



INFORME FINAL

Evaluación del stock desovante de anchoveta en
la XV, I y II Regiones, año 2011

FIP N°2011-08 / Septiembre-2012



INFORME FINAL

Evaluación del stock desovante de anchoveta en la
XV, I y II Regiones, año 2011

FIP N° 2011-08 / Septiembre-2012

REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA
Presidente Consejo de Investigación Pesquera
Pablo Galilea Carrillo

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Braun Alegría

Director Ejecutivo
Jorge Antonio Toro Da'Ponte

JEFE DE PROYECTO

Mauricio Braun Alegría



FIP N° 2011-08 / Septiembre-2012

Abundancia y distribución de huevos de anchoveta

**Mauricio Braun Alegría
Paola Moreno González
Vivian Valenzuela Cuevas
Cristian Azócar Santander**

Condiciones oceanográficas

**Hernán Reyes Rivas
Milena Pizarro Revello
Mauricio Braun Alegría**

*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 Quiñonez
Eduardo Díaz Ramos
Gustavo Herrera Urzúa
Cristian Azócar Santander
M. Gabriela Böhm Stoffel
Mauricio Braun Alegría**

*Distribución espacial de huevos
y variables oceanográficas*

**Juan Carlos Saavedra Nievas
Fernando Espíndola Rebolledo
Mauricio Braun Alegría
Víctor Catasti Barraza**



I. RESUMEN EJECUTIVO

En el presente documento se informa la totalidad de las actividades realizadas en el marco del proyecto FIP N° 2011-08 “Evaluación del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2011”, para dar cumplimiento a los objetivos planteados en los términos básicos de referencia. Este proyecto fue licitado al Instituto de Fomento Pesquero por el Consejo de Investigación Pesquera para el año 2011, como parte de las necesidades de investigación y la posterior adopción de medidas de administración de las pesquerías, cuyo principal objetivo es la conservación de los recursos hidrobiológicos, considerando tanto aspectos biológicos, pesqueros, económicos y sociales. Es así, que para el año 2011, se decidió continuar con la línea de investigación orientada a cuantificar mediante la aplicación del Método de Producción de Huevos, la biomasa desovante de anchoveta entre Arica (18°25’S) y Carrizalillo (26°03’S). Esta información se obtuvo de la recolección de datos y muestras efectuadas durante la realización de los cruceros designados tanto para el módulo de huevos como para el módulo de adultos.

El crucero se desarrolló durante el período de mayor actividad reproductiva del recurso anchoveta, con el propósito de recolectar muestras de huevos y ejemplares adultos. El crucero para el muestreo de huevos abarcó una extensión longitudinal comprendida entre la costa y las 80 mn de la costa y se efectuó a bordo del PAM “Raulí”, perteneciente a la Empresa Pesquera Corpesca S.A. El crucero módulo ejemplares adultos de anchoveta se realizó preferentemente a bordo de cuatro embarcaciones cerqueras entre el 22 de agosto y el 02 de octubre de 2011, ambas fechas inclusive.



Las naves autorizadas para tales efectos fueron las siguientes: PAM: “Parina I”, “Eperva 65” y “Eperva 57” de la Empresa Pesquera CORPESCA y “Costa Grande 1” de Empresa Pesquera Camanchaca y las naves artesanales “Bucanero” y “Loreto III”, según Resolución de Pesca de Investigación de la Subsecretaría de Pesca número 2205 y 2243 del 12 y 19 de agosto de 2011, respectivamente. Además, colaboraron en la recolección de anchoveta adulta, las embarcaciones artesanales “Doña Pilar II”, “Gracias a Dios I”, “Gracias a Dios II” e “Ike II”, naves que durante el período de veda destinaban su captura para el consumo humano. Una vez que se levanto la veda biológica del recurso, se contó con la colaboración de los PAM: “Marlin”, “Guallatire” de la Empresa Pesquera CORPESCA, el PAM “Claudia Alejandra” de Empresa Pesquera Camanchaca y de la embarcación artesanal “Santiago”. Las embarcaciones cerqueras industriales mencionadas anteriormente operaron por fuera del Área de reserva artesanal hasta las 80 mn, asignándole a cada una de ellas, un rango latitudinal de operación. Cabe señalar que las naves artesanales autorizadas por problemas operativos no participaron de la pesca de investigación.

El PAM “Raulí” operó desde el 18 de agosto hasta el 23 de septiembre de 2011, abarcando la zona comprendida entre Arica (18°25´S) y Carrizalillo (26°03´S), realizando 47 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 10 millas, de un total de 47 programadas. De éstas, 36 transectas se realizaron de acuerdo a lo establecido en la oferta técnica del proyecto, es decir, desde la costa hasta una distancia máxima de 80 mn, cubriendo la extensión latitudinal comprendida entre el Arica (18°25´S) y caleta Blanca (22°10´S), desde punta Gatico (22°30´S) a punta Angamos (23°00´S), entre caleta Las Barrancas (23°30´S) y bahía Moreno (23°40´S) y desde punta Agua Salada (24°10´S) a aguada Paposo (25°00´S). Debido a las condiciones meteorológicas imperantes en la zona de estudio y problemas mecánicos de la nave, en las transectas realizadas frente a punta Copaca, caleta Herradura de Mejillones, caleta Bandurria, caleta Bolfín, punta



Amarilla y desde punta Grande Sur a punta Carrizalillo, no pudo realizarse a completitud la grilla de estaciones programada.

De acuerdo a los resultados del análisis histológico, la anchoveta inició el periodo de máxima intensidad de desove (**MID**) a fines de julio e inicio de agosto, y se prolongó con **IAD** relativamente altos, hasta la última semana de octubre, con máximos en agosto y en septiembre de 2011.

Se determinó la presencia de huevos de *E. ringens* en 292 estaciones de un total de 730 realizadas (40%), con una abundancia igual a 13.915 huevos/ 0,05 m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 48 ejemplares (DS = 135,5), cifra 58,3% menor respecto a la obtenida en invierno de 2009, período donde se detectaron más dispersos (DS = 288,9). El área prospectada fue de 34.736 mn². El área de desove estimada correspondió a 15.771 mn², constituyéndose en la segunda de las más importantes después de la obtenida en invierno de 2002.

La intensidad del desove, experimentó con respecto al invierno de 2009, una importante disminución igual a 53%, exhibiendo la cobertura geográfica del desove un significativo incremento igual a 217%.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta Carrizalillo (26°00'S), y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 80 mn al oeste de punta Pinto (18°40'S), caleta Ligate (20°30'S), caleta Las Barrancas (23°30'S) y punta Tres Picos (24°20'S). En términos generales, la densidad promedio de las estaciones positivas por transecta para los huevos de anchoveta, tendió a disminuir de costa a mar afuera y de norte a sur.



La distribución de huevos de anchoveta es muy amplia en comparación a años anteriores, con expansiones hacia el océano en las zonas extremas (Taltal y Arica). No obstante lo anterior, más del 94% de ellos se concentran dentro de las primeras 45 millas, localizándose los focos de desove más importantes (>300 huevos/ $0,05\text{m}^2$) en el sector costero frente a Arica e isla Alacrán, a 1mn frente a caleta Camarones, a 15 mn frente a caleta Chica ($19^{\circ}20'S$), a 35 mn al oeste de caleta Yapes ($20^{\circ}40'S$), a 1mn frente a punta Patache, punta Lobos, punta Chileno y punta Arenas ($21^{\circ}40'S$), frente a bahía Moreno ($23^{\circ}40'S$) y punta grande Sur ($25^{\circ}10'S$).

En relación al número de huevos el invierno de 2011, presento un porcentaje de cambio igual a 196% con respecto al crucero MPH precedente, constituyéndose en el tercer registro más importante de la serie 1992 - 2011.

El crucero MPH se realizó a comienzos del evento “La Niña” 2011-2012 que tuvo intensidad débil a moderada. La información oceanográfica y/o satelital señaló que la zona norte de Chile registró durante el periodo del crucero, una condición fría y de baja salinidad, que afectó tanto a la capa superficial como, al menos, los primeros 50 m de la columna de agua. La menor participación en la mezcla del agua Subtropical sería una consecuencia de la condición “La Niña”, lo que habría dado paso a una mayor participación de agua Subantártica (**ASAA**), pues la estructura de la distribución de oxígeno disuelto en la vertical no se vio modificada.

De la comparación de la información actual, con la de los cruceros MPH precedentes, se deriva que la profundidad de la capa de mínimo de oxígeno disuelto no muestra un comportamiento que caracterice los periodos fríos, siendo determinada durante estos periodos, y los neutros, por procesos principalmente



locales. La surgencia se observó de intensidad débil a moderada, presentándose las más débiles entre Iquique y Mejillones y las más intensas al sur de Antofagasta. La capa superficial registró altos valores de oxígeno disuelto (**OD**), consistente con la participación de **ASAA**, excepto en las áreas de surgencia más intensa. Dado que los Índices de surgencia del periodo de estudio, son menores que los registrados en períodos neutros anteriores, es discutible si el viento, como forzante local, no sería un factor del enfriamiento y de la baja salinidad que es observada en esta oportunidad en la zona prospectada. Los giros de mesoescala tuvieron una escasa variación de ubicación y un amplio predominio de anomalías negativas durante el crucero.

En lo que respecta a clorofila, las concentraciones pigmentarias discretas fueron en general altas. El área de Antofagasta exhibió las mayores concentraciones del pigmento integrado y notoriamente un mayor espesor del núcleo productivo. Comparativamente, los periodos de crucero MPH más productivos, desde el punto de vista de la clorofila integrada desde el 2004, han sido observados en los años 2004, 2005 y 2011 lo que corresponde a condiciones locales neutras y frías débiles.

La producción diaria de huevos estimada para el modelo de Lo es de 49,65 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 19%. En el modelo multinomial la estimación es de 42,08 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 18%.

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



Combinando el grupo de hembras que desovar  dentro de las próximas 24 horas, con el grupo de desove de la noche anterior, la fracci3n diaria de hembras desovantes se estima en 0,27 con una varianza de 0,00028 y un coeficiente de variaci3n de 6,1%.

La fecundidad media poblacional resulta de 11.458 ovocitos, con una varianza de 304.037 y un coeficiente de variaci3n de 4,8%.

La proporci3n de hembras en peso para el total de lances analizados present3 un promedio de 0,51, una varianza igual a 0,00085 y un coeficiente de variaci3n de 5,8%.

El peso promedio de hembras maduras en el área investigada, fue de 23,45 gramos, con una varianza de 0,316 y un coeficiente de variaci3n de 2,4%.

La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 795.056 ton, con una varianza de 5,1495E+10 y un coeficiente de variaci3n de 28,5%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 673.857 t, con una varianza de 3,3928E+10 y un coeficiente de variaci3n de 27,3%.



I. EXECUTIVE SUMMARY

In this document we report all activities carried out as part of the FIP Project N° 2011-08 “Spawning stock assessment of anchoveta in Regions XV, I and II, 2011”, aiming to achieve the objectives set out in the terms of reference. This project was assigned to the Institute for Fisheries Development (IFOP) by the Fisheries Research Council (CIP) in 2011, in line with research priorities and fisheries management measures, whose objectives are the conservation of hydrobiological resources taking into account biological and fisheries factors, as well as economic and social aspects. In 2011, continuity was given to the research line focusing on the quantification of anchoveta spawning biomass between Arica (18°25’S) and Carrizalillo (26°03’S), using the Egg Production Method. This information was obtained collecting data and samples during cruises designed for egg and adult assessments.

The cruise was carried out between the period of most reproductive activity of anchoveta, aiming to collect eggs and adult individuals. Egg sampling covered latitudes between the coast and 80 nm offshore on board the PAM “Raulí”, belonging to the Corpesca S.A. Fishing Company. The cruise for adult assessment was carried out mainly on board four purse seiners between the 22 of August and the 2nd of October 2011, inclusively.

Authorized vessels were PAMs “Parina I”, “Eperva 65” and “Eperva 57” of the Corpesca S.A. Fishing Company and “Costa Grande 1” of the Camanchaca Fishing Company, as well as the artisan fishing vessels “Bucanero” and “Loreto III”, according to the Scientific Catch Resolutions 2205 and 2243 of the Undersecretary of Fisheries, applicