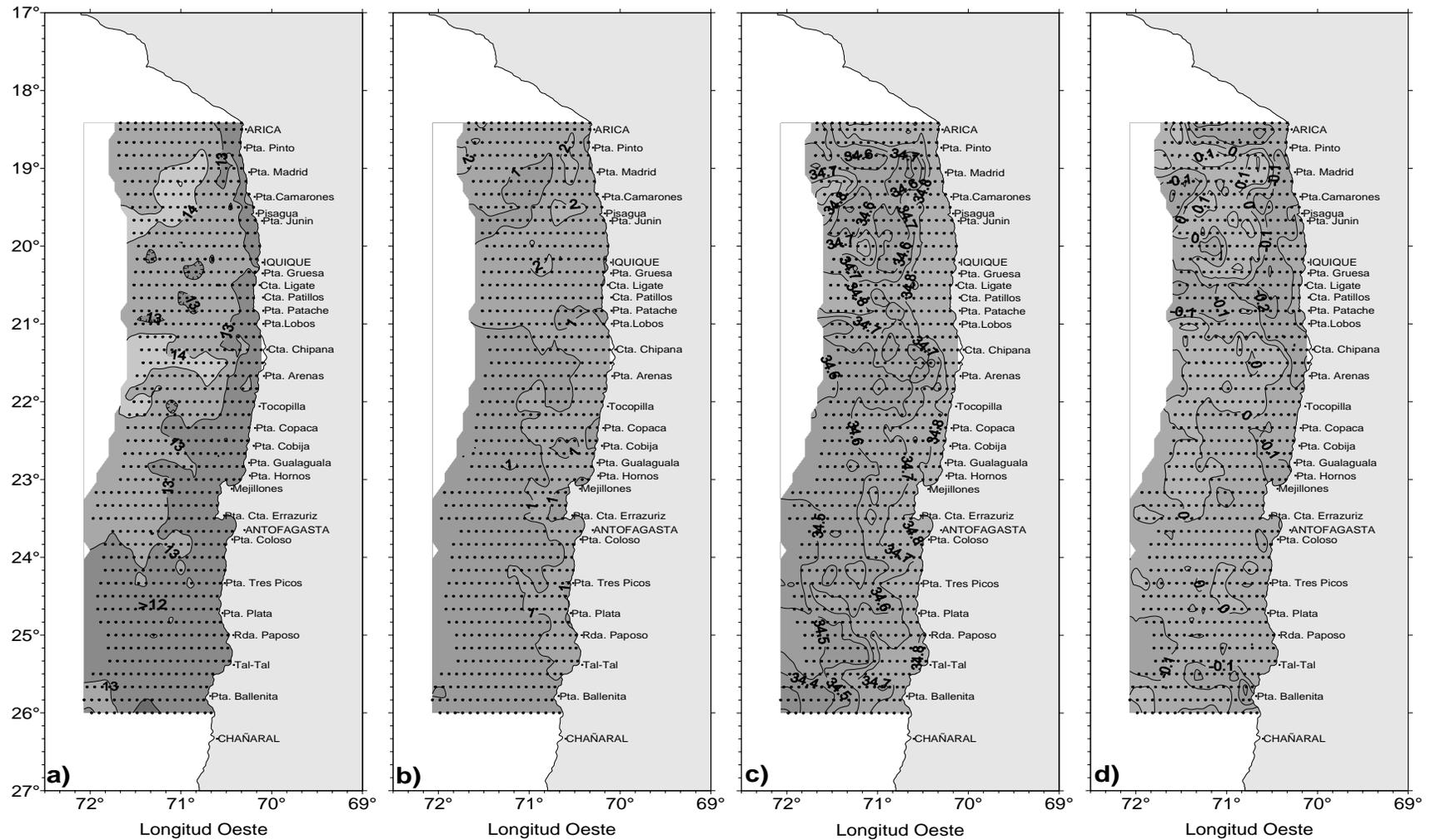
**Figura 11.** (a) Densidad media de huevos estimada para el período 1992-2007, a través del estimador de la media de una distribución delta y (b) proporción de estaciones positivas (con huevos), período 1992 - 2007.



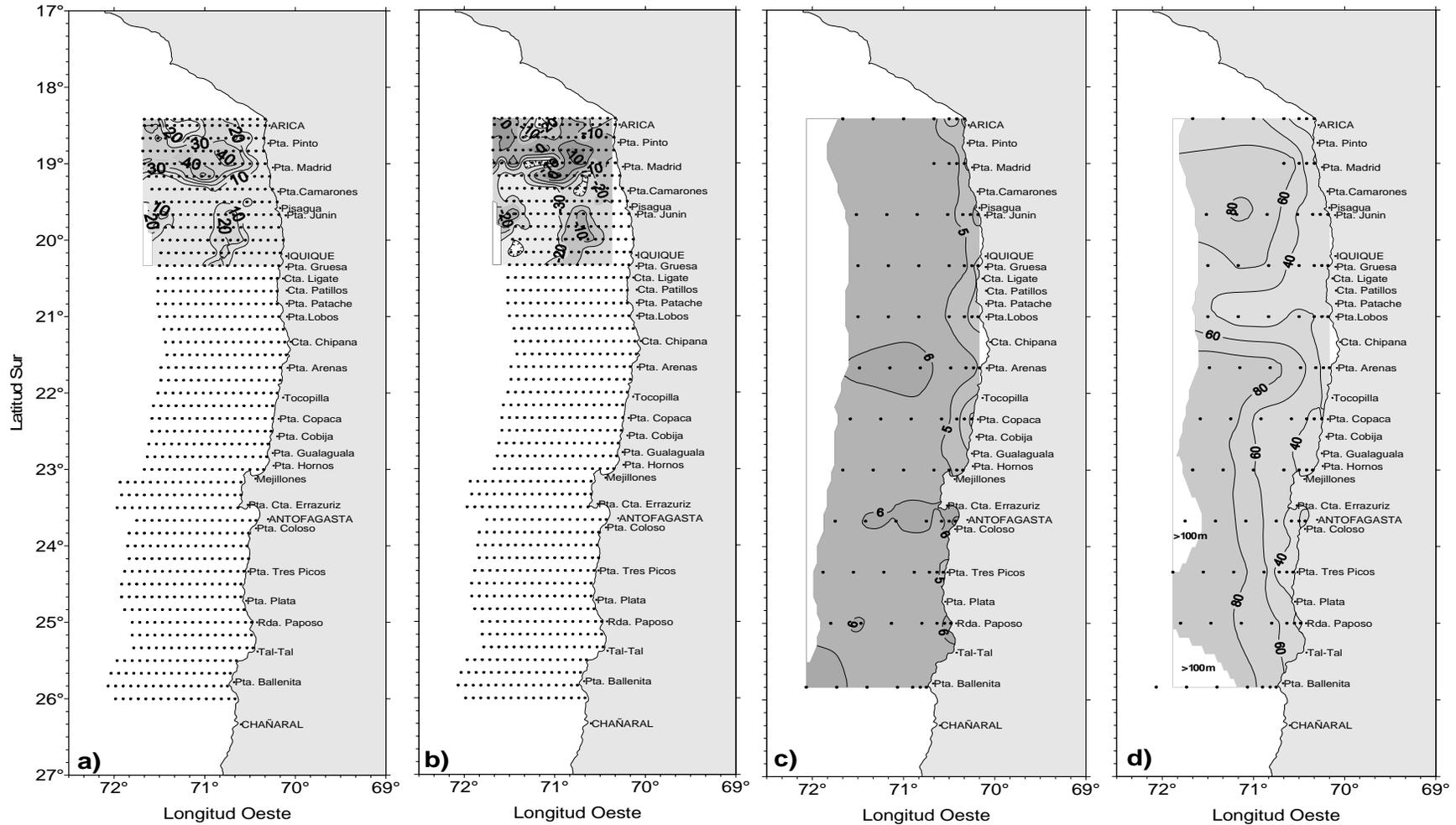
**Figura 12.** Informaci3n de a) direcci3n e intensidad del viento (m/s), b) índice de surgencia promedio de las observaciones en las primeras 30 mn por grado de latitud y c) índice de turbulencia promedio costero y oceánico por grado de latitud del viento predominante medido en las estaciones oceanográficas. Crucero MPH - Invierno 2007.



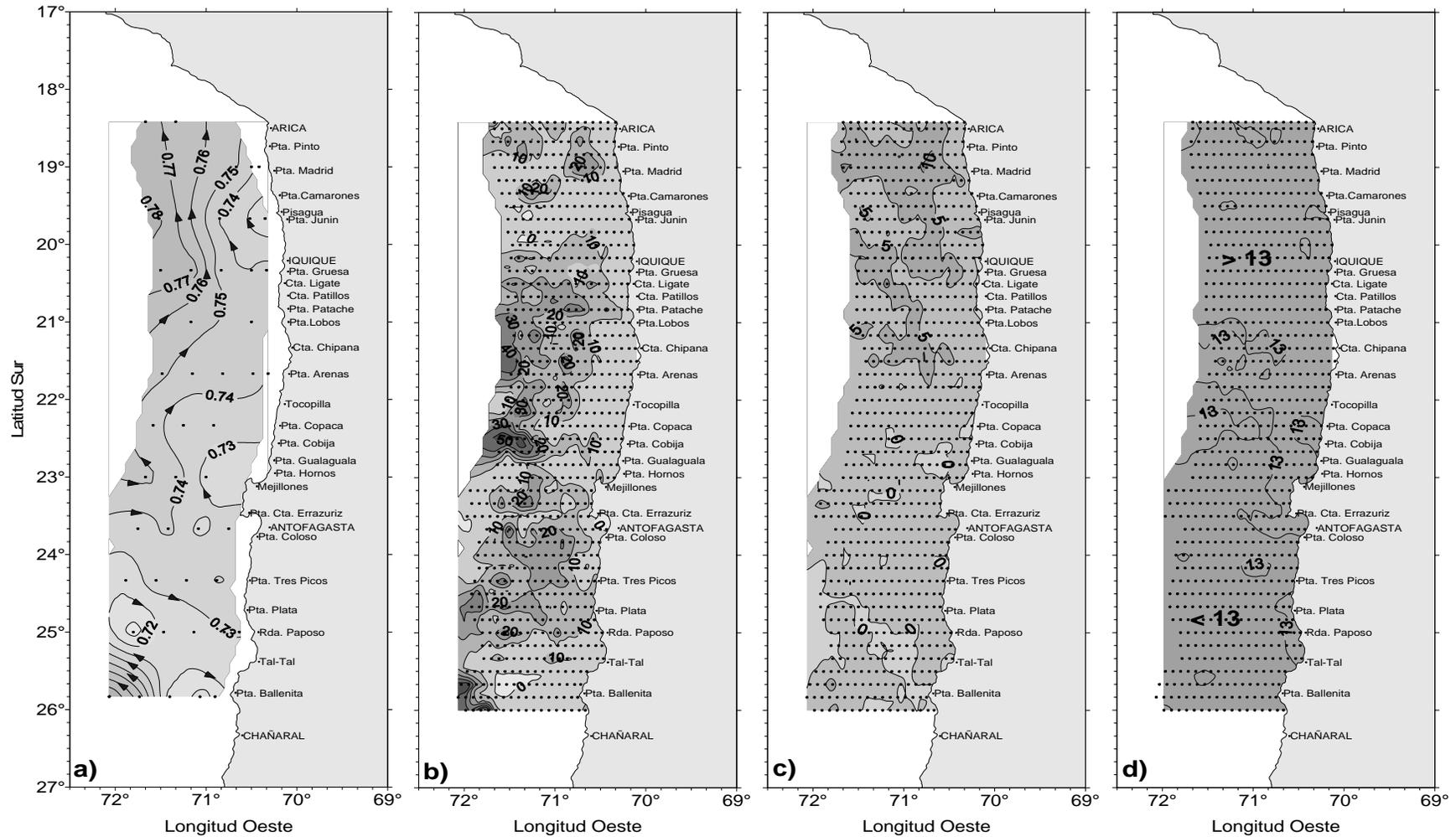
**Figura 13.** Distribuci3n superficial de a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH - Invierno 2007.



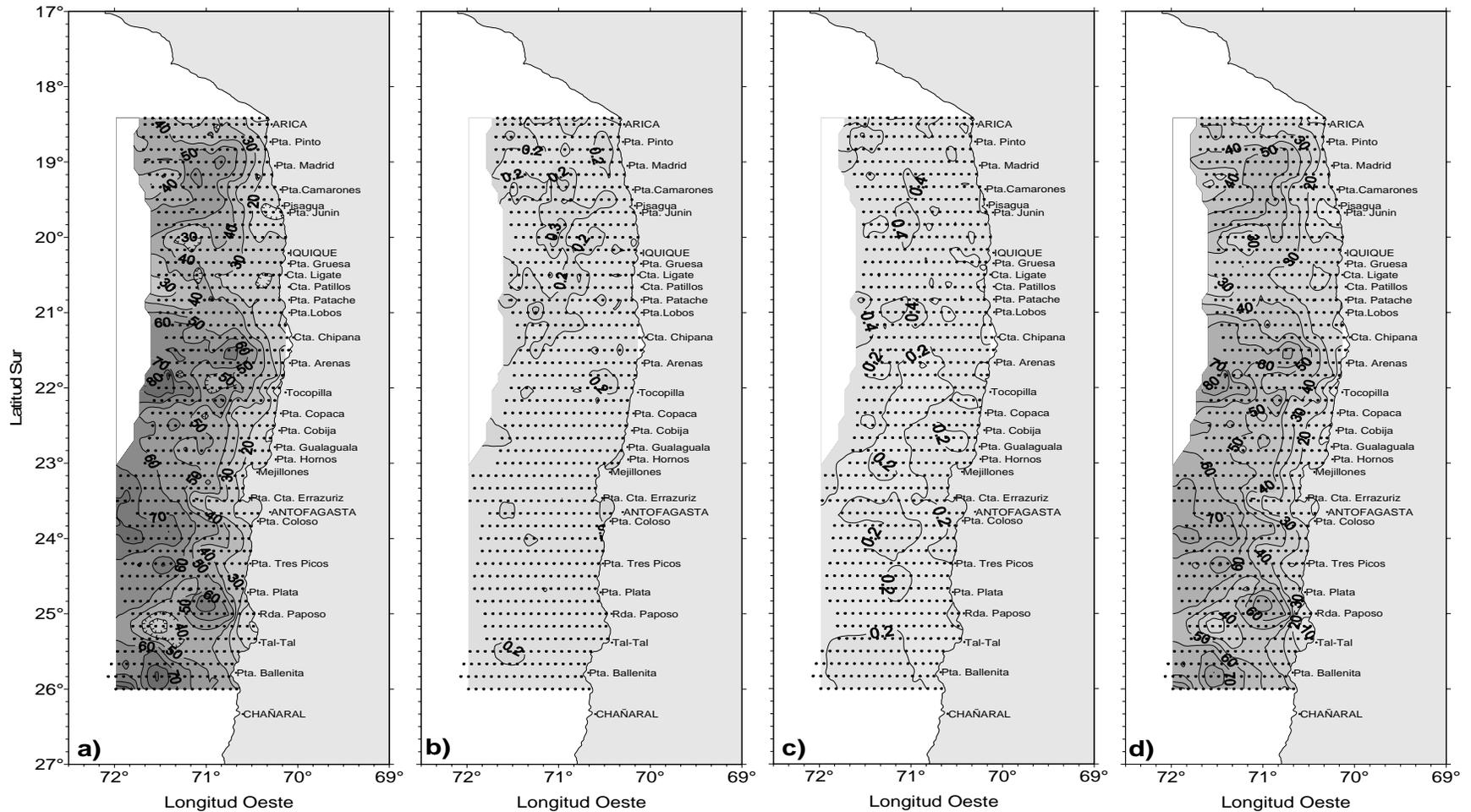
**Figura 14.** Distribuci3n de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en el nivel de 50 m de profundidad, b) diferencia t3rmica ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre superficie y el nivel de 50 m, c) salinidad (psu) en el nivel de 50 m de profundidad y d) diferencia de salinidad (psu) entre superficie y el nivel de 50 m. Crucero MPH - Invierno 2007.



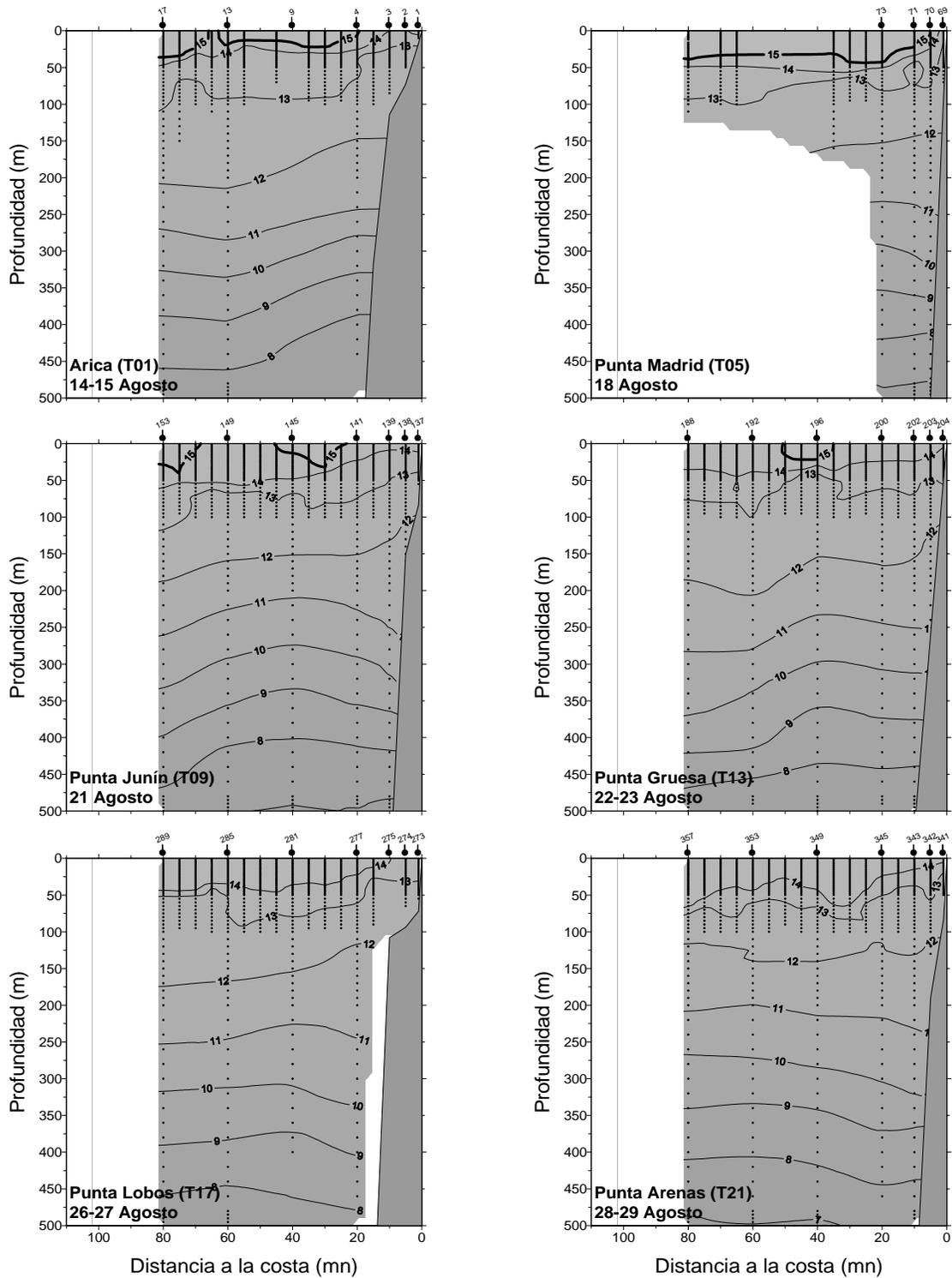
**Figura 15.** Distribuci3n de a) profundidad de la isoterma de 15°C (m), b) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m), c) concentraci3n de oxígeno disuelto superficial (mL/L) y d) profundidad de la isolínea de 1 mL/L de oxígeno disuelto (m). Crucero MPH - Invierno 2007.



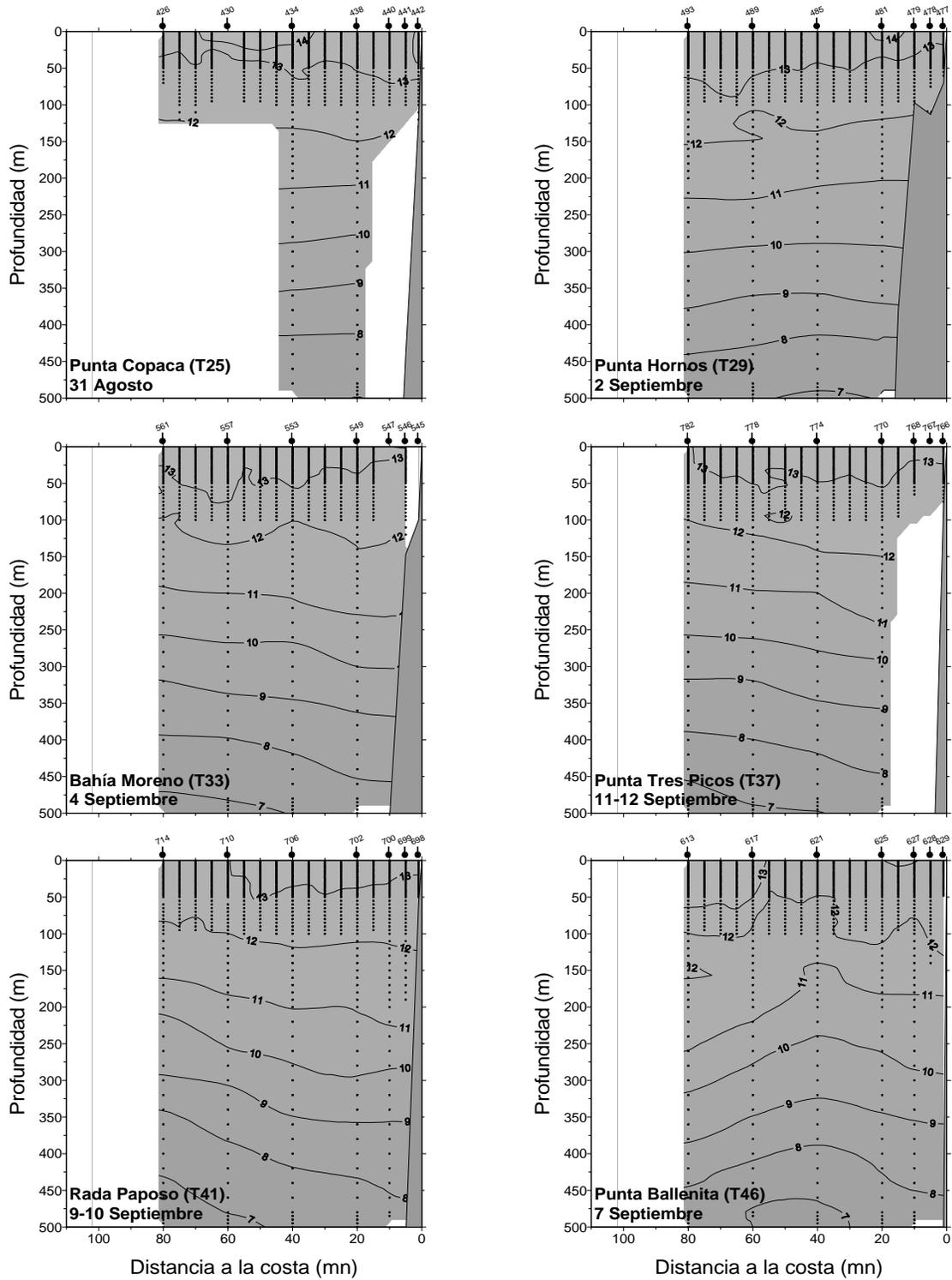
**Figura 16.** Distribuci3n de a) Anomalia geopotencial de superficie referida a 500 (db), b) espesor de la capa de mezcla (m), c), espesor de la termoclina (m) y d) temperatura base de la termoclina (°C). Crucero MPH - Invierno 2007.



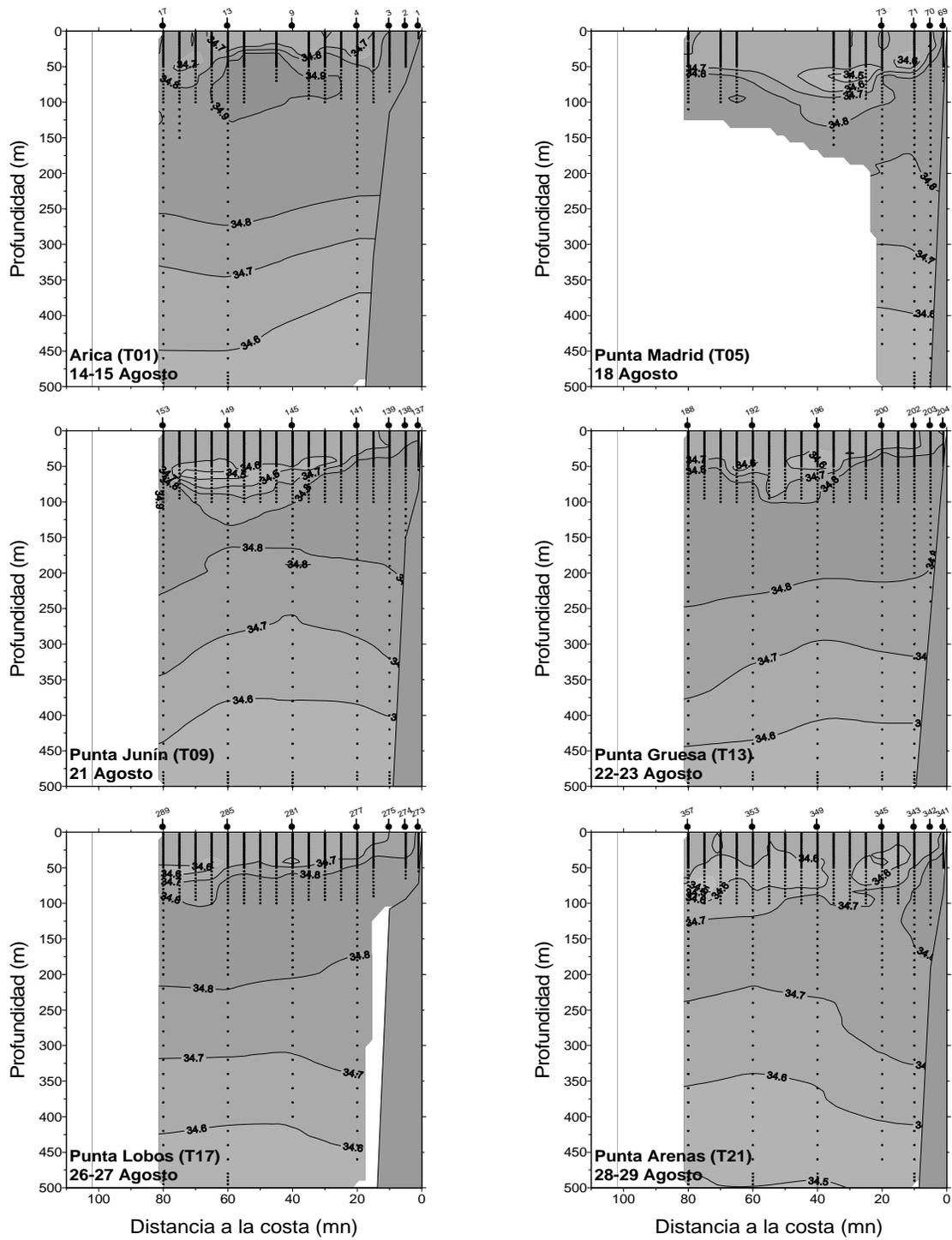
**Figura 17.** Distribuci3n de a) profundidad de la base de la termoclina (m), b) gradiente de temperatura promedio de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ), c) m3ximo gradiente de temperatura en la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) y d) profundidad del m3ximo gradiente de temperatura en la termoclina (m). Crucero MPH - Invierno 2007.



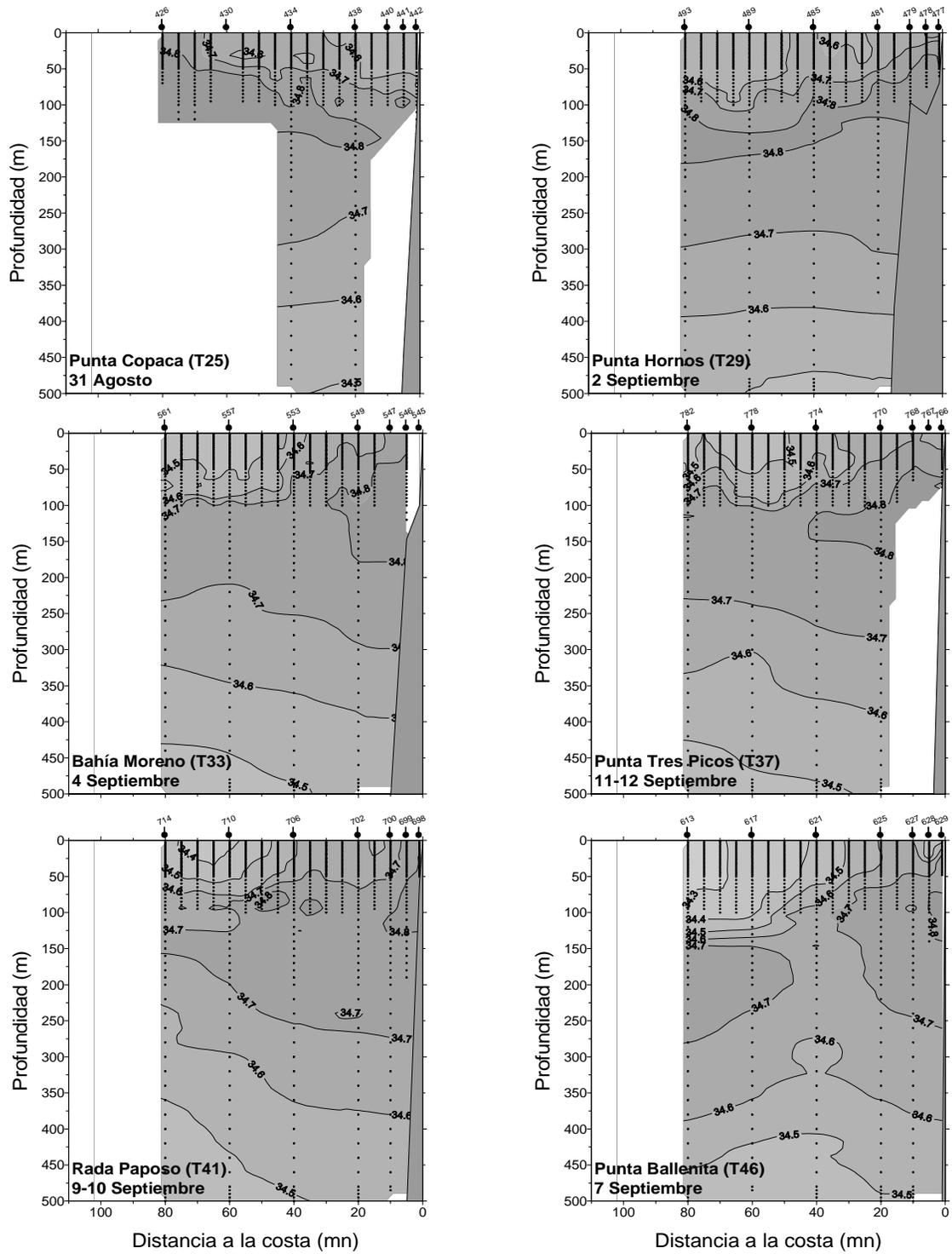
**Figura 18.** Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas oceanogr3ficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - Invierno 2007.



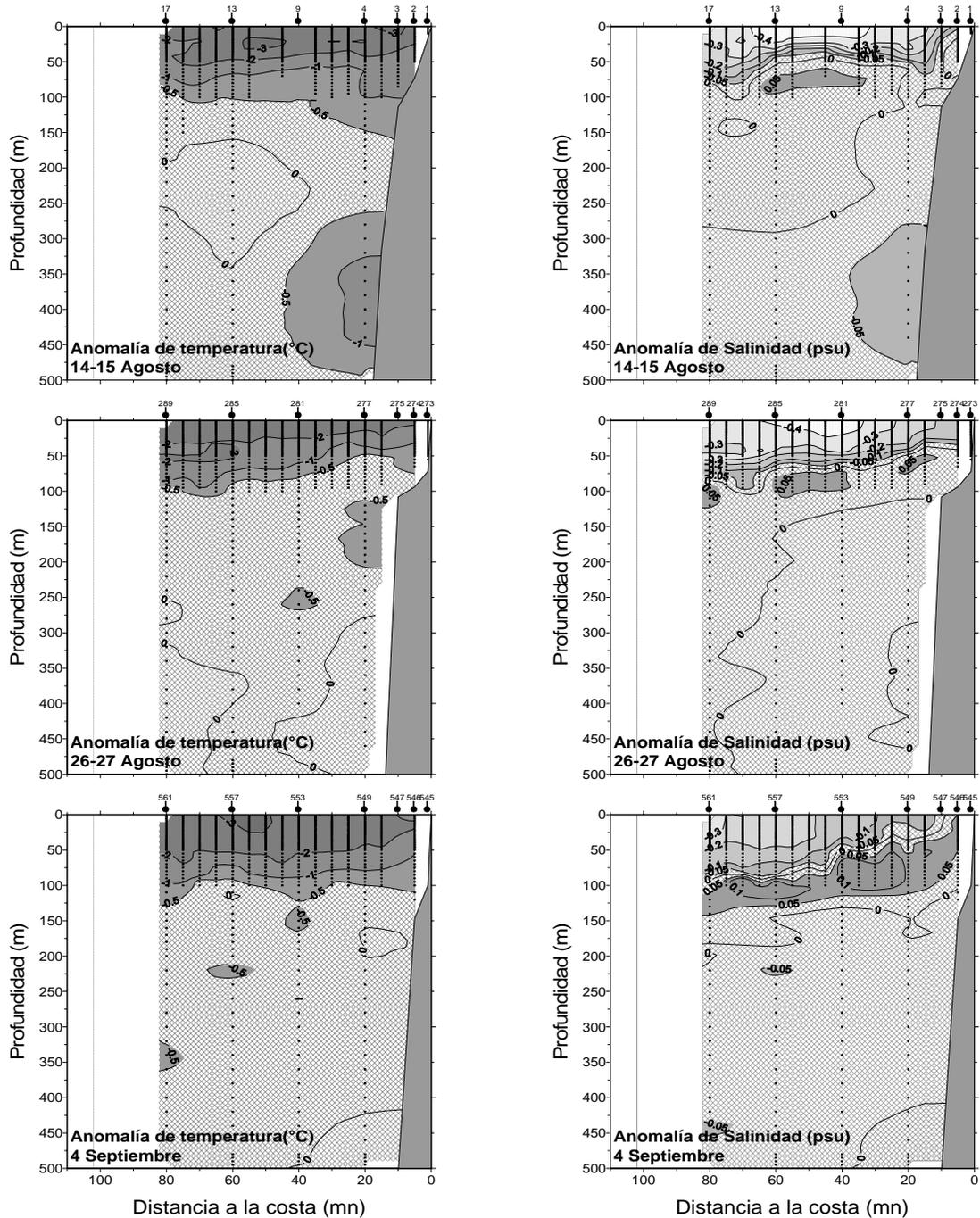
**Figura 19.** Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas oceanográficas 25, 29, 33, 37, 41 y 46. Crucero MPH - Invierno 2007.



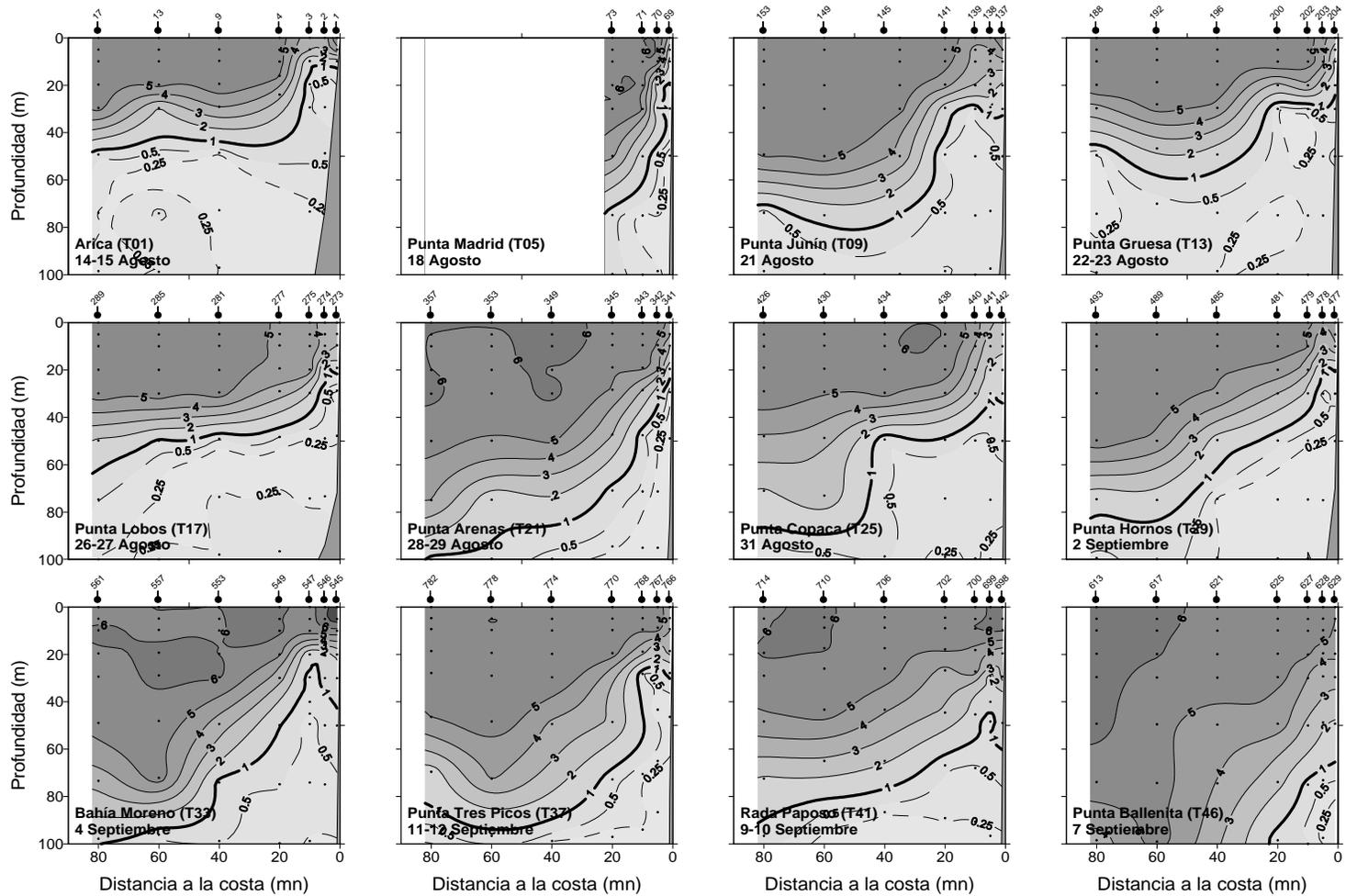
**Figura 20.** Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanogr3ficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - Invierno 2007.



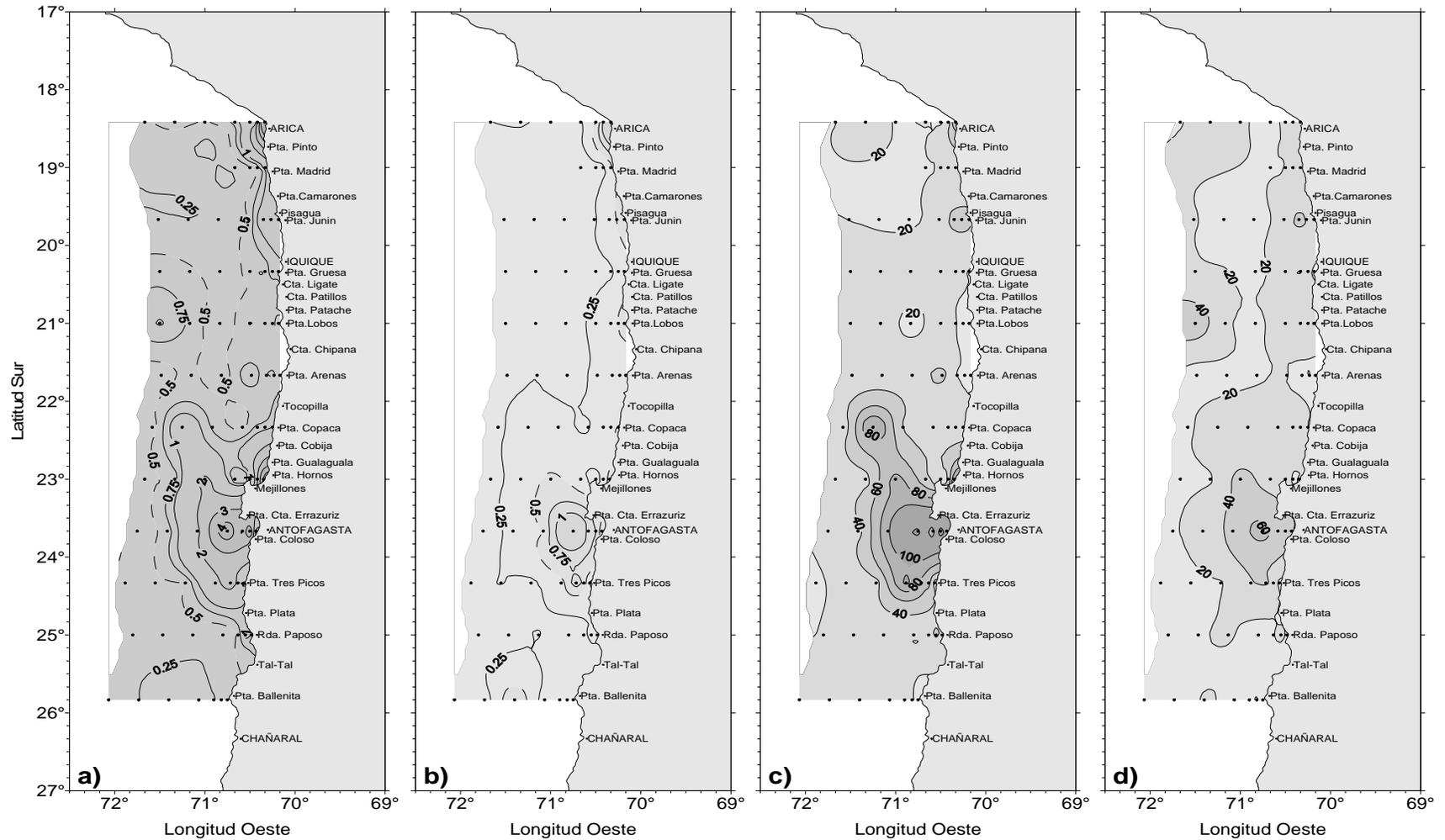
**Figura 21.** Distribuci3n vertical de salinidad ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas oceanogr3ficas 25, 29, 33, 37, 41 y 46. Crucero MPH - Invierno 2007.



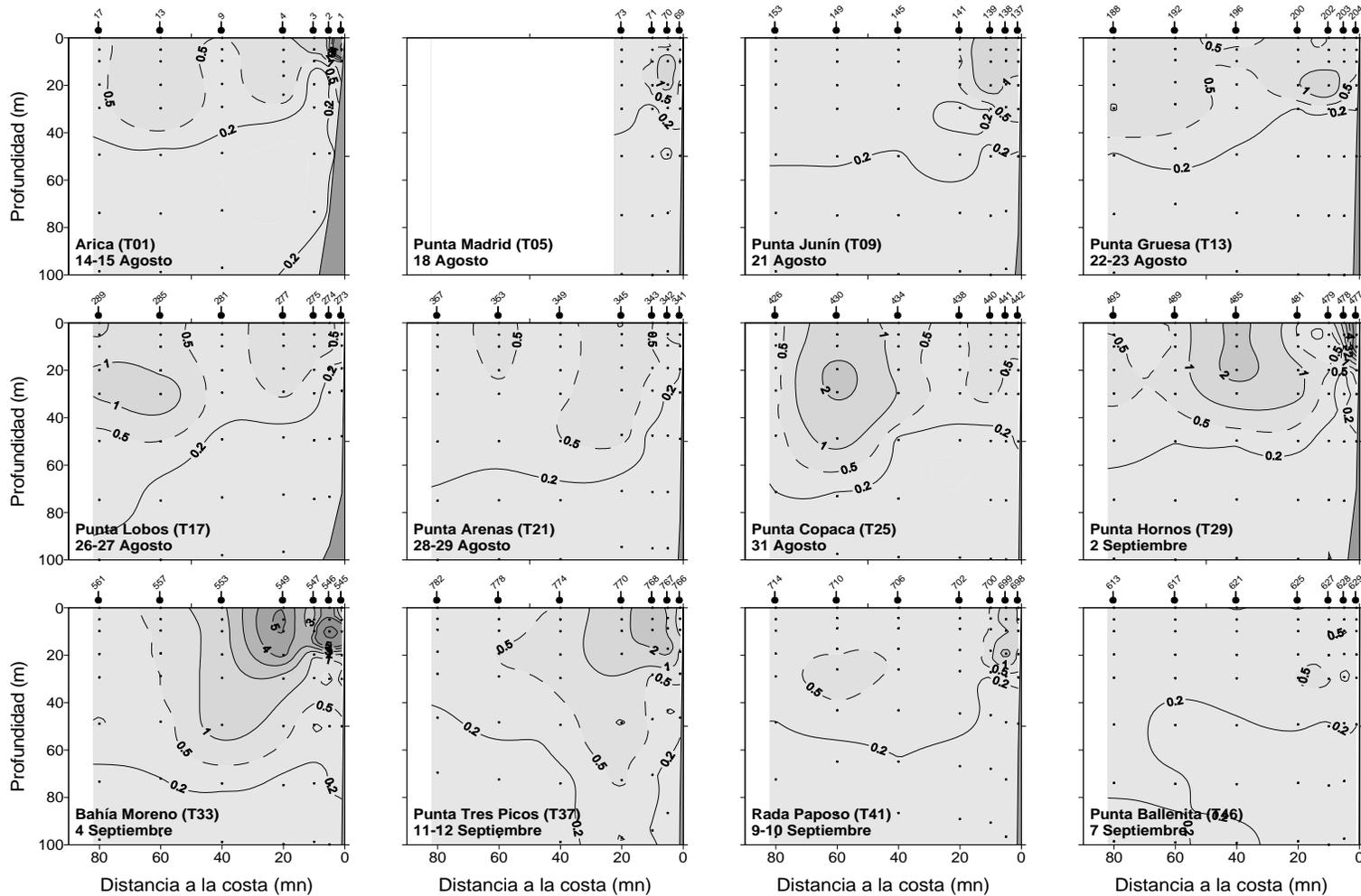
**Figura 22.** Anomalia vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas: de Arica (18°25'S) (T1), punta Lobos (21°00'S) (T17) y Bahía Moreno (23°40'S) (T33). Crucero MPH - Invierno 2007.



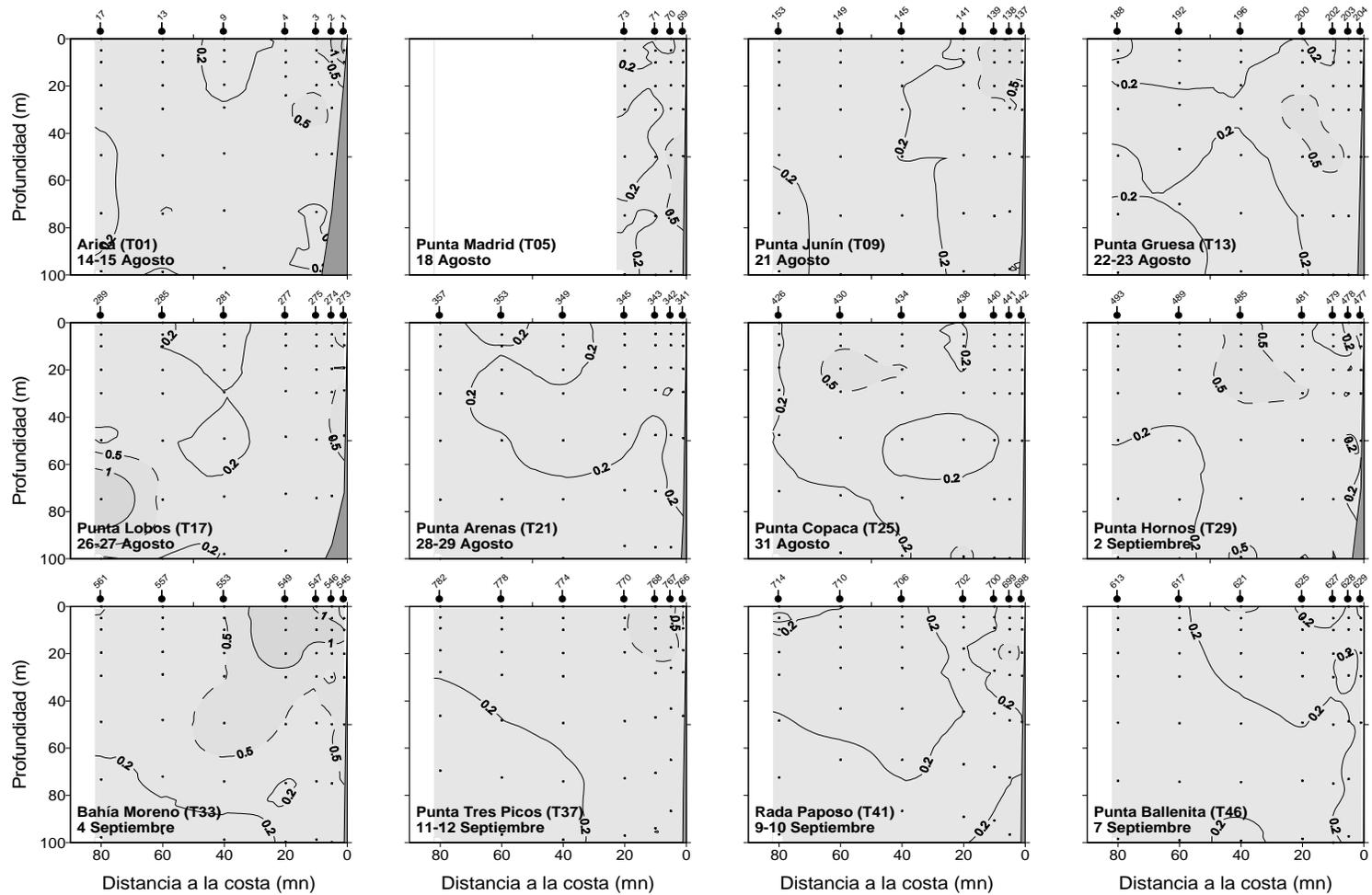
**Figura 23.** Distribuci3n vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas oceanográficas. Crucero MPH - Invierno 2007.



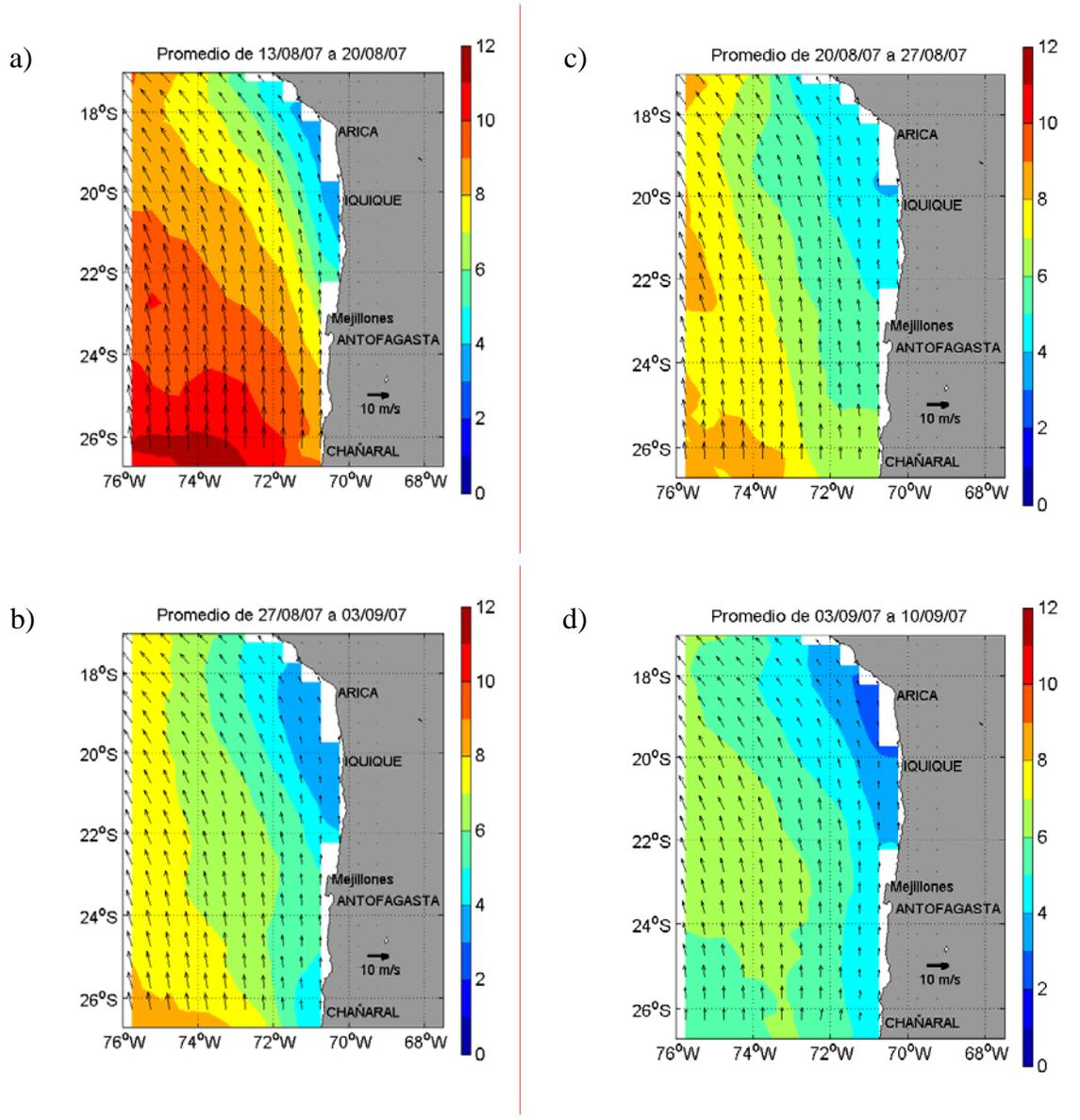
**Figura 24.** Distribuci3n de a) clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ), b) feopigmento superficial ( $\mu\text{g/L}$ ), c) clorofila integrada ( $\text{mg/m}^2$ ) y d) feopigmentos integrados ( $\text{mg/m}^2$ ) Crucero MPH - Invierno 2007.



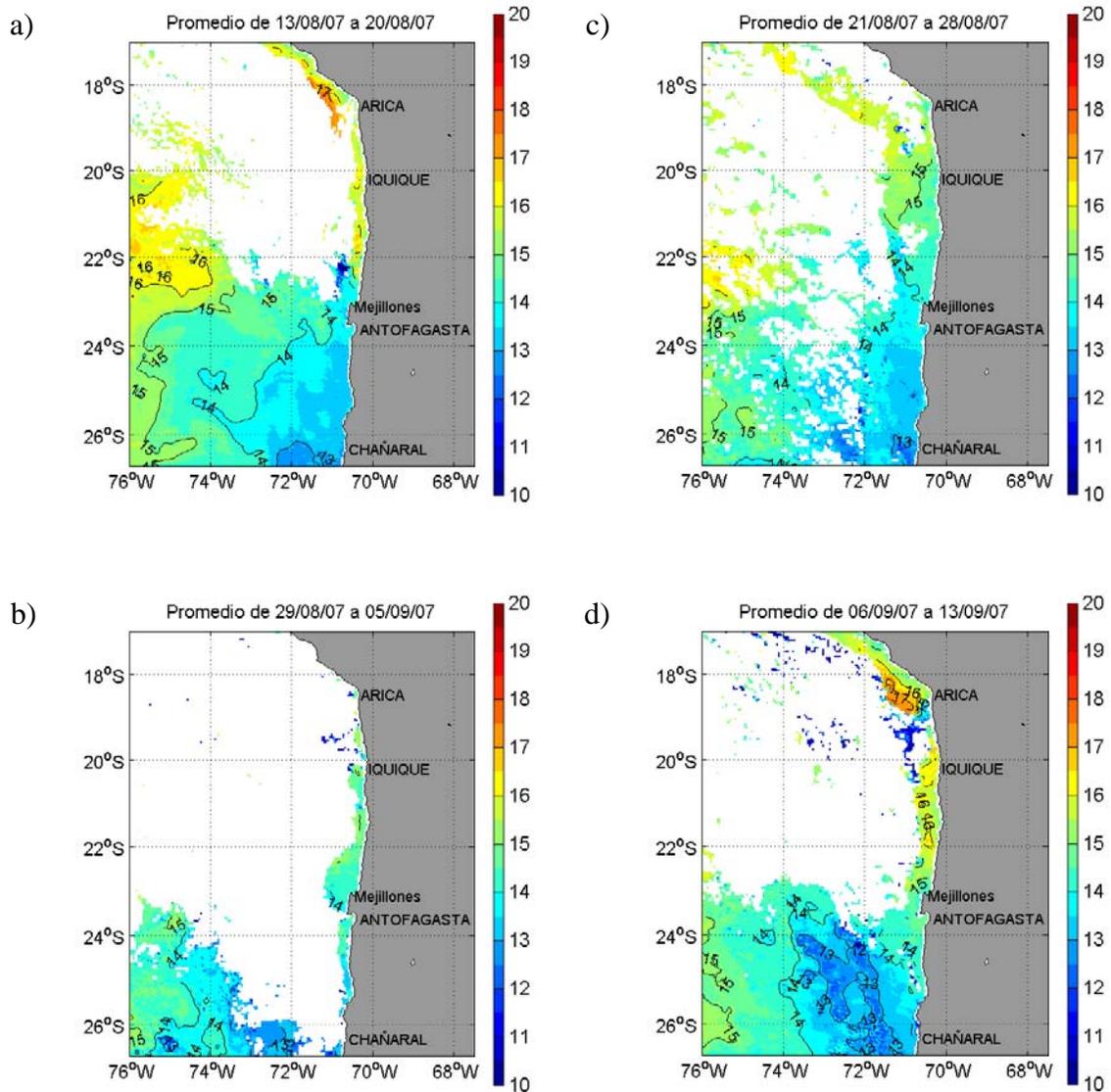
**Figura 25.** Distribuci3n vertical de clorofila *a* ( $\mu\text{g/L}$ ), en las transectas oceanogr3ficas. Crucero MPH - Invierno 2007.



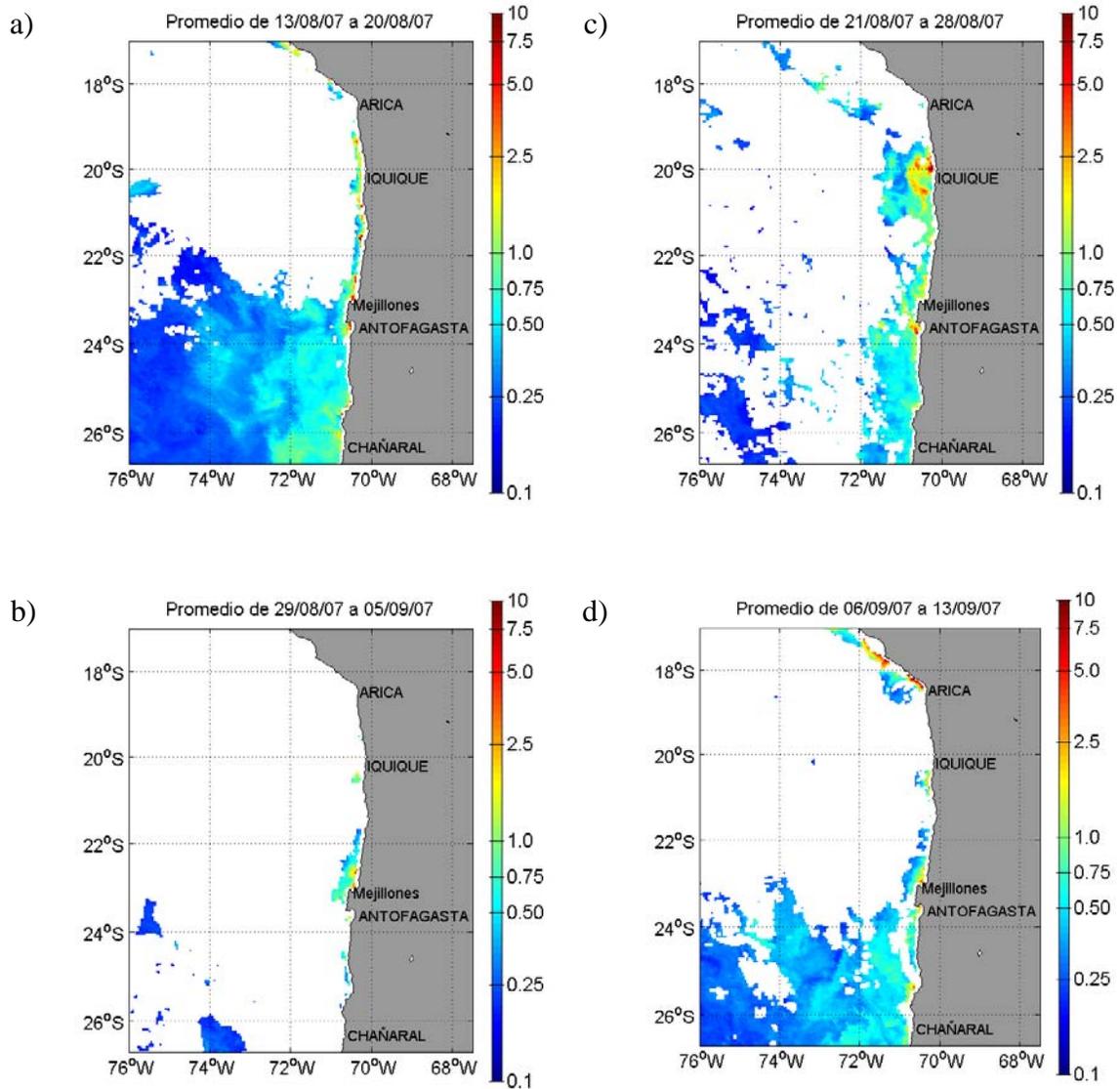
**Figura 26.** Distribuci3n vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), en las transectas oceanogr3ficas. Crucero MPH - Invierno 2007



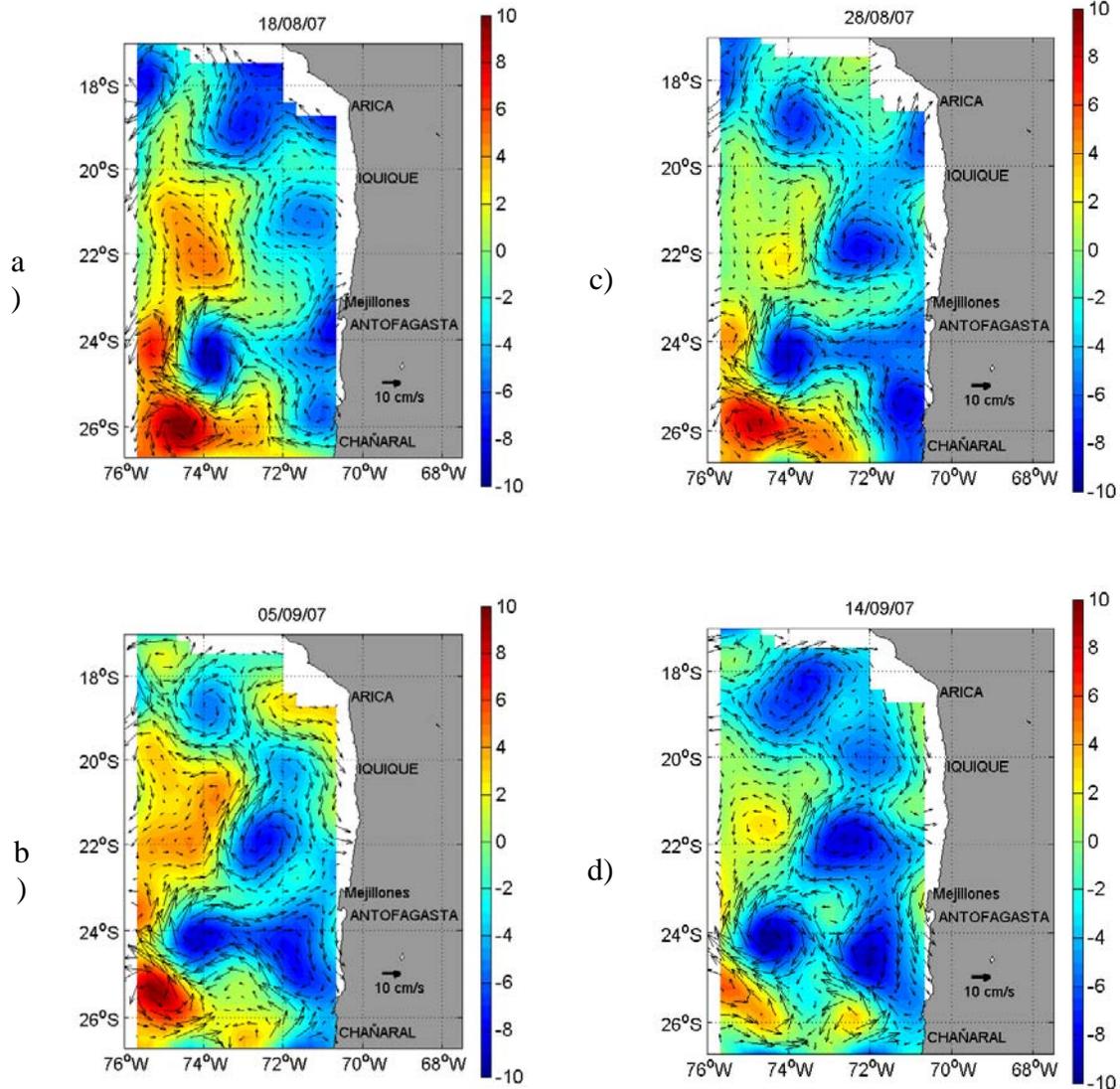
**Figura 27.** Distribuci3n espacial del promedio semanal del viento y la magnitud del viento (colores) en la zona norte de Chile, correspondiente a los periodos 13 al 20 de agosto (a), 21 al 28 de agosto (b), 29 de agosto al 5 de septiembre (c) y 6 al 13 de septiembre (d), de 2007. Crucero MPH - Invierno 2007.



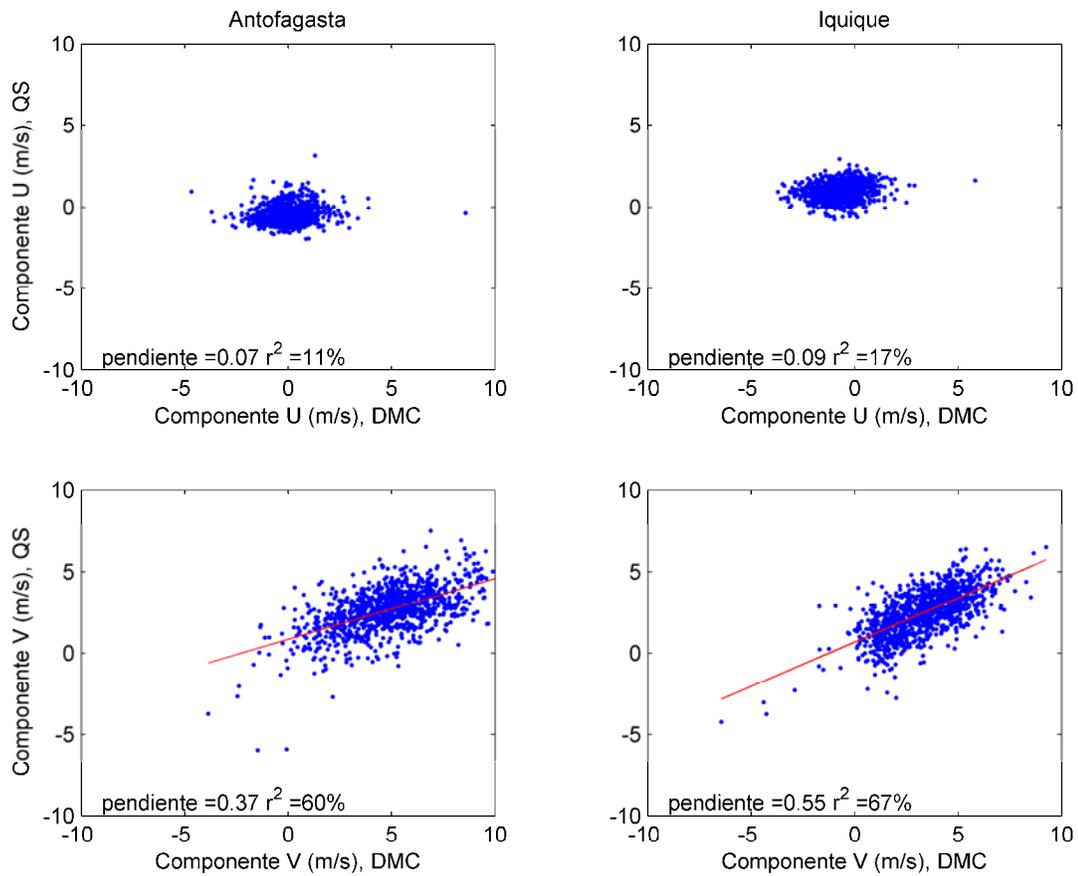
**Figura 28.** Distribuci3n espacial del promedio semanal de temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile, correspondiente a los periodos 13 al 20 de agosto (a), 21 al 28 de agosto (b), 29 de agosto al 5 de septiembre (c) y 6 al 13 de septiembre (d), de 2007. Crucero MPH - Invierno 2007.



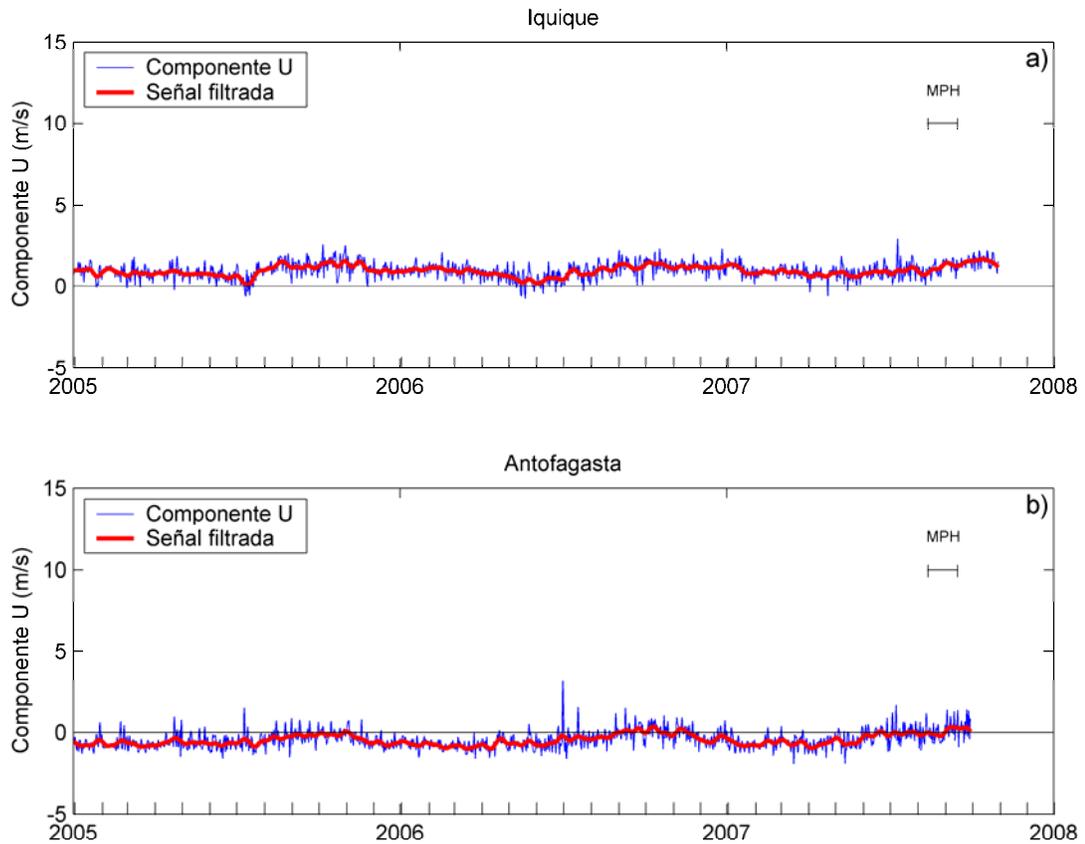
**Figura 29.** Distribuci3n superficial promedio semanal de la clorofila-a satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los periodos 13 al 20 de agosto (a), 21 al 28 de agosto (b), 29 de agosto al 5 de septiembre (c) y 6 al 13 de septiembre (d), de 2007. (Satélite: MODISA). Crucero MPH - Invierno 2007.



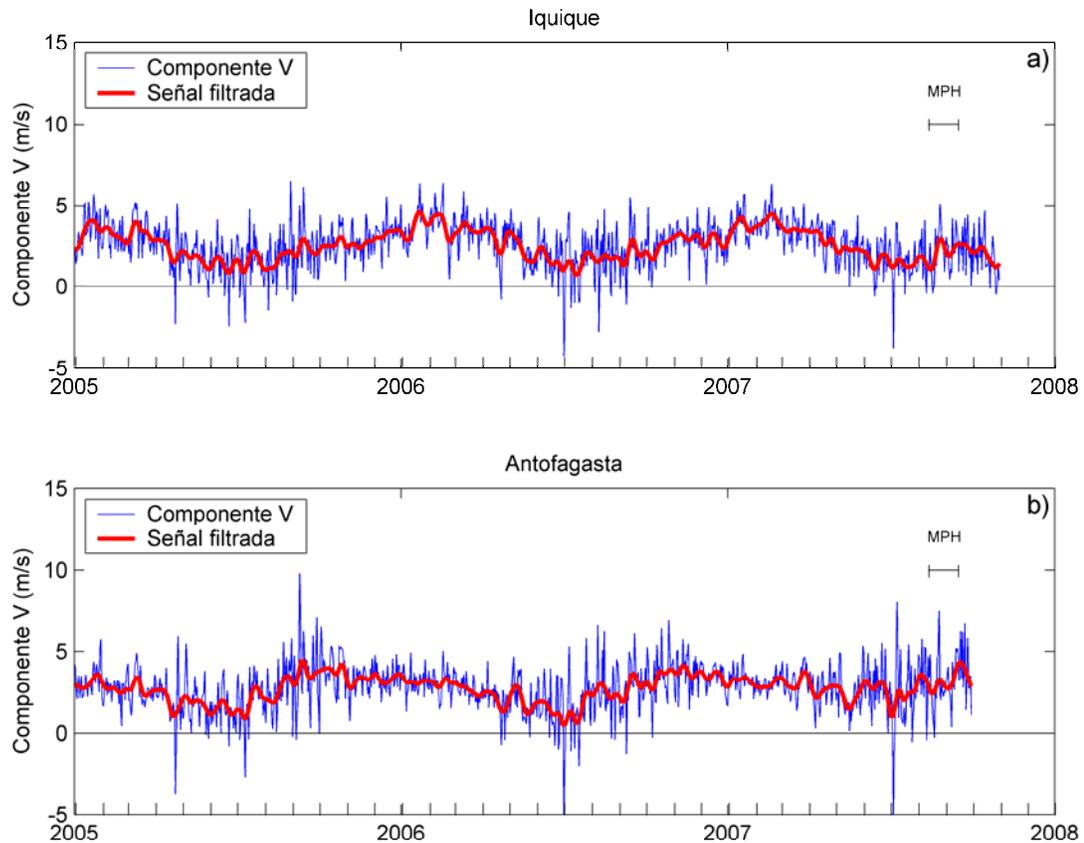
**Figura 30.** Distribuci3n espacial de la anomalía de nivel medio del mar(color) y las velocidades geostróficas correspondientes en la zona norte de Chile, correspondiente a imágenes diarias representativas de la situaci3n prevaleciente durante el crucero. Las imágenes corresponden al 18 (a) y 28 (b) de agosto y 5 (c) y 14 (d) de septiembre de 2007. Crucero MPH - Invierno 2007.



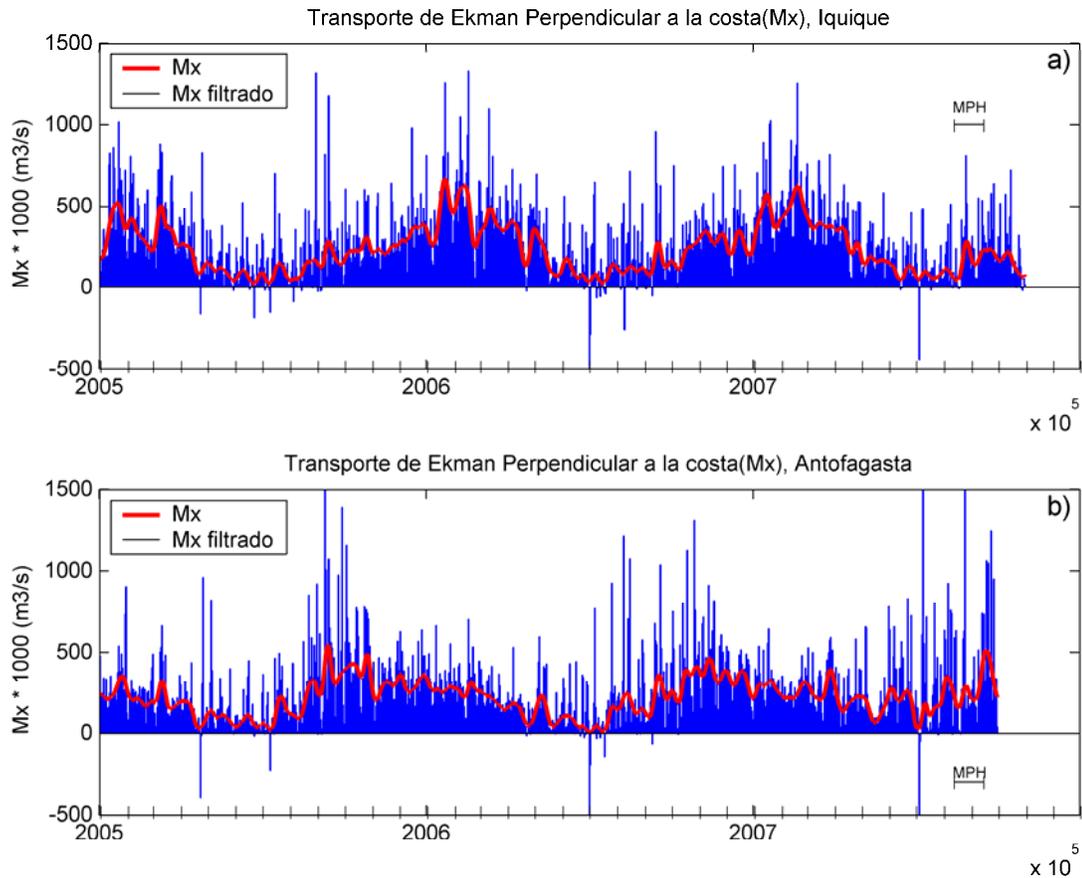
**Figura 31.** Asociaci3n entre las componentes U (panel superior) y V (panel inferior) del viento satelital (Quikscat) frente a la costa y viento en los aeropuertos de Iquique y Antofagasta. Solo la componente V presenta una asociaci3n como para poder ajustar un modelo lineal (rojo) en la nube de puntos. La serie de datos diarios abarcan de enero de 2005 a octubre de 2007.



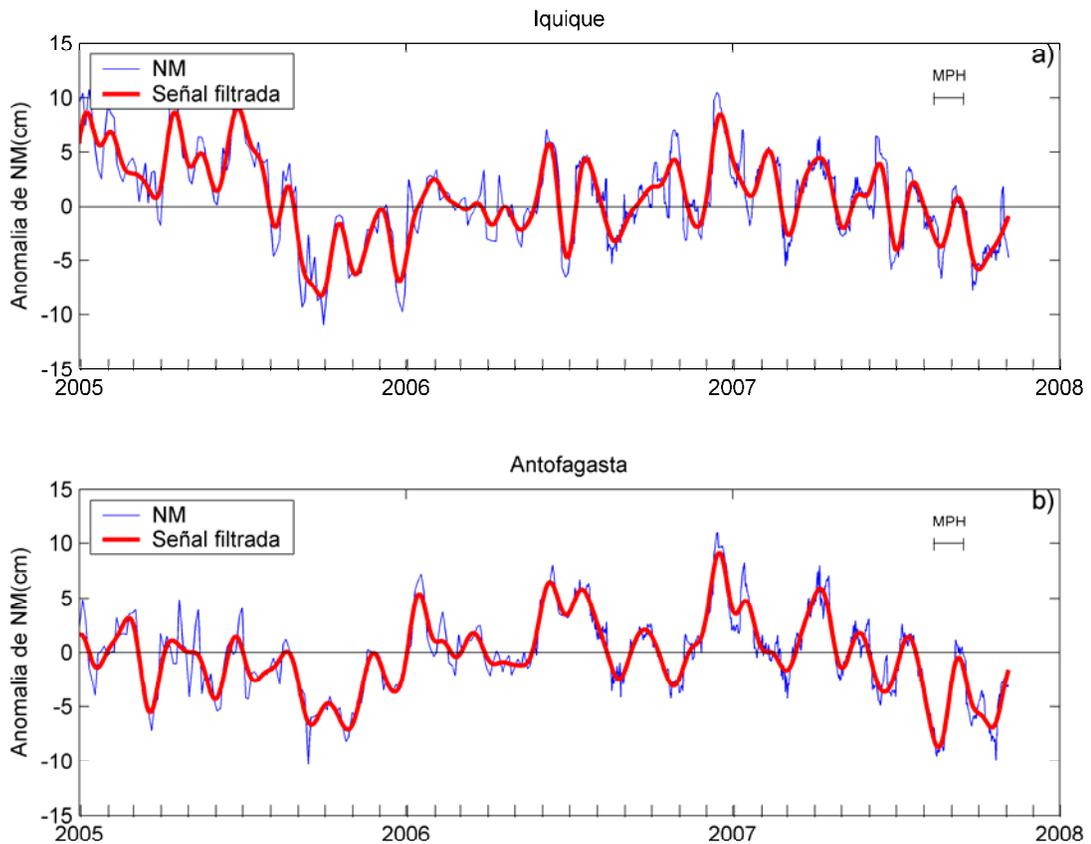
**Figura 32.** Serie de tiempo de la componente perpendicular a la costa (U) en los aeropuertos de Iquique (a) y Antofagasta (b). La se1al cruda (azul) fue suavizada con un filtro hanning de 17 pesos y se obtuvo la se1al filtrada (rojo), abarcando el periodo 01-01-2005 al 31-10-2007 en Antofagasta y 30-11-2007 en Iquique. Crucero MPH - Invierno 2007.



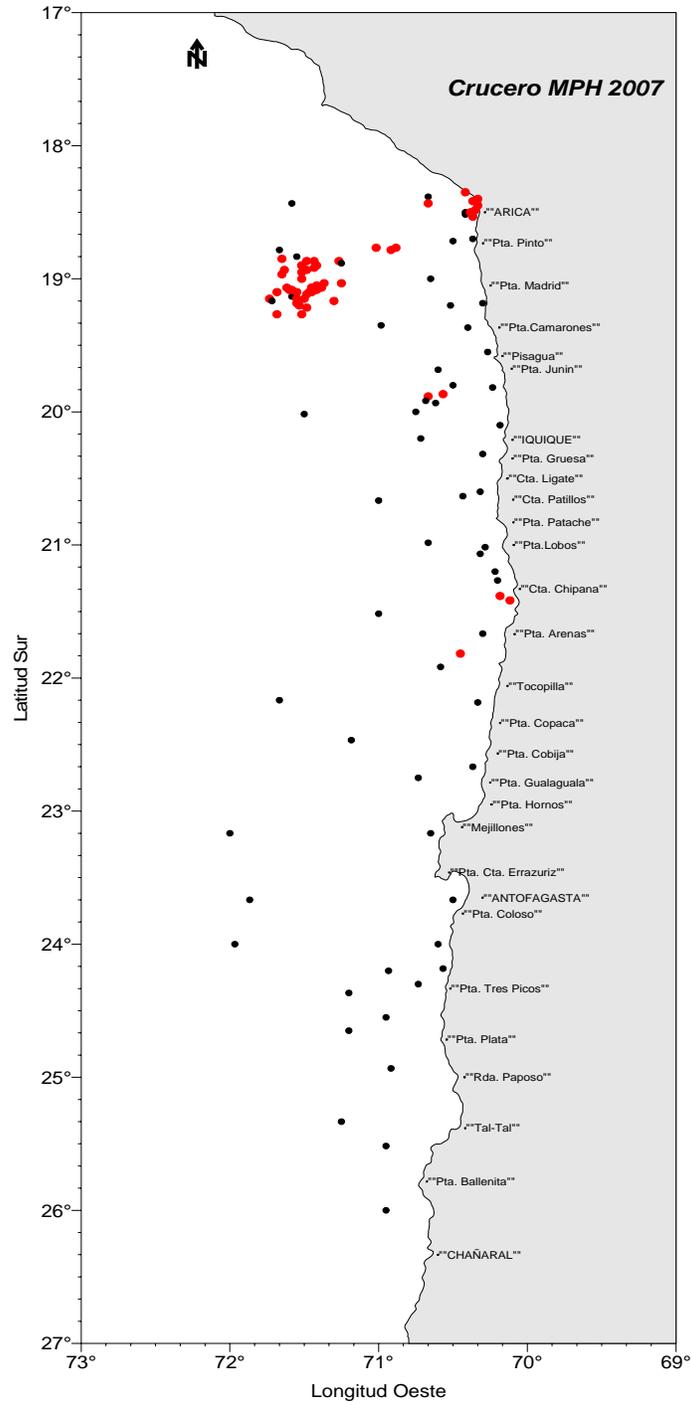
**Figura 33.** Serie de tiempo de la componente paralela a la costa (V) en los aeropuerto de Iquique (a) y Antofagasta (b). La se1al cruda (azul) fue suavizada con un filtro hanning de 17 pesos y se obtuvo la se1al filtrada (rojo), abarcando el periodo 01-01-2005 al 31-10-2007 en Antofagasta y 30-11-2007 en Iquique. Crucero MPH - Invierno 2007.



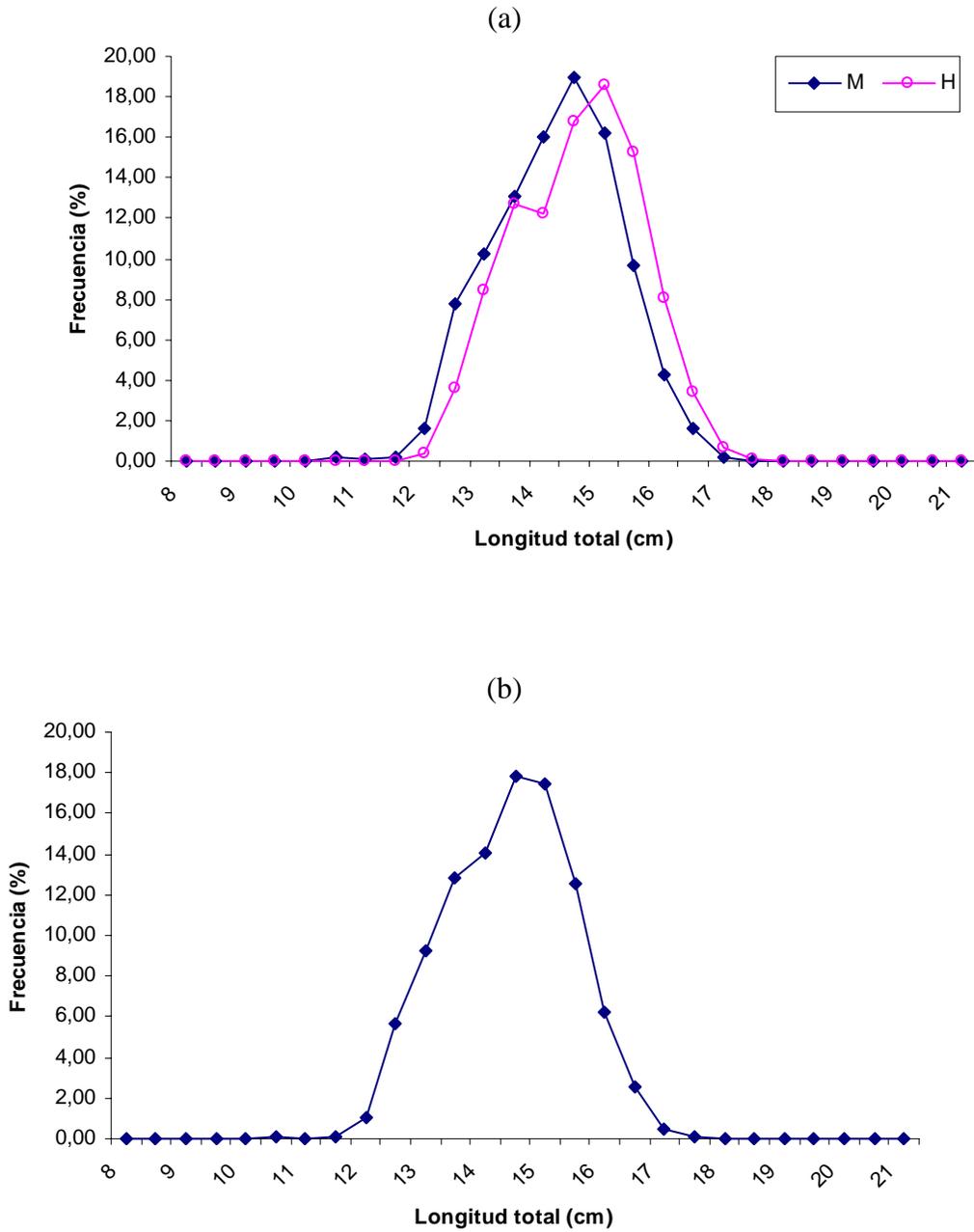
**Figura 34.** Serie de tiempo del transporte perpendicular a la costa (Ekman) por 1000 m de costa en las localidades de Iquique (a) y Antofagasta (b). La se1al cruda (azul) fue suavizada con un filtro hanning de 17 pesos y se obtuvo la se1al filtrada (rojo), abarcando el periodo 01-01-2005 al 30-09-2007 en Antofagasta y 31-10-2007 en Iquique. Crucero MPH - Invierno 2007.



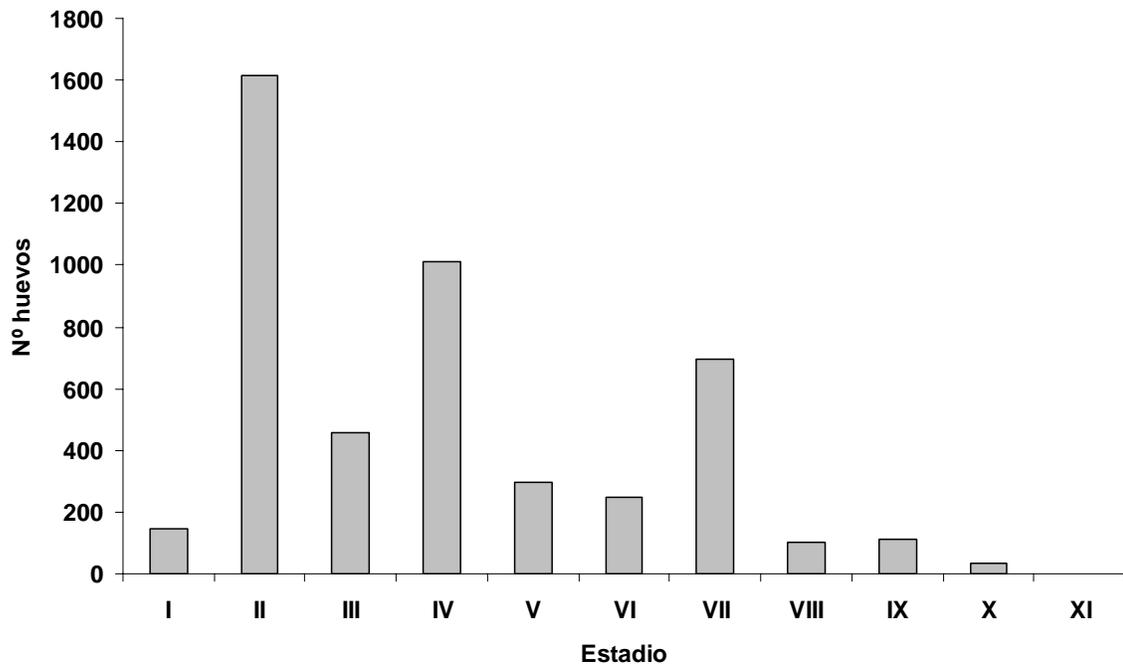
**Figura 35.** Serie de tiempo de la anomalía del nivel del mar cerca de la costa. La señal cruda (azul) fue suavizada con un filtro coseno lanczos de 91 pesos y se obtuvo la señal filtrada (rojo) para las localidades costeras de Iquique (a) y Antofagasta (b), abarcando el periodo 01-01-2005 al 31-10-2007. Crucero MPH - Invierno 2007.



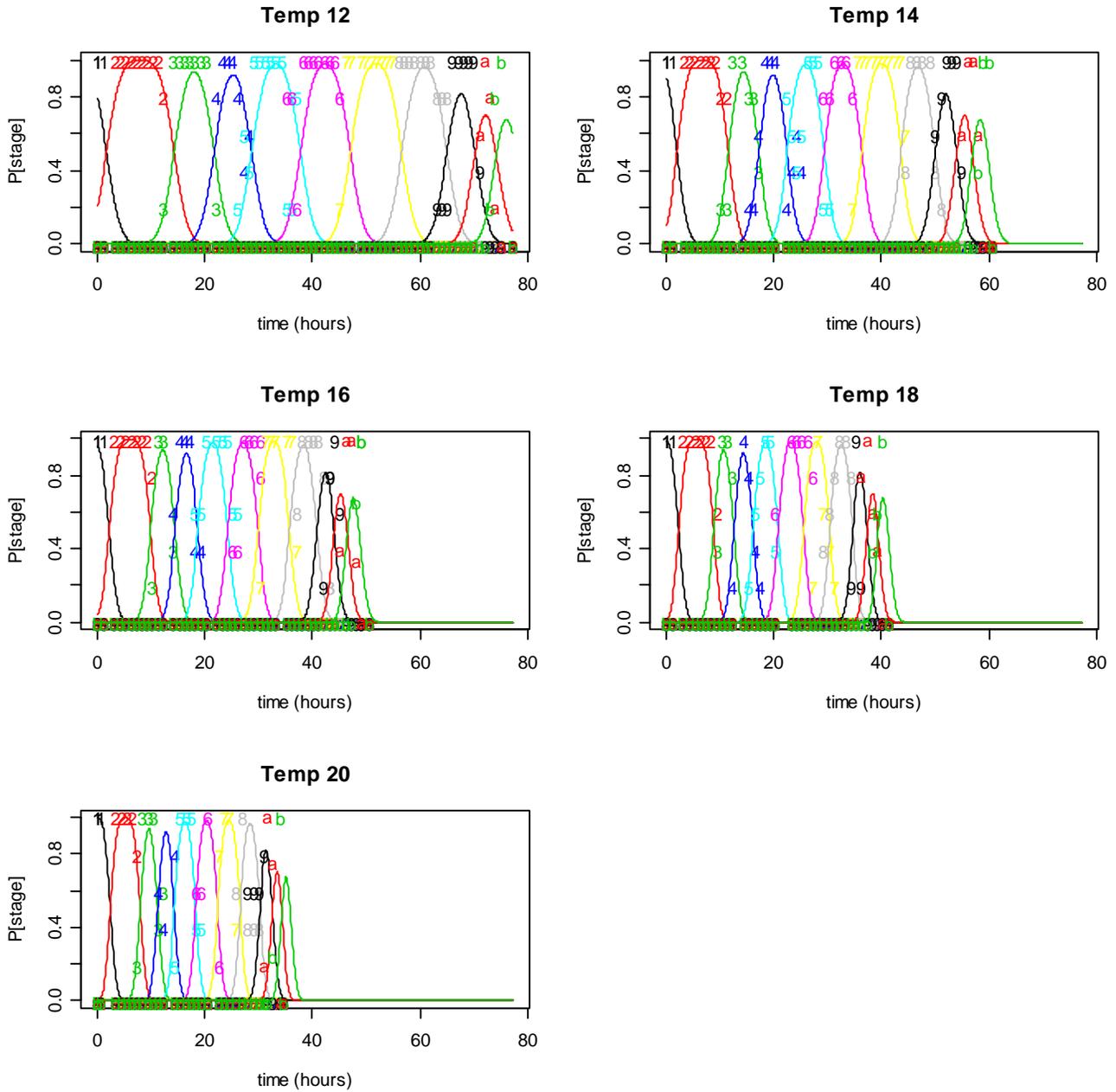
**Figura 36.** Distribuci3n espacial de los lances de pesca. Crucero MPH - Invierno 2007. Color rojo: lances efectivos; color negro: lances no efectivos.



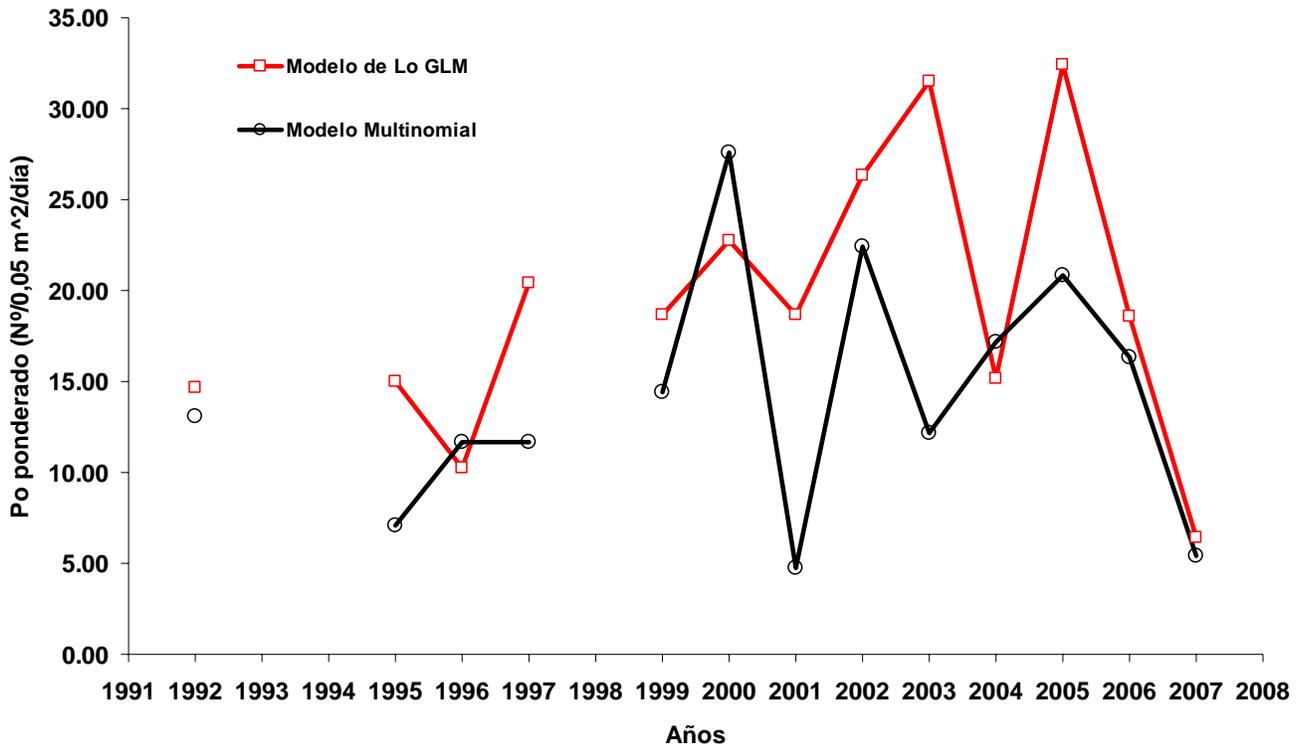
**Figura 37.** Distribuci3n de tama1os de anchoveta capturadas entre la I y II Regiones, (a): por sexo (M: machos; H: hembras) y (b): Total. Crucero MPH - Invierno 2007.



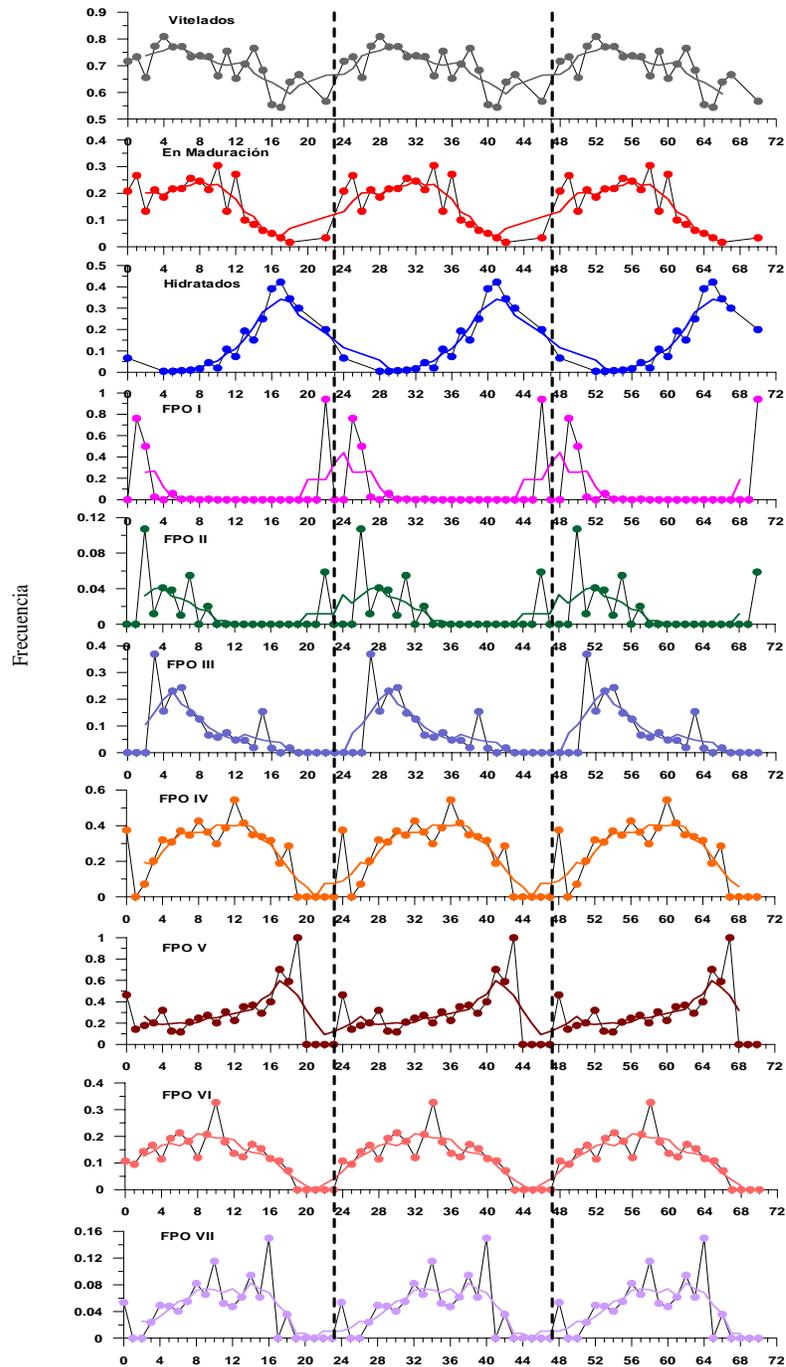
**Figura 38.** Frecuencia (Nº) de huevos de anchoveta por estadio de desarrollo.



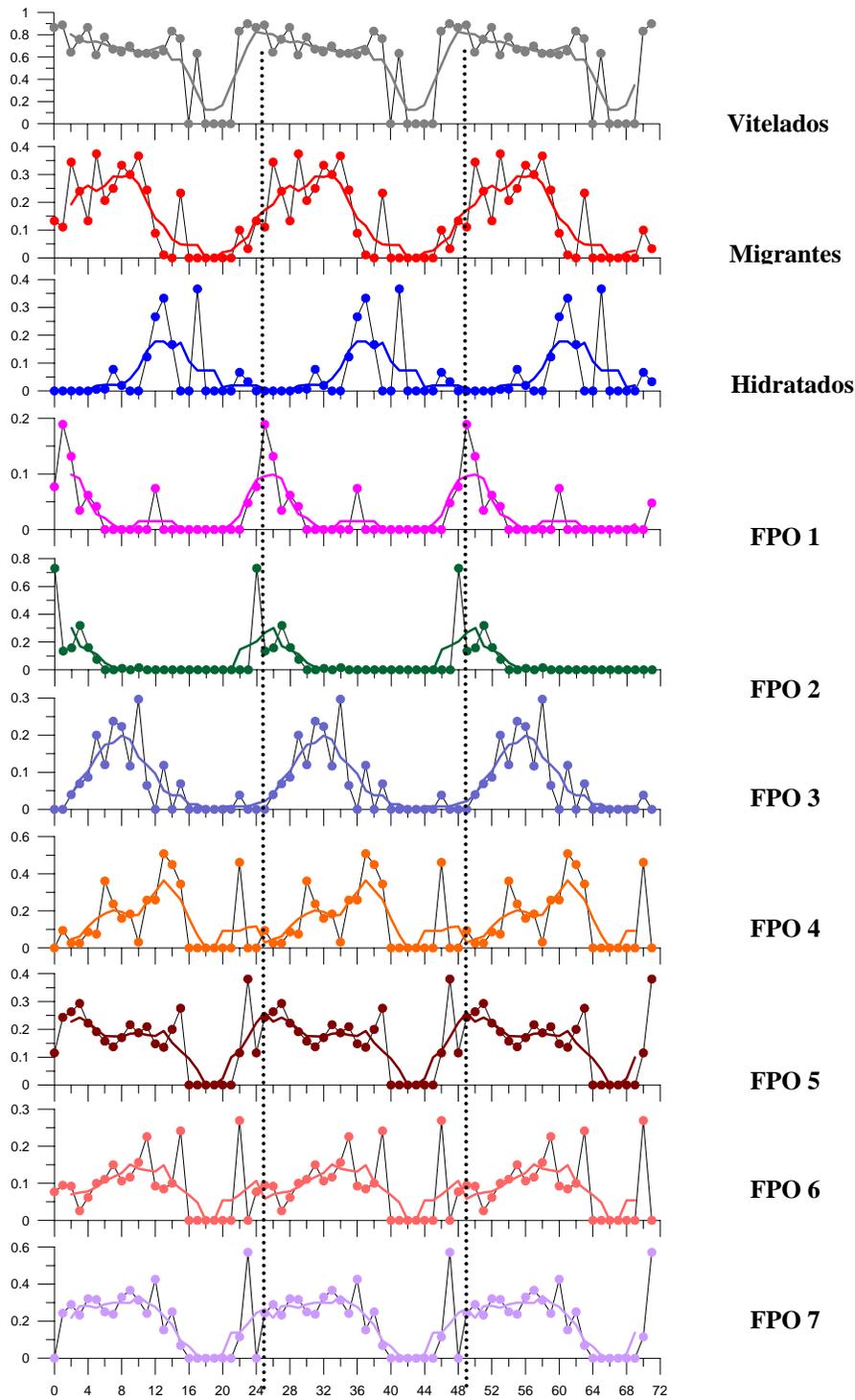
**Figura 39.** Ajuste del modelo probabilístico multinomial para huevos de anchoveta zona norte a las temperaturas de incubaci3n.



**Figura 40.** Estimaciones de Producci3n diaria de huevos (N°/0,05 m<sup>2</sup>/día), ponderado por el área, para anchoveta de la zona norte, en base a las dos metodologías aplicadas



**Figura 41.** Distribuci3n temporal de los estadios madurez microsc3pica y FPO de la zona norte de Chile. Lneas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). Lnea representa un promedio m3vil. Informaci3n acumulada del 2004 al 2006 (Claramunt *et al*, 2007).



**Figura 42.** Distribuci3n temporal de los estadios madurez microsc3pica y FPO a3o 2007. L3neas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). L3nea representa un promedio m3vil.

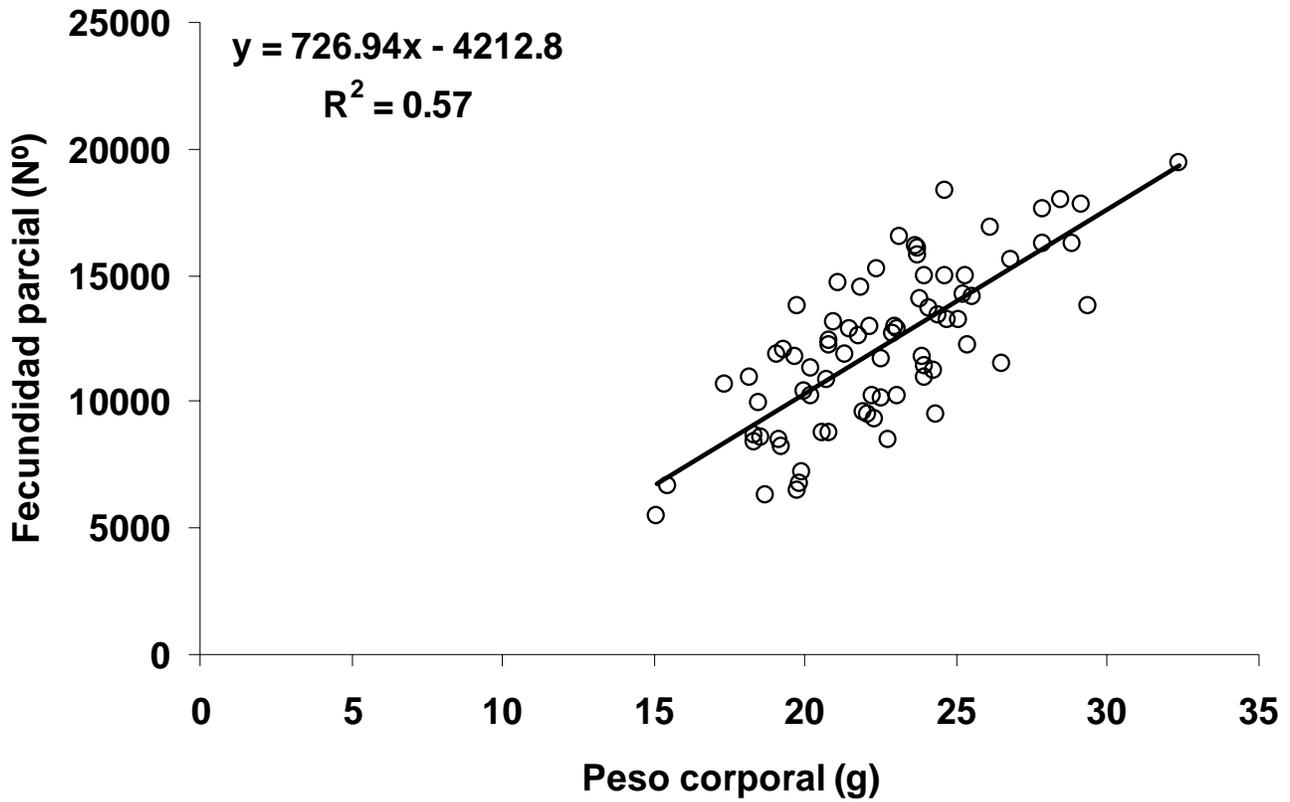
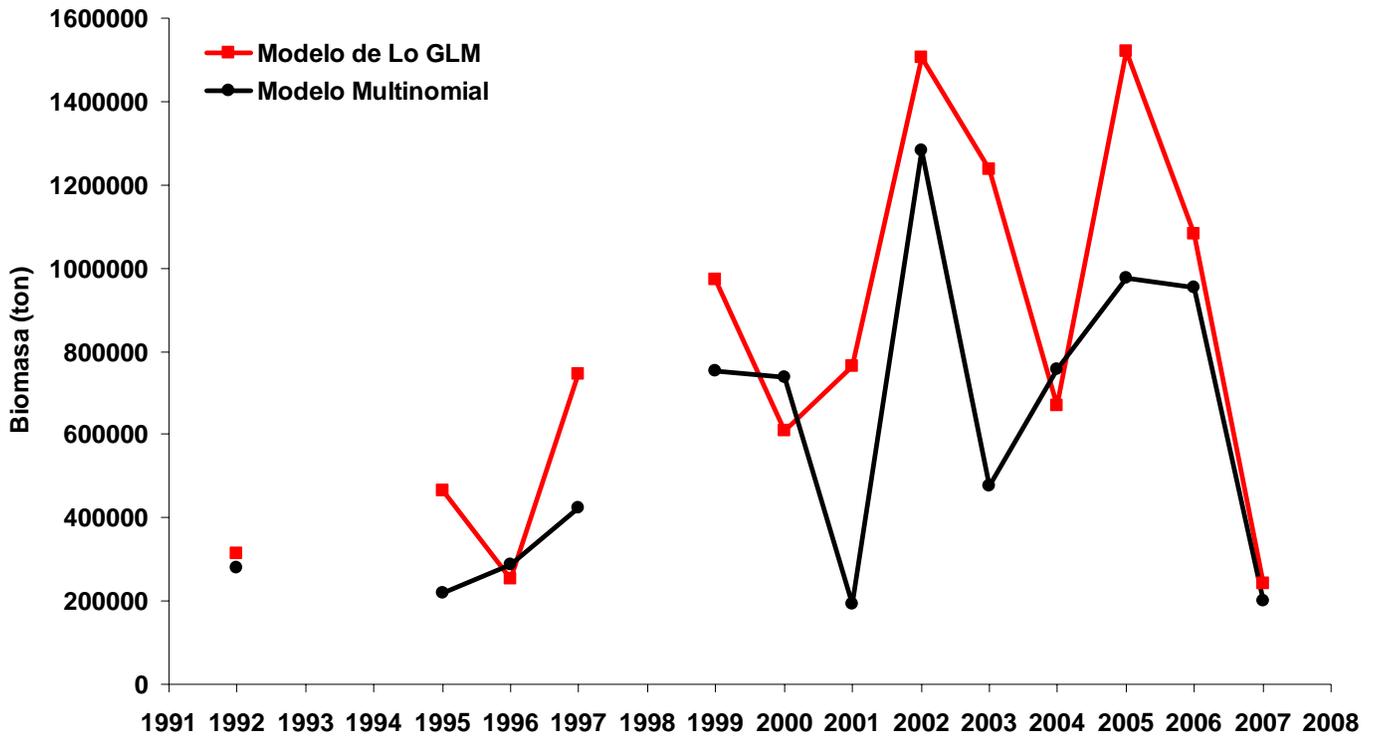
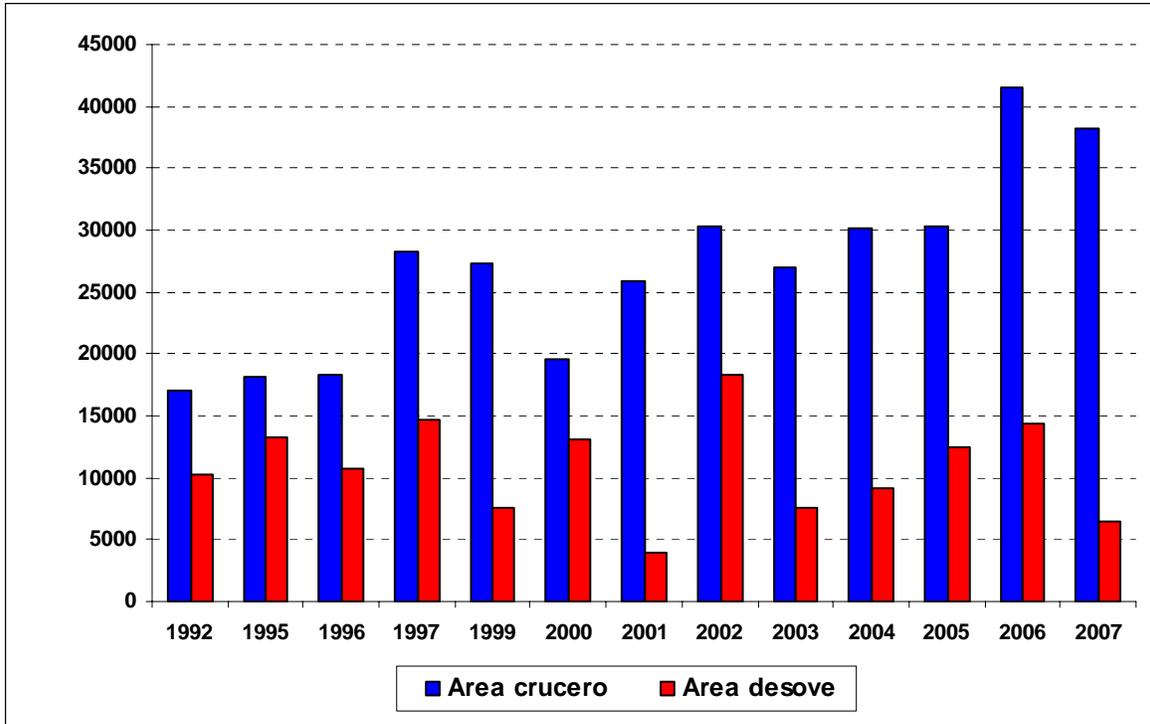


Figura 43. Fecundidad parcial en funci3n del peso corporal para el a3o 2007.



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



**Figura 45.** Áreas de crucero y de desove para cada año de aplicaci3n del Método de producci3n Diaria de Huevos.

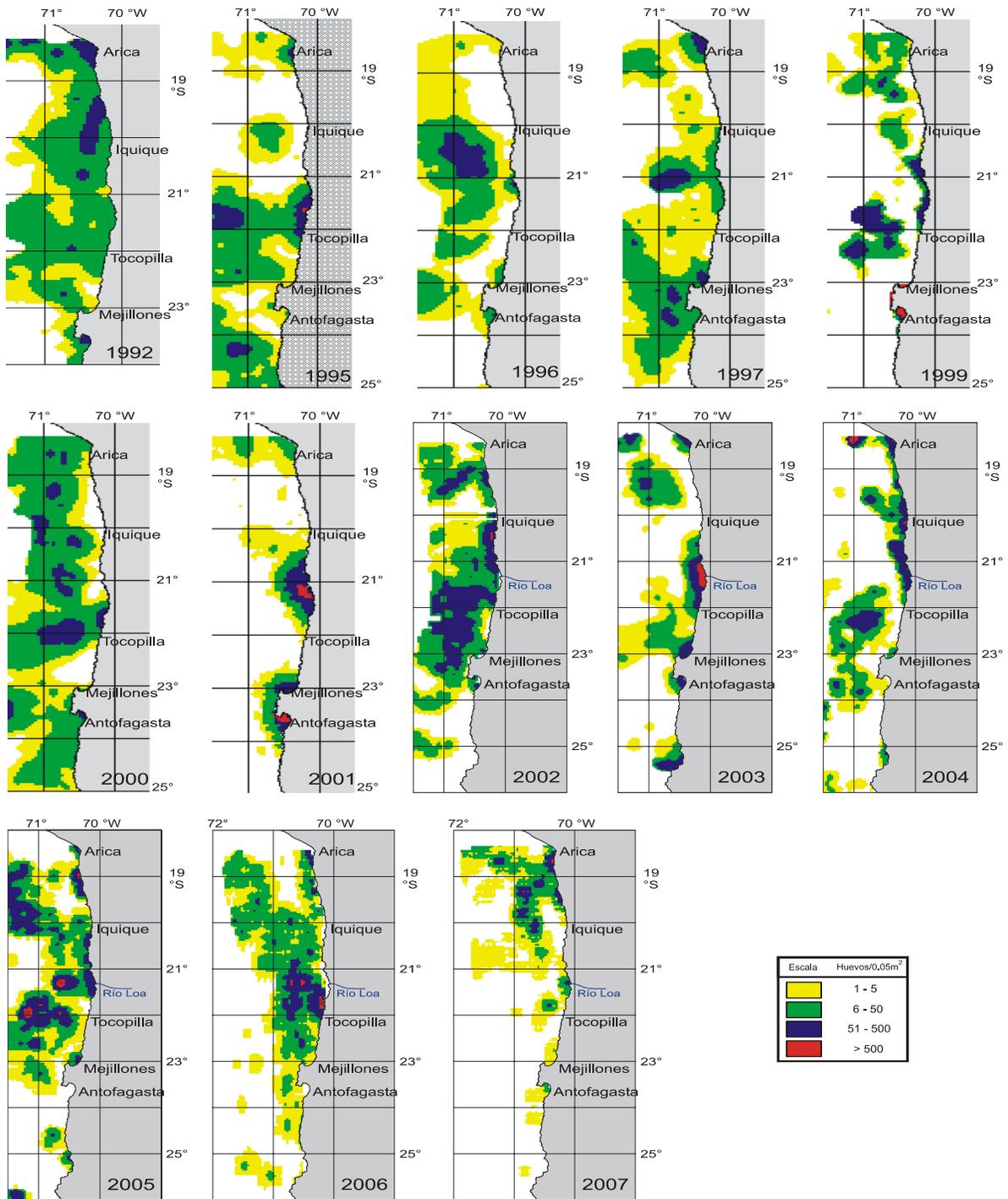
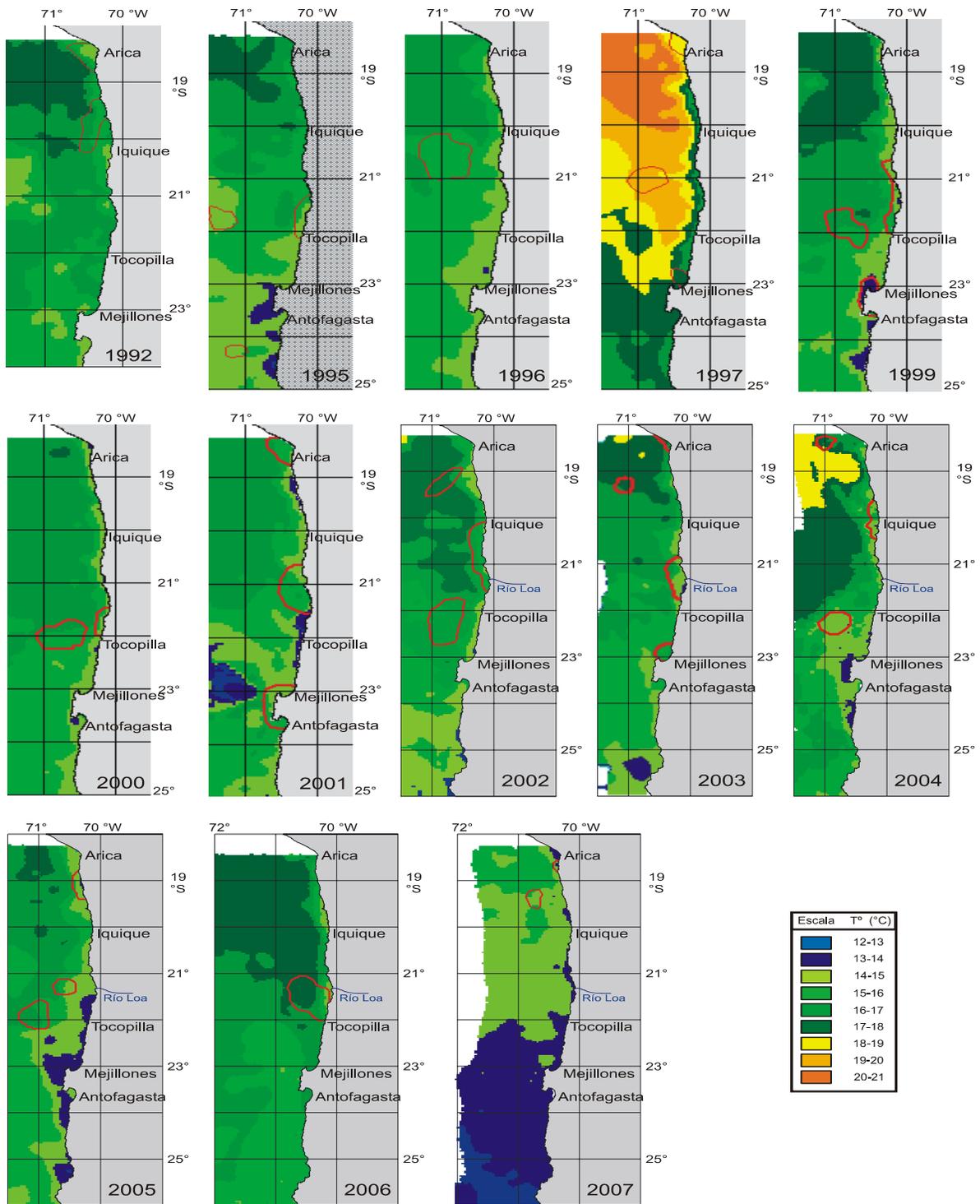


Figura 46. Distribuci3n espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Per3odo 1992 - 2007.



**Figura 47.** Distribuci3n espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Per3odo 1992 - 2007.

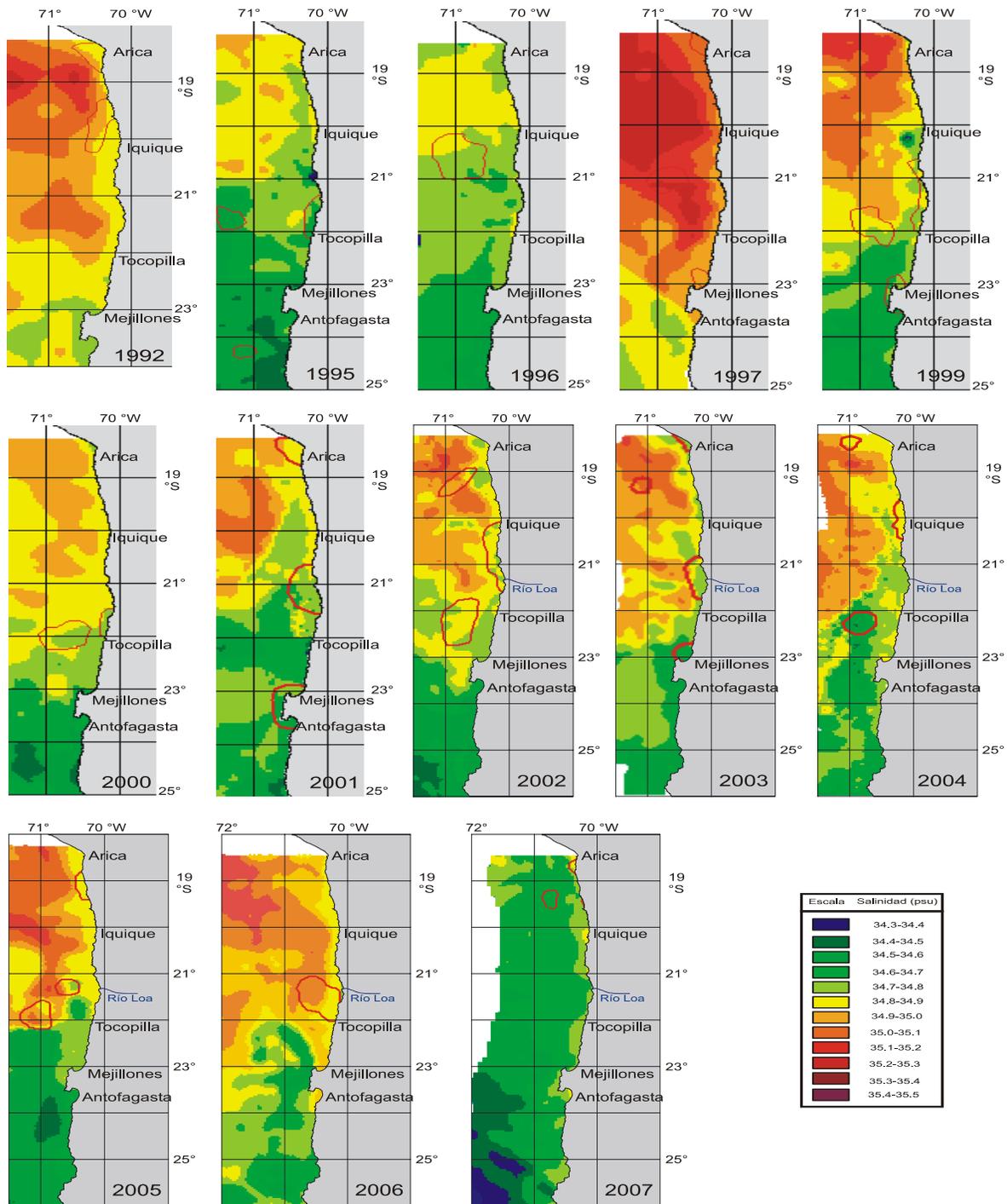
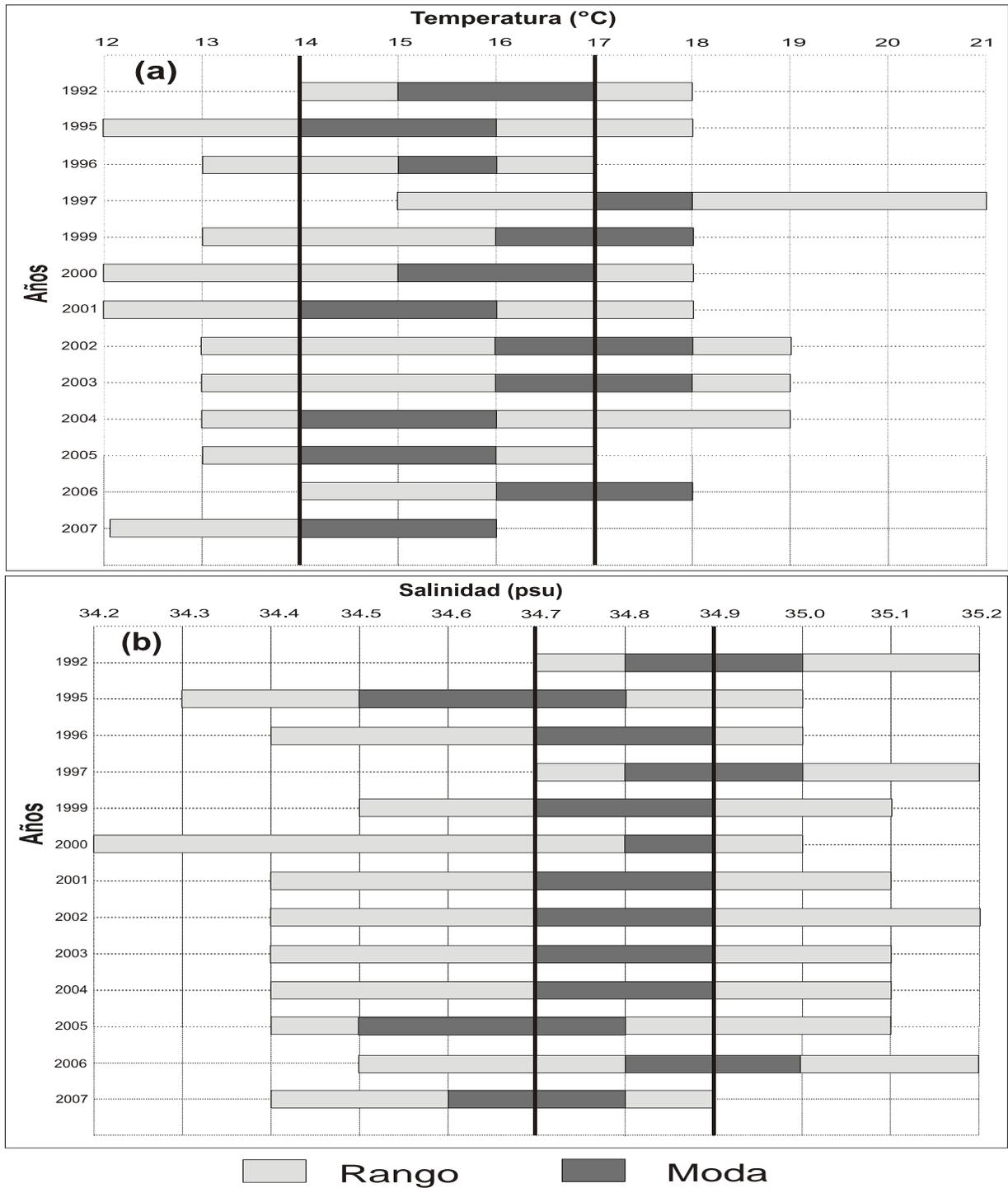
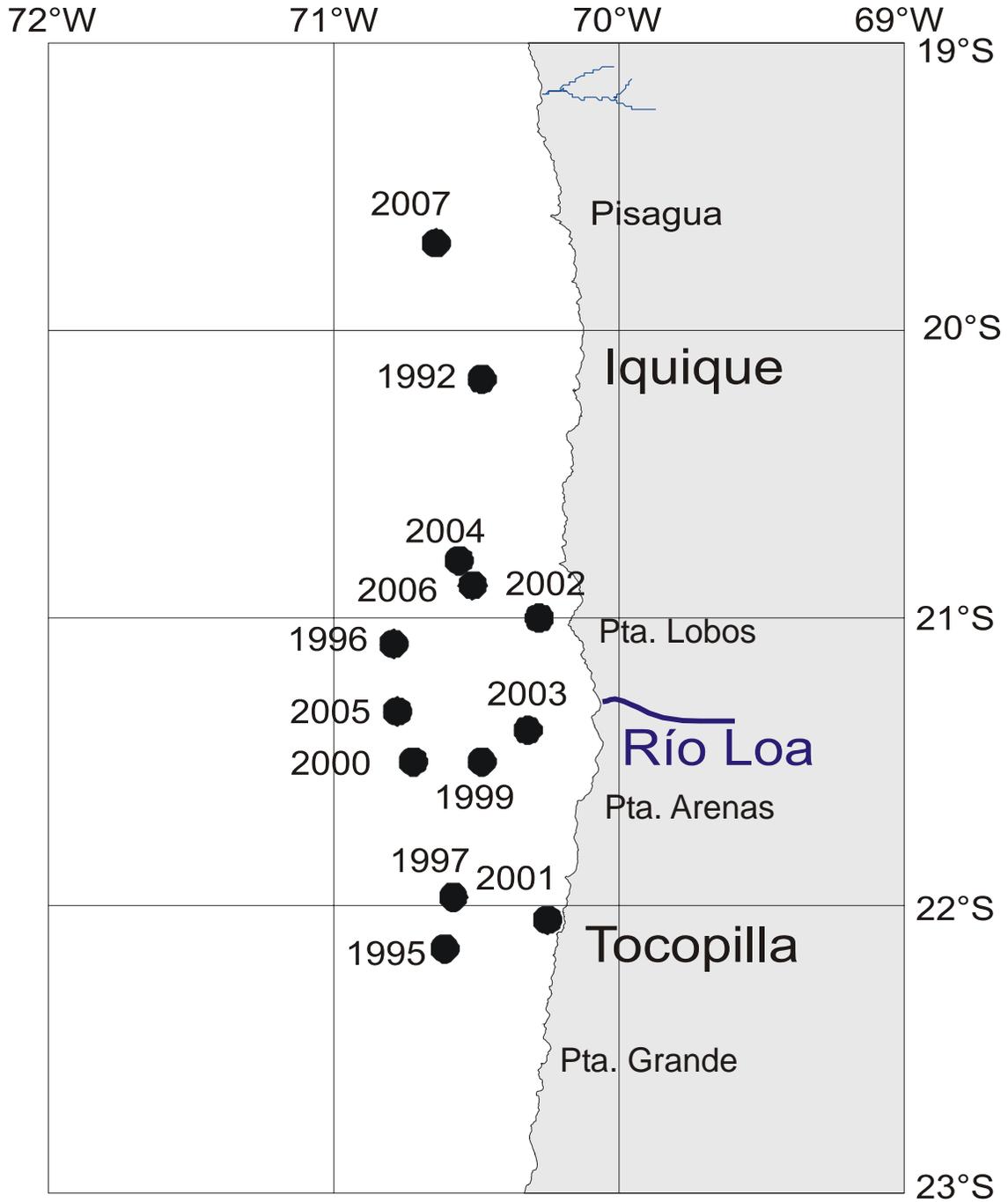


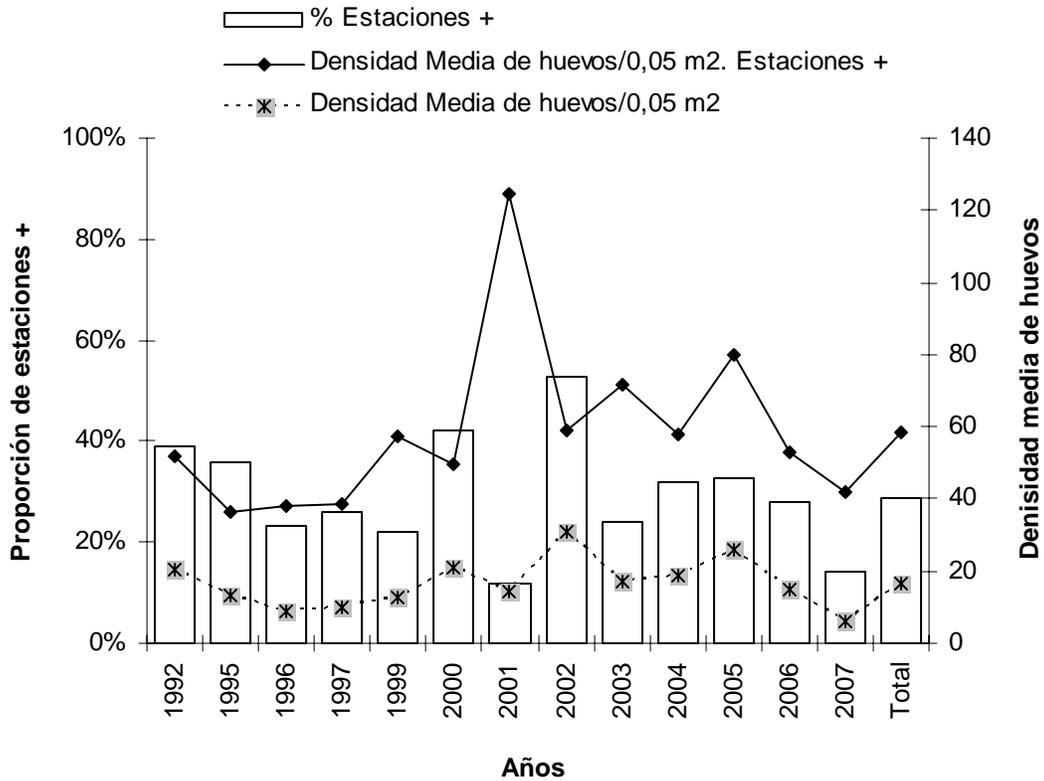
Figura 48. Distribuci3n espacial y temporal de la salinidad superficial. Per3odo 1992 - 2007.



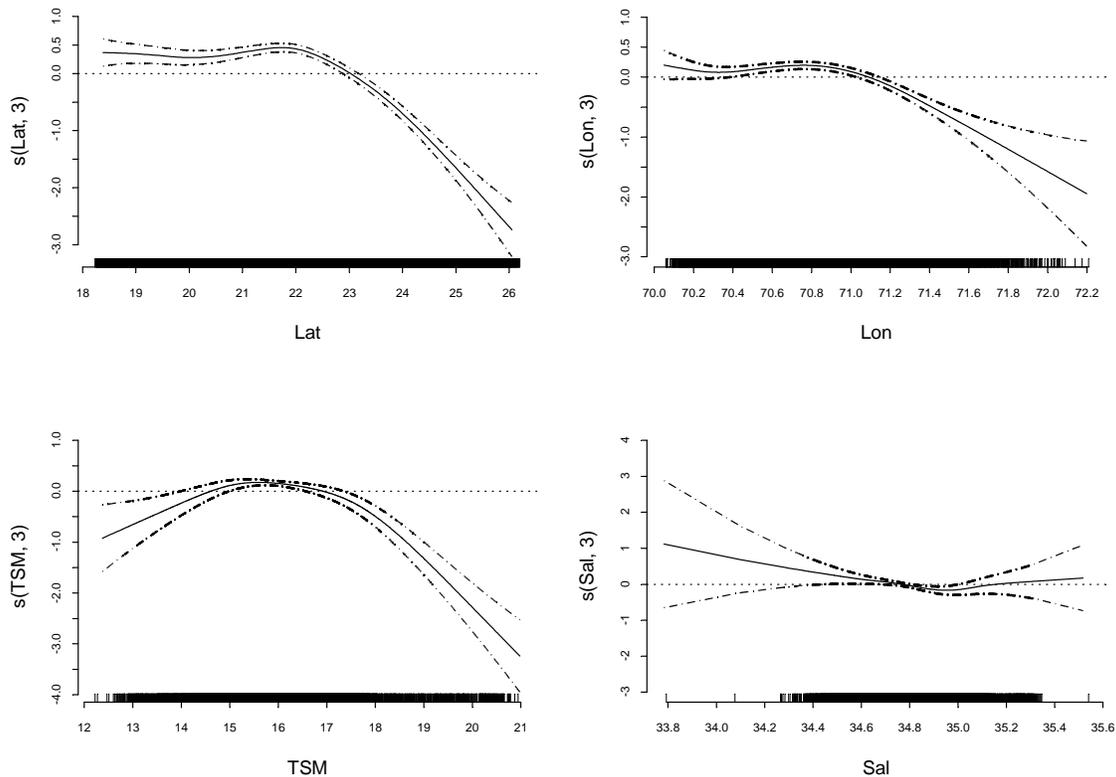
**Figura 49.** Rangos de distribuci3n preferencial de los huevos de anchoveta respecto de: a) temperatura (°C) y b) salinidad (psu). Per3odo 1992-2007.



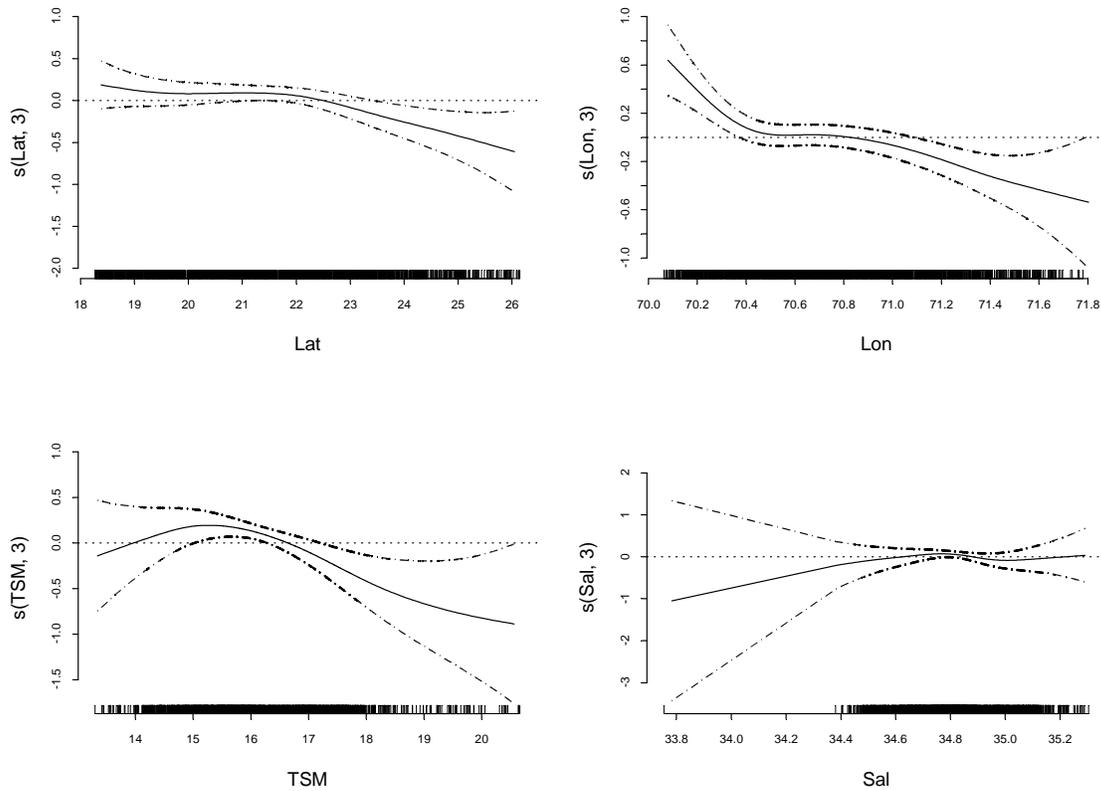
**Figura 50.** Distribuci3n espacial de los centros de gravedad de las distribuciones de huevos de anchoveta. Per3odo 1992-2007.



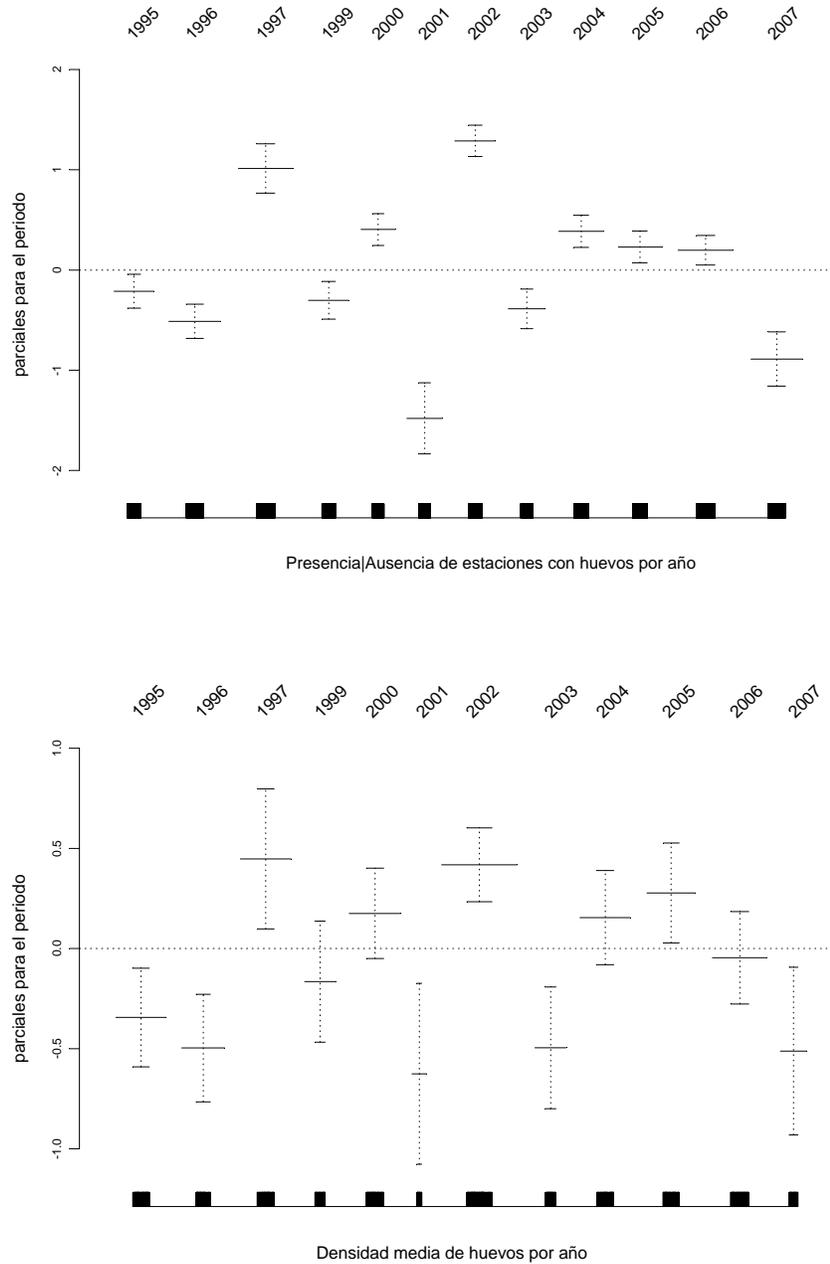
**Figura 51.** Densidad media de huevos para el total de estaciones y estaciones positivas y proporci3n de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, por a3o y total. Cruceros realizados entre la I y II Regi3n.



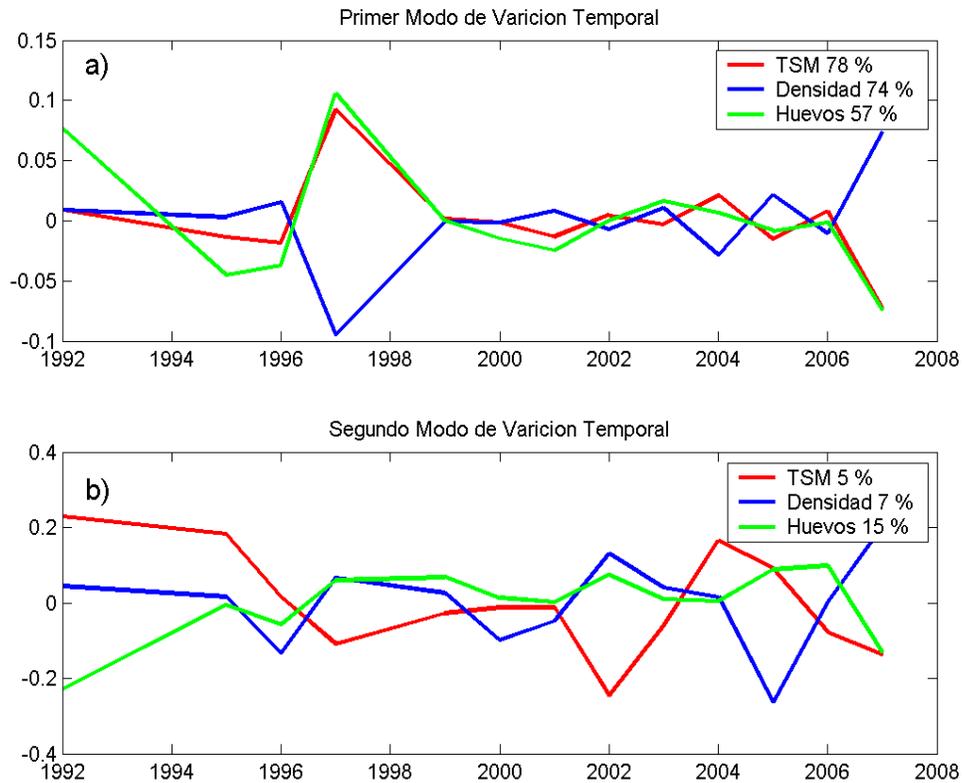
**Figura 52.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estaci3n, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersi3n (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto 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. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.



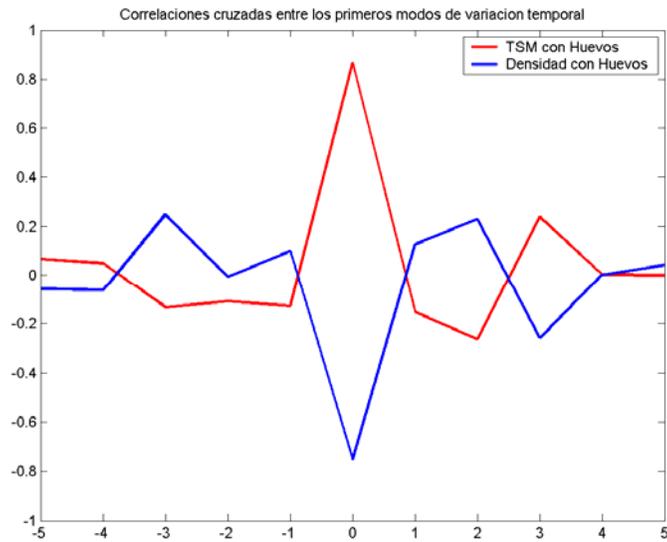
**Figura 53.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X, P)$  corresponde a la funci3n suavizadora spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.



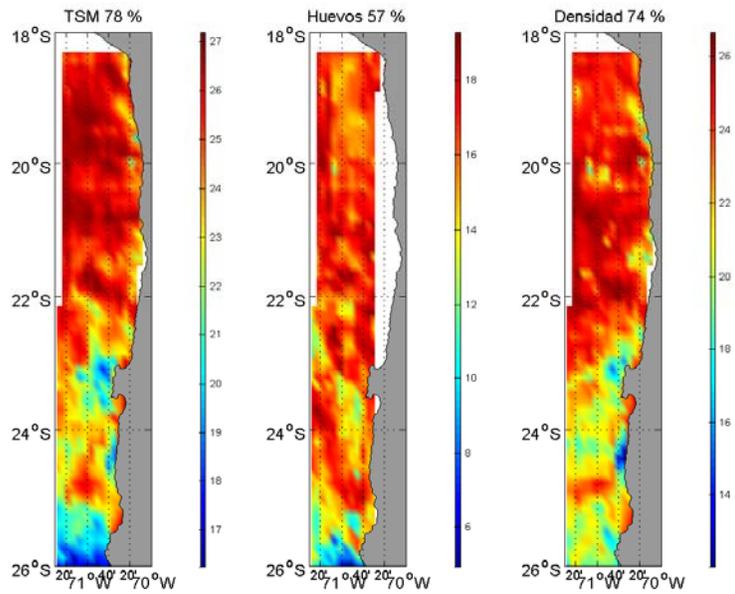
**Figura 54.** Tendencias de los 3ndices por a1o obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos de anchoveta. L3neas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. A1os 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.



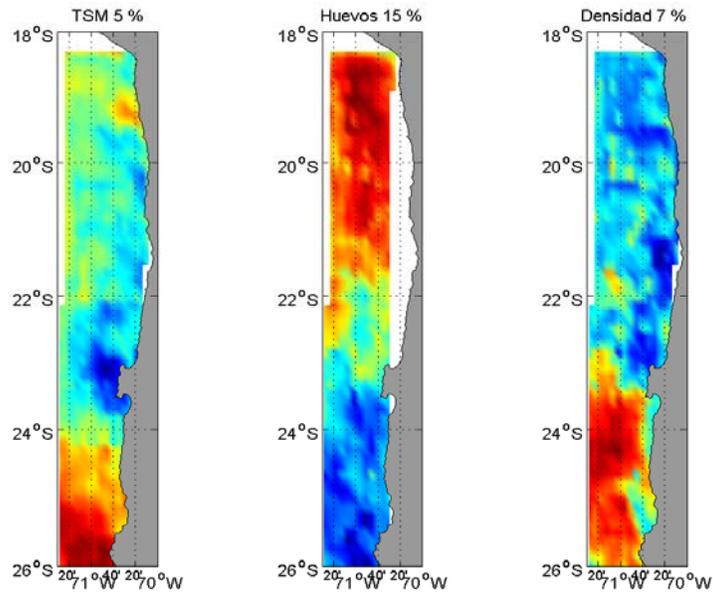
**Figura 55.** Primer (a) y segundo (b) modo de variaci3n temporal de la TSM, densidad y Huevos de anchoveta.



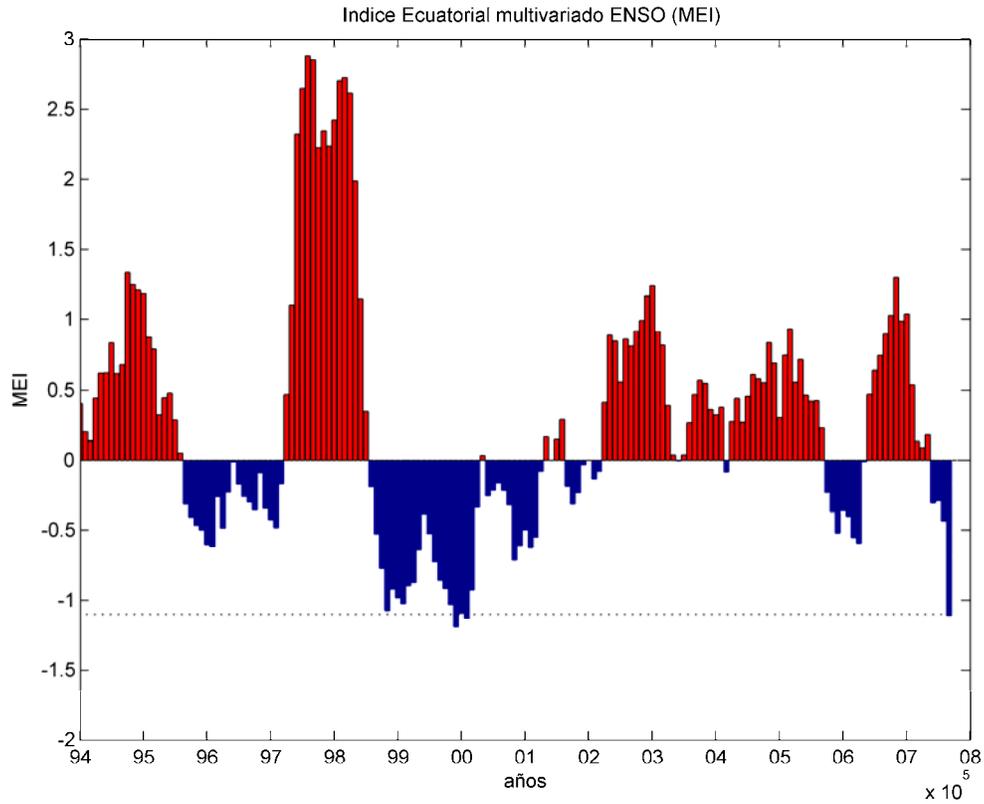
**Figura 56.** Correlaciones cruzadas normalizadas entre el primer modo de variaci3n de la TSM y huevos de anchoveta y en primer modo de variaci3n de la densidad y los huevos de anchoveta con un desplazamiento temporal de hasta 5 a3os (lags).



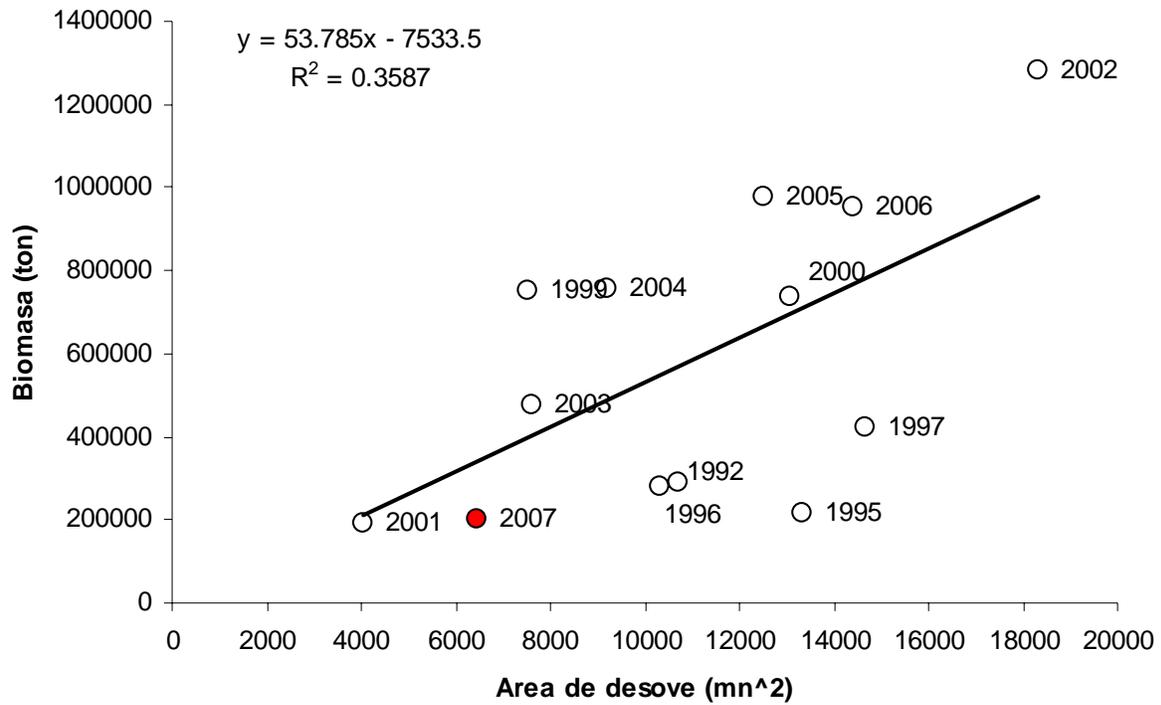
**Figura 57.** Primer modo de variaci3n espacial de la TSM, densidad y Huevos de anchoveta.



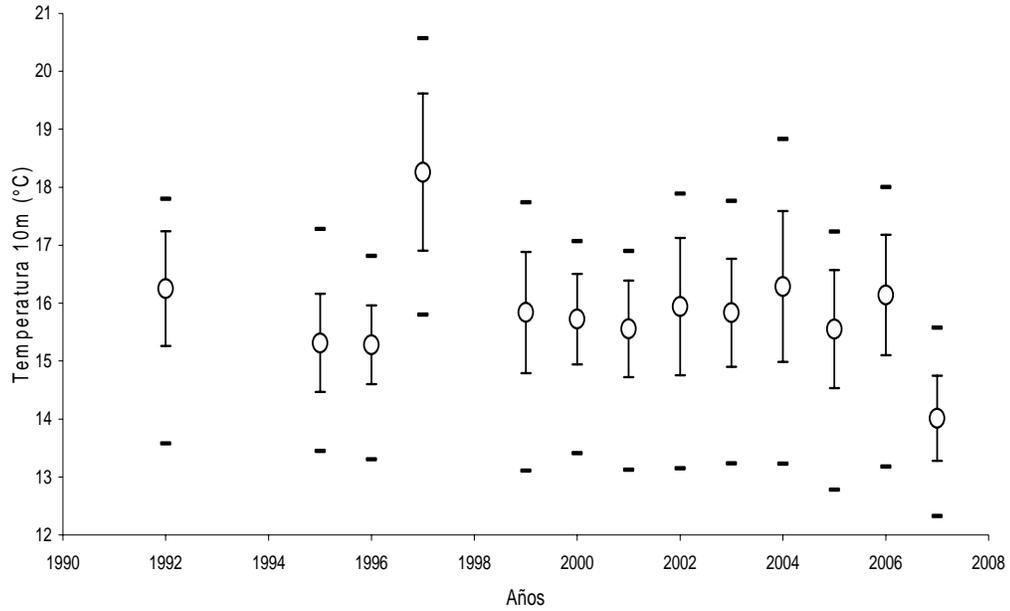
**Figura 58.** Segundo modo de variaci3n espacial de la TSM, densidad y Huevos de anchoveta.



**Figura 59.** Índice Multivariado de eventos ENSO (MEI) para el período enero de 1994 a septiembre de 2007. En color rojo se indican los eventos cálidos y en azul los fríos (fuente: Physical Science División. Earth System Research Laboratory, NOAA).



**Figura 60.** Relaci3n entre 3rea de desove (mn<sup>2</sup>) y la Biomasa desovante (ton)



**Figura 61.** Temperatura promedio (10 m) de los cruceros de aplicaci3n del MPH. L3nea vertical es una desviaci3n est3ndar. L3neas horizontales es temperatura m3nima y m3xima.

# T A B L A S

---



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

<b>ESTADIO OVARICO</b>	<b>CITOLOGIA E HISTOMORFOLOGIA OVARICA</b>
<b>Estadio I: Virginal</b>	Ovario con numerosos nidos ovogoniales y ovocitos primitivos rodeados por tejido conectivo intersticial de donde destacan tabiques fibro-conectivos.
<b>Estadio II: Inmaduro (reincidente)</b>	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.
<b>Estadio III: Parcialmente vitelado</b>	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.
<b>Estadio IV: Vitelado</b>	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.
<b>Estadio V: En maduración</b>	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.
<b>Estadio VI: Hidratado (hialino)</b>	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.
<b>Estadio VII: En desove</b>	Co-existencia de ovocitos hidratados y folículos postovulatorios nuevos, entre ovocitos en depositación temprana de vitelo.
<b>Estadio VIII: Desovado</b>	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 del 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 mas apretados	Ligeramente reducidos	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 visibles 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.** Evolución semanal de la actividad reproductiva microscópica de la anchoveta en la XV, I y II Regiones, 2007.

Semana (N°)	Fecha 2006	Microscópico	
		IAD (%)	IAO (%)
27	02/07 – 08/07	35,2	0,0
28	09/07 – 15/07	25,8	0,0
29	16/07 – 22/07	46,7	0,0
30	23/07 – 29/07	17,9	0,0
31	30/07 – 05/08	38,8	0,0
32	06/08 – 12/08	40,6	0,0
33	13/08 – 19/08	35,0	0,0
34	20/08 – 26/08	50,0	0,0
35	27/08 – 02/09	-	-
36	03/09 – 09/09	27,4	0,0
37	10/09 – 16/09	25,0	0,0
38	17/09 – 23/09	18,7	0,0
39	24/09 – 30/09	41,0	0,0
40	01/10 – 07/10	12,1	0,0
41	08/10 – 14/10	24,6	3,0

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



**Tabla 4.** Resultados de los valores consignados para los huevos de anchoveta, *Engraulis ringens* en las distintas aplicaciones del MPH. Per3odo 1992 - 2007.

	1992	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>N° Total Estaciones</b>	542	578	752	800	598	502	514	589	537	649	658	799	799
<b>N° Estaciones positivas</b>	212	208	176	209	132	212	60	310	129	208	214	226	113
<b>Abundancia (N°H/0,05 m2)</b>	10974	7555	6718	8054	7582	10473	7586	18305	9264	12079	17066	11434	4719
<b>M3nimo Est (+)</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>M3ximo Est (+)</b>	331	1536	611	947	1649	518	1987	1609	1386	1288	2100	2563	705
<b>Std. Dev Est (+)</b>	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
<b>Media Est. Positivas</b>	52	36	38	39	57	49	126	59	72	58	80	51	42
<b>Media Est. Totales</b>	20	13	9	10	13	21	15	31	17	19	26	14	6
<b>Constancia</b>	39,11	35,99	23,40	26,13	22,07	42,23	11,67	52,55	24,02	32,05	32,52	27,91	14
<b>CV (%)</b>	1,42	3,51	2,10	2,48	3,09	1,76	2,81	2,18	2,94	2,42	2,66	3,82	2,48
<b>Area crucero (mn2)</b>	17055	18137	18353	19627	27374	19539	25921	30264	26986	30152	30368	41448	41448
<b>Area desove (mn2)</b>	10332	13315	10698	14660	7525	13059	4026	18309	7597	9193	12521	14408	6439
<b>Temp (°C )10 m</b>	16,25	15,64	15,28	18,26	15,84	15,72	15,56	15,94	15,84	16,29	15,55	16,14	14,01



**Tabla 5.** Posici3n geogr3fica de los lances efectuados durante el crucero MPH m3dulo adultos, en la XV, I y II regiones, agosto - septiembre, 2007.

BARCO	LANCE N°	FECHA	HORA COLECCI3N	LATITUD	LONGITUD	ESPECIE OBJETIVO	CAPTURA ESTIMADA (t)	LANCES ANCHOVETA
CORPESCA 1	1	13-08-2007	17:30	20°19'	70°18'	114	S/P	
CORPESCA 1	2	13-08-2007	21:20	20°38'	70°26'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	1	13-08-2007	21:50	18°42'	70°22'	114	S/P	
TRUENO I	1	13-08-2007	14:40	18°23'	70°40'	114	S/P	
TRUENO I	2	13-08-2007	20:56	18°26'	71°35'	114	S/P	
ANGAMOS 4	1	14-08-2007	20:24	26°00'	70°57'	114	S/P	
CORPESCA 1	3	14-08-2007	2:00	21°04'	70°19'	114	S/P	
CORPESCA 1	4	14-08-2007	6:37	21°23'	70°11'	114	0.3	X
CORPESCA 1	5	14-08-2007	10:50	21°40'	70°18'	114	S/P	
CORPESCA 1	6	14-08-2007	14:40	21°55'	70°35'	114	S/P	
CORPESCA 1	7	14-08-2007	19:40	21°31'	71°00'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	1	14-08-2007	20:50	20°36'	70°19'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	2	14-08-2007	3:40	19°11'	70°18'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	3	14-08-2007	8:13	19°33'	70°16'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	4	14-08-2007	10:45	19°49'	70°14'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	5	14-08-2007	13:00	20°06'	70°11'	114	S/P	
TRUENO I	3	14-08-2007	3:48	19°21'	70°59'	114	S/P	
TRUENO I	4	14-08-2007	9:34	20°01'	71°30'	114	S/P	
TRUENO I	5	14-08-2007	14:36	20°00'	70°45'	114	S/P	
TRUENO I	6	14-08-2007	17:46	19°41'	70°36'	114	S/P	
TRUENO I	7	14-08-2007	20:59	19°22'	70°24'	114	S/P	
TRUENO I	8	14-08-2007	23:27	19°12'	70°31'	114	S/P	
ANGAMOS 4	2	15-08-2007	2:55	25°20'	71°15'	114	S/P	
ANGAMOS 4	3	15-08-2007	6:05	25°31'	70°57'	114	S/P	
CORPESCA 1	8	15-08-2007	0:35	20°59'	70°40'	114	S/P	
CORPESCA 1	9	15-08-2007	4:25	20°40'	71°00'	114	S/P	
CORPESCA 1	10	15-08-2007	9:00	20°12'	70°43'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	2	15-08-2007	0:40	21°01'	70°17'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	3	15-08-2007	3:50	21°12'	70°13'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	4	15-08-2007	6:30	21°16'	70°12'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	5	15-08-2007	8:00	21°25'	70°07'	114	0.3	X
TRUENO I	9	15-08-2007	1:56	19°00'	70°39'	114	S/P	
TRUENO I	10	15-08-2007	5:18	18°43'	70°30'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	1	17-08-2007	4:52	22°11'	70°20'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	2	17-08-2007	9:30	22°28'	71°11'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	3	17-08-2007	14:10	23°10'	70°39'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	4	17-08-2007	18:30	23°40'	70°30'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	5	17-08-2007	20:47	24°00'	70°36'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	6	18-08-2007	4:20	24°00'	71°58'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	7	18-08-2007	6:05	23°40'	71°52'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	8	18-08-2007	8:41	23°10'	72°00'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	9	18-08-2007	15:04	22°45'	70°44'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	10	18-08-2007	18:37	22°40'	70°22'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	11	19-08-2007	1:11	22°10'	71°40'	114	S/P	



Tabla 5. Continuación

BARCO	LANCE N°	FECHA	HORA COLECCIÓN	LATITUD	LONGITUD	ESPECIE OBJETIVO	CAPTURA ESTIMADA (t)	LANCES ANCHOVETA
ANGAMOS 4	1	20-08-2007	20:18	24°12'	70°56'	114	S/P	
CORPESCA 1	1	20-08-2007	13:03	19°53'	70°40'	114	20	X
CORPESCA 1	2	20-08-2007	17:30	19°56'	70°37'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	1	20-08-2007	8:00	18°25'	70°21'	114	20	X
DON FRUCTUOSO	2	20-08-2007	12:00	18°30'	70°25'	114	S/P	
ANGAMOS 4	2	21-08-2007	0:00	24°33'	70°57'	114	S/P	
ANGAMOS 4	3	21-08-2007	4:52	24°56'	70°55'	114	S/P	
ANGAMOS 4	4	21-08-2007	9:00	24°39'	71°12'	114	S/P	
ANGAMOS 4	5	21-08-2007	12:05	24°22'	71°12'	114	S/P	
ANGAMOS 4	6	21-08-2007	17:30	24°11'	70°34'	114	S/P	
ANGAMOS 4	7	21-08-2007	20:00	24°18'	70°44'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	1	21-08-2007	7:20	18°31'	70°25'	114	S/P	
DON FRUCTUOSO	2	21-08-2007	9:14	18°30'	70°23'	114	15	X
COSTA GRANDE 1	1	22-08-2007	11:04	21°49'	70°27'	114	0.3	X
TRUENO I	1	22-08-2007	10:08	18°26'	70°40'	114	0.3	X
ARKHOS I	1	03-09-2007	5:10	18°29'	70°21'	114	40	X
ARKHOS I	2	03-09-2007	7:30	18°27'	70°20'	114	20	X
CLAUDIA ALEJANDRA	1	03-09-2007	7:37	18°57'	71°31'	114	70	X
CLAUDIA ALEJANDRA	2	03-09-2007	10:22	19°00'	71°31'	114	30	X
COSTA GRANDE 1	1	03-09-2007	4:36	18°50'	71°33'	114	S/P	
COSTA GRANDE 1	2	03-09-2007	8:14	18°54'	71°31'	114	60	X
ARKHOS I	1	04-09-2007	3:10	18°32'	70°22'	114	15	X
ARKHOS I	2	04-09-2007	5:00	18°30'	70°22'	114	10	X
ARKHOS I	3	04-09-2007	7:43	18°24'	70°20'	114	15	X
EPERVA 64	1	04-09-2007	2:45	19°16'	71°31'	114	25	X
PETROHUE III	1	04-09-2007	6:30	18°25'	70°22'	114	40	X
TRUENO I	1	04-09-2007	0:42	18°35'	71°56'	114	S/P	
TRUENO I	2	04-09-2007	17:56	18°47'	71°40'	114	S/P	
CLAUDIA ALEJANDRA	1	05-09-2007	3:45	19°09'	71°44'	114	50	X
CLAUDIA ALEJANDRA	2	05-09-2007	12:05	18°56'	71°29'	114	10	X
CORPESCA 1	1	05-09-2007	4:30	19°16'	71°41'	114	20	X
CORPESCA 1	2	05-09-2007	8:40	19°10'	71°43'	114	S/P	
CORPESCA 1	3	05-09-2007	15:30	18°52'	71°26'	114	40	X
COSTA GRANDE 1	1	05-09-2007	0:21	18°58'	71°39'	114	40	X
COSTA GRANDE 1	2	05-09-2007	4:06	18°56'	71°38'	114	30	X
COSTA GRANDE 1	3	05-09-2007	8:33	18°51'	71°39'	114	30	X
COSTA GRANDE 1	4	05-09-2007	11:20	18°54'	71°31'	114	20	X
COSTA GRANDE 1	5	05-09-2007	14:01	18°55'	71°26'	114	30	X
EPERVA 64	1	05-09-2007	13:30	18°54'	71°25'	114	30	X
EPERVA 64	2	05-09-2007	17:05	18°52'	71°29'	114	50	X
CORPESCA 1	1	06-09-2007	12:00	18°52'	71°16'	114	10	X
CORPESCA 1	2	06-09-2007	22:40	19°04'	71°27'	114	30	X
COSTA GRANDE 1	1	06-09-2007	23:35	19°02'	71°22'	114	30	X
EPERVA 64	3	06-09-2007	6:20	19°08'	71°35'	114	S/P	
PACHICA	1	06-09-2007	13:45	18°53'	71°15'	114	S/P	
PELICANO	1	06-09-2007	3:00	18°21'	70°25'	114	10	X
TRUENO I	1	06-09-2007	2:54	19°04'	71°37'	114	140	X



Tabla 5. Continuación

BARCO	LANCE N°	FECHA	HORA COLECCIÓN	LATITUD	LONGITUD	ESPECIE OBJETIVO	CAPTURA ESTIMADA (t)	LANCES ANCHOVETA
TRUENO I	2	06-09-2007	6:16	19°05'	71°36'	114	80	X
TRUENO I	3	06-09-2007	9:31	19°06'	71°41'	114	30	X
CLAUDIA ALEJANDRA	2	07-09-2007	1:09	19°03'	71°25'	114	30	X
CLAUDIA ALEJANDRA	3	07-09-2007	3:50	19°06'	71°27'	114	80	X
CORPESCA 1	3	07-09-2007	2:18	19°05'	71°26'	114	S/P	
CORPESCA 1	4	07-09-2007	5:05	19°05'	71°25'	114	220	X
COSTA GRANDE 1	2	07-09-2007	1:54	19°04'	71°23'	114	40	X
COSTA GRANDE 1	3	07-09-2007	4:37	19°06'	71°28'	114	30	X
COSTA GRANDE 1	4	07-09-2007	7:27	19°09'	71°30'	114	30	X
COSTA GRANDE 1	5	07-09-2007	10:14	19°13'	71°29'	114	30	X
EPERVA 64	1	07-09-2007	2:35	19°04'	71°27'	114	15	X
EPERVA 64	2	07-09-2007	5:10	19°07'	71°29'	114	40	X
EPERVA 64	3	07-09-2007	12:00	19°02'	71°15'	114	50	X
TRUENO I	1	07-09-2007	5:43	18°46'	71°01'	114	80	X
TRUENO I	2	07-09-2007	8:38	18°47'	70°55'	114	40	X
TRUENO I	3	07-09-2007	11:35	18°46'	70°53'	114	20	X
COSTA GRANDE 1	1	08-09-2007	9:00	19°52'	70°34'	114	20	X
COSTA GRANDE 1	2	08-09-2007	11:45	19°55'	70°41'	114	S/P	
EPERVA 64	5	08-09-2007	5:40	19°48'	70°30'	114	S/P	
CLAUDIA ALEJANDRA	2	09-09-2007	3:40	19°06'	71°33'	114	40	X
CLAUDIA ALEJANDRA	3	09-09-2007	6:15	19°05'	71°35'	114	60	X
CLAUDIA ALEJANDRA	4	09-09-2007	13:27	19°10'	71°18'	114	10	X
COSTA GRANDE 1	3	09-09-2007	1:41	19°09'	71°33'	114	30	X
COSTA GRANDE 1	4	09-09-2007	5:09	19°12'	71°32'	114	30	X
COSTA GRANDE 1	5	09-09-2007	7:50	19°11'	71°33'	114	20	X

S/P: SIN PESCA



**Tabla 6.** Res3men de los datos de los lances. Hora del lance en hora y fracci3n de hora. Estadios de Madurez Microscopico (EMM), Fol3culos postovulatorios (FPO), n3mero de hembras (n), peso total (PT; Corregido) fecundidad parcial estimada (FECUND) y Proporci3n de hembras en peso (PROP. H).

Lance	Hora	n	ESTADOS DE MADUREZ OVARICA								FOLICULOS POSTOVULATORIOS							PT	FECUND.	PROP. H.
			EMM 1	EMM 2	EMM 3	EMM 4	EMM 5	EMM 6	EMM 7	EMM 8	FPO 1	FPO 2	FPO 3	FPO 4	FPO 5	FPO 6	FPO 7			
1	6.62	30	0	0	0	29	1	0	0	0	0	0	0	13	9	2	4	23.1	11729	0.60
2	8.00	30	0	0	0	16	12	2	0	0	0	0	11	1	0	3	1	18.5	8397	0.39
3	13.05	30	0	0	0	22	0	8	0	0	0	0	3	7	6	0	3	27.9	14775	0.40
4	8.00	30	0	0	0	20	9	1	0	0	0	0	2	7	0	13	19.7	9218	0.22	
5	9.23	30	0	0	0	19	11	0	0	0	0	0	1	0	1	3	5	23.4	11701	0.47
6	11.07	30	0	0	0	23	6	1	0	0	0	4	3	8	7	4	26.4	13853	0.72	
7	10.13	30	0	0	0	13	17	0	0	0	0	1	2	0	7	11	20.1	9356	0.76	
8	5.00	30	0	0	0	12	18	0	0	0	0	2	4	0	2	1	3	17.5	7532	0.37
9	6.00	30	0	0	0	21	8	0	0	1	0	0	5	0	4	0	5	16.4	6949	0.65
10	7.62	30	0	0	0	22	8	0	0	0	0	2	3	3	3	7	25.2	12702	0.41	
11	10.37	30	0	0	0	22	8	0	0	0	0	1	5	0	5	0	7	25.0	12632	0.53
12	8.23	30	0	0	0	19	11	0	0	0	0	0	1	3	0	3	8	22.1	10673	0.59
13	3.17	30	0	0	0	19	11	0	0	0	0	10	2	0	1	2	3	15.9	6673	0.63
14	5.00	30	0	0	0	16	14	0	0	0	0	0	6	1	3	0	2	16.3	6833	0.52
15	7.72	30	0	0	0	16	5	9	0	0	0	0	10	0	0	2	3	15.4	6228	0.57
16	2.75	30	0	0	0	16	13	0	1	0	1	4	1	1	5	7	11	25.9	13337	0.62
17	6.50	30	0	0	0	24	5	1	0	0	0	3	11	0	3	2	16.5	7134	0.56	
18	0.35	30	0	0	0	26	4	0	0	0	2	19	0	0	3	2	0	23.9	12147	0.55
19	4.10	30	0	0	0	26	4	0	0	0	0	1	6	6	5	4	7	23.9	12264	0.47
20	8.55	30	0	0	0	17	13	0	0	0	0	0	3	9	0	2	3	21.2	10164	0.43
21	11.33	30	0	0	0	12	9	9	0	0	0	0	5	2	1	6	24.0	11868	0.43	
22	14.02	30	0	0	0	25	0	5	0	0	0	0	0	9	4	2	5	22.4	10904	0.57
23	23.58	30	0	0	0	27	1	1	1	0	1	0	0	0	8	0	12	22.8	11235	0.65
24	3.00	30	0	0	0	26	4	0	0	0	3	14	0	1	3	0	9	15.3	6346	0.19
25	2.90	30	0	0	0	20	10	0	0	0	0	5	2	1	10	0	3	21.3	10224	0.39
26	6.27	30	0	0	0	17	13	0	0	0	0	0	3	7	3	1	7	24.7	12535	0.56
27	9.52	30	0	0	0	21	9	0	0	0	0	0	0	11	0	4	9	23.5	11622	0.52
28	1.15	30	0	0	0	28	2	0	0	0	5	0	0	2	6	0	12	24.5	12303	0.39
29	3.83	30	0	0	0	20	10	0	0	0	0	2	1	5	0	10	24.2	11988	0.46	
30	1.90	30	0	0	0	25	5	0	0	0	1	5	0	4	7	5	1	21.3	10348	0.59
31	4.62	30	0	0	0	24	6	0	0	0	2	4	1	0	10	0	7	20.6	9923	0.52
32	7.45	27	0	0	0	18	9	0	0	0	0	0	2	7	7	1	7	22.9	11347	0.52
33	10.23	30	0	0	0	22	8	0	0	0	0	0	13	0	7	3	2	23.6	11927	0.58
34	2.58	30	0	0	0	22	8	0	0	0	10	3	0	0	5	0	8	21.7	10577	0.74
35	5.17	30	0	0	0	14	16	0	0	0	0	1	2	2	2	4	15	20.6	9649	0.59
36	12.00	30	0	0	0	19	5	6	0	0	0	0	5	3	5	14	22.1	10718	0.61	
37	9.00	30	0	0	0	23	7	0	0	0	0	0	6	0	12	0	8	21.7	10591	0.38
38	3.67	30	0	0	0	21	9	0	0	0	0	9	4	0	5	1	0	20.9	10006	0.18
39	6.25	30	0	0	0	26	4	0	0	0	0	0	2	8	1	6	9	24.0	12145	0.28
40	13.45	30	0	0	0	21	1	8	0	0	0	0	4	13	1	2	3	22.2	10906	0.43
41	1.68	30	0	0	0	27	3	0	0	0	8	5	0	1	5	2	5	23.0	11516	0.49
42	5.15	30	0	0	0	24	6	0	0	0	0	5	11	0	6	0	1	22.6	11234	0.32
43	7.83	29	0	0	0	22	7	0	0	0	0	0	5	9	1	6	2	21.6	10544	0.41
44	12.00	30	0	0	0	23	0	5	2	0	4	0	0	1	5	0	7	24.6	12026	0.48
45	4.50	30	0	0	0	28	2	0	0	0	3	8	0	1	3	1	12	23.0	11457	0.36
46	12.08	30	0	0	0	14	3	13	0	0	0	0	0	8	0	0	2	25.6	12804	0.31
47	13.50	30	0	0	0	16	0	14	0	0	0	0	0	10	1	3	3	23.0	11300	0.53
48	17.08	30	0	0	0	19	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.6	10886	0.70
49	15.50	30	0	0	0	23	7	0	0	0	0	0	2	10	8	7	2	20.4	9641	0.48
50	11.58	30	0	0	0	22	7	1	0	0	0	0	0	8	3	6	5	18.7	8659	0.60
51	3.75	30	0	0	0	28	2	0	0	0	1	2	0	1	20	0	5	25.0	12676	0.31
52	22.67	30	0	0	0	25	3	2	0	0	0	0	1	12	3	7	3	20.5	9751	0.41
53	5.72	30	0	0	0	19	10	1	0	0	0	0	1	6	1	7	5	16.4	6987	0.64
54	5.08	29	0	0	0	26	3	0	0	0	5	1	0	0	9	0	12	20.2	9548	0.57
55	8.63	30	0	0	0	25	5	0	0	0	0	1	6	0	9	2	6	16.3	6918	0.62



**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).

<b>Soto (2001)</b>			
	<b>Parámetro</b>	<b>E.S</b>	<b>P</b>
<b>a</b>	9.8206	1.0261	1.61E-12
<b>b</b>	0.0986	0.0024	<2E-16
<b>c</b>	0.1018	0.0167	2.06E-07
<b>d</b>	1.8151	0.1103	<2E-16
<b>MSE</b>		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  $P_0$  ( $N^0$  huevos/m<sup>2</sup>/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	31.466	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		



**Tabla 10. Número de lances y total de hembras muestreadas en los distintos años de aplicación del MPH en la zona norte.**

<b>Año</b>	<b>Lances</b>	<b>Hembras</b>
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



**Tabla 11.** Parámetros de adultos obtenidos en las distintas aplicaciones del MPH en la zona norte.

Año	Peso promedio		Fecundidad parcial		Fecundidad relativa	Fracción desovante		Proporci3n hembras	
	(g)	CV (%)	Nº	CV (%)	Nº ovoc./g	día <sup>-1</sup>	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



**Tabla 12.** Estimaciones de la producci3n diaria de huevos (huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día), su varianza y coeficiente de variaci3n (CV, %), área de desove, área de estudio y biomasa de anchoveta en cada año 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 <sup>2</sup> /día) ponderado	14.65	21.144	31.4	13.09	17.099	31.6
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	10332			10332		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	17055			17055		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>314232</b>	<b>1.03E+10</b>	<b>32.3</b>	<b>280714</b>	<b>8.32E+09</b>	<b>32.5</b>
1995	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	15.03	20.666	30.2	7.05	3.903	28.0
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	13315			13315		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	18137			18137		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>465696</b>	<b>2.17E+10</b>	<b>31.6</b>	<b>218468</b>	<b>4.16E+09</b>	<b>29.5</b>
1996	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	10.24	15.391	38.3	11.65	19.726	38.1
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	10698			10698		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	18353			18353		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>253356</b>	<b>1.05E+10</b>	<b>40.5</b>	<b>288152</b>	<b>1.35E+10</b>	<b>40.3</b>
1997	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	20.46	43.397	32.2	11.63	11.539	29.2
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	14660			14660		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	19627			19627		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>744838</b>	<b>6.62E+10</b>	<b>34.5</b>	<b>423654</b>	<b>1.81E+10</b>	<b>31.7</b>
1999	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	18.68	144.297	64.3	14.43	82.382	62.9
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	7525			7525		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	27374			27374		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>973292</b>	<b>3.94E+11</b>	<b>64.5</b>	<b>751810</b>	<b>2.25E+11</b>	<b>63.1</b>
2000	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	22.73	40.155	27.9	27.55	58.729	27.8
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	13059			13059		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	19539			19539		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>608087</b>	<b>3.11E+10</b>	<b>29.0</b>	<b>737217</b>	<b>4.54E+10</b>	<b>28.9</b>
2001	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	18.67	682.528	139.9	4.73	42.928	138.6
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	4026			4026		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	25921			25921		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>765885</b>	<b>1.20E+12</b>	<b>142.7</b>	<b>193857</b>	<b>7.52E+10</b>	<b>141.5</b>
2002 (*)	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	26.30	36.269	22.9	22.44	25.137	22.3
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	18309			18309		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	30264			30264		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>1503911</b>	<b>1.30E+11</b>	<b>24.0</b>	<b>1283127</b>	<b>9.05E+10</b>	<b>23.4</b>
2003	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	31.50	272.686	52.4	12.13	46.367	56.1
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	7852			7852		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	26986			26986		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>1238731</b>	<b>4.41E+11</b>	<b>53.6</b>	<b>477004</b>	<b>7.46E+10</b>	<b>57.3</b>
2004 (*)	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	15.18	40.323	41.8	17.19	47.035	39.9
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	9193			9193		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	30152			30152		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>668979</b>	<b>8.08E+10</b>	<b>42.5</b>	<b>757385</b>	<b>9.46E+10</b>	<b>40.6</b>
2005 (*)	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	32.43	114.620	33.0	20.84	51.045	34.3
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	12521			12521		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	30368			30368		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>1520754</b>	<b>2.64E+11</b>	<b>33.8</b>	<b>977285</b>	<b>1.17E+11</b>	<b>35.0</b>
2006	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	18.54	55.595	40.2	16.35	41.706	39.5
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	14117			14117		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	41182			41182		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>1081156</b>	<b>1.96E+11</b>	<b>40.9</b>	<b>953115</b>	<b>1.47E+11</b>	<b>40.2</b>
2007	P0 (Nº/0.05 m <sup>2</sup> /día) ponderado	6.45	25.182	0.8	5.41	16.654	75.4
	Área desove (mn <sup>2</sup> )	6439			6439		
	Área Total (mn <sup>2</sup> )	38269			38269		
	<b>BIOMASA (ton)</b>	<b>240727</b>	<b>3.54E+10</b>	<b>78.2</b>	<b>202088</b>	<b>2.34E+10</b>	<b>75.7</b>



**Tabla 13.** 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 14.** Sntesis por a1o del n1mero de estaciones totales, n1mero de estaciones sin y con presencia de huevos de anchoveta y densidad media de huevos/0,05 m<sup>2</sup> de las estaciones positivas para los a1os 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.

A1o	Estaciones			Densidad Media de huevos/0,05 m <sup>2</sup>	
	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
Total	5911	2406	8317	58,42	16,46



**Tabla 15.** Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Regi3n a1os 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.

A1o	Estadística	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Temperatura superficial (° C)	Salinidad superficial (psu)	Densidad de huevos (h/0,05 m <sup>2</sup> )	A1o	Estadística	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Temperatura superficial (° C)	Salinidad superficial (psu)	Densidad de huevos (h/0,05 m <sup>2</sup> )
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	Total	Mínimo	18,33	70,05	12,37	33,78	1
	Máximo	26,05	71,80	17,10	35,08	1977		Máximo	26,05	72,20	20,98	35,52	2563
	Rango	7,50	1,69	3,38	0,67	1976		Rango	7,72	2,15	8,61	1,74	2562
	Media	22,15	70,83	15,70	34,74	124		Media	22,09	70,86	16,00	34,78	56
	Mediana	21,72	70,80	15,76	34,73	3		Mediana	22,00	70,82	15,83	34,77	9
	Desv. típ	2,33	0,37	0,79	0,16	343		Desv. típ	2,19	0,41	1,42	0,20	158



**Tabla 16.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.

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 17.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta. Años 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007.

Densidad de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	11			
s(Lat)	1	2	3,48	0,031
s(Lon)	1	2	8,53	< 0,01
s(TSM)	1	2	6,53	< 0,01
s(Sal)	1	2	4,22	0,015

Devianza modelo nulo	7152 sobre 2161 grados de libertad
Devianza residual	6580 sobre 2138 grados de libertad
Parámetro de dispersión	2,95
Pseudo R2	0,08

A N E X O S

---

# A N E X O 1

---

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

---



## Anexo 1

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

---

Uno de los análisis de la condición oceanográfica superficial estacional de la zona de estudio, hace uso de valores de anomalía de temperatura y salinidad obtenidos de los datos de crucero y de promedios de datos históricos para el mes. Así, los valores de estas variables, registrados en el sector oceánico 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 están en el rango de 1 desviación estándar, por lo tanto, se encuentran dentro lo que se considera como variación normal del sistema. En el caso del sector costero, en promedio, éste 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 anomalías térmicas y salinas a nivel superficial radica en que éstos pueden abarcar un área menor de la zona de estudio dentro de un período de tiempo que va de horas a meses. Como procesos locales de corta duración (horas a días), 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 duración (semanas a meses), se encuentran los giros de mesoescala que provocan ascensos o hundimientos de agua y que afectan la distribución vertical de las variables físicas y químicas, incluso hasta profundidades mayores a 500 m (Narváez, 2000), definiendo también la distribución de oxígeno y la producción fitoplanctónica. Los procesos que provocan los cambios señalados 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.



## Referencias

- 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 hydrographic 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**

---

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.
Rodolfo Serra	Biólogo Marino Evaluación y análisis
Victor Catasti B.	Ingeniero Pesquero Participación crucero, asociación con huevos de anchoveta y variables oceanográficas, SIG, preparación de informe.
Mauricio Braun A.	Biólogo Jefe de Proyecto, procesamiento y análisis de datos ictioplancton, análisis de información histórica, coordinación general y preparación de informe.
Juan Saavedra N.	Ingeniero Estadístico Análisis estadístico y Modelamiento estadístico de la densidad de huevos de anchoveta asociado a variables ambientales.
Rosalino Fuenzalida	Oceanógrafo Oceanografía.
Vivian Valenzuela C.	Biólogo Marino Recolecta de muestras de ictioplancton, Coordinación módulo Huevos.



Carlos Martínez F.	Biólogo Marino Seguimiento Pesquerías - Parámetros de adultos.
Paola Moreno	Biólogo Módulo Huevos.
Eduardo Díaz	Biólogo Marino Reproducción.
Carlos Gaspar	Coordinador Módulo Adultos
Elisa Pizarro R.	Tecnólogo - Clorofila - <i>a</i>
Guillermo Galindo P.	Técnico – Módulo Huevos Jefe de crucero, recolección muestras de ictioplancton.
Jaime Letelier P.	Oceanógrafo Oceanografía Física y relaciones con el ambiente
José Sánchez R.	Biólogo Marino Reproducción



## HORAS/HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL

### Monitoreo reproductivo

PERSONAL (*)	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANÁLISIS	INFORMES	TOTAL
Carlos Martínez			40	20	60
Eduardo Díaz		60			60
Luis Padilla		60			60
Luis Garcia	90				90
Luis Quintana	90				90
Juan Ballet	90				90
Paolo Pasten	90				90
Juan Almazabal	90				90
<b>TOTAL</b>	<b>450</b>	<b>120</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>630</b>

(\*) Aporte IFOP

### Objetivo Específico 2.1.1

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun	8	34	30	22	94
Vivian Valenzuela	180	40	40	11	271
Victor Catasti	180	10	19	5	214
Hernan Miles	180				180
Guillermo Galindo	180				180
<b>UNAP</b>					
Gabriel Claramunt			40	40	80
Paola Moreno		160	25	20	205
Cristian Azócar		320			320
Elías Valenzuela		320			320
<b>TOTAL</b>	<b>728</b>	<b>884</b>	<b>154</b>	<b>98</b>	<b>1864</b>

**Objetivo Específico 2.1.2**

<b>ACTIVIDADES</b>					
<b>PERSONAL</b>	<b>CRUCERO</b>	<b>PROCESAMIENTO</b>	<b>ANALISIS</b>	<b>INFORMES</b>	<b>TOTAL</b>
<b>IFOP</b>					
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
<b>UNAP</b>					
Rosalino Fuenzalida			50	50	100
Gabriel Claramunt			10	10	20
<b>TOTAL</b>	<b>340</b>	<b>90</b>	<b>165</b>	<b>121</b>	<b>716</b>

**Objetivo Específico 2.1.3**

<b>ACTIVIDADES</b>					
<b>PERSONAL</b>	<b>CRUCERO</b>	<b>PROCESAMIENTO</b>	<b>ANALISIS</b>	<b>INFORMES</b>	<b>TOTAL</b>
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun			29	20	49
Eduardo Díaz		5	9		14
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
<b>UNAP</b>					
Gabriel Claramunt			20	20	40
Yasna Muñoz		40			40
<b>TOTAL</b>	<b>736</b>	<b>61</b>	<b>58</b>	<b>40</b>	<b>895</b>



### Objetivo Específico 2.1.4

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun		34	29	20	83
Viivian Valenzuela		10	10		20
Juan Saavedra			19	10	29
Rodolfo Serra			10	10	20
<b>UNAP</b>					
Gabriel Claramunt			40	50	90
Paola Moreno			25	20	45
<b>TOTAL</b>		<b>44</b>	<b>133</b>	<b>110</b>	<b>287</b>

### Objetivo Específico 2.1.5

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun		33	29	19	81
Eduardo Díaz		4	8	4	16
Juan Saavedra			19	10	29
Carlos Martínez			20	10	30
Rodolfo Serra		6	15	10	31
<b>UNAP</b>					
Gabriel Claramunt				20	20
José Sánchez			140	20	160
Andrés Flores		300			300
Roberto Orellana		300			300
<b>TOTAL</b>		<b>643</b>	<b>231</b>	<b>93</b>	<b>967</b>



### Objetivo Específico 2.1.6

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun			30	19	49
Eduardo Díaz			8	6	14
Juan Saavedra			20	10	30
Carlos Martínez			20	10	30
<b>UNAP</b>					
Gabriel Claramunt			10	10	20
José Sánchez		120			120
<b>TOTAL</b>		<b>120</b>	<b>88</b>	<b>55</b>	<b>263</b>

### Objetivo Específico 2.1.7

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun			30	19	49
Rodolfo Serra		6	12	5	23
Juan Saavedra			20	10	30
<b>UNAP</b>					
Gabriel Claramunt			40		40
<b>TOTAL</b>		<b>6</b>	<b>102</b>	<b>34</b>	<b>142</b>



### Objetivo Específico 2.1.8

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun			30	19	49
Vivian Valenzuela		10	10		20
Jaime Letelier		25	25	25	75
Víctor Catasti		10	20	10	40
Juan Saavedra		38	20	5	63
<b>UNAP</b>					
Gabriel Claramunt			40	20	60
Rosalino Fuenzalida			40	20	60
Paola Moreno				20	20
<b>TOTAL</b>		<b>83</b>	<b>185</b>	<b>119</b>	<b>387</b>

## A N E X O 3

---

**CD contiene:  
Informe Final (pdf)  
Resumen Ejecutivo (word)**

---





---

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO  
Unidad de Ediciones y Producción  
Blanco 839, Fono 56-32-2151500  
Valparaíso, Chile  
[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---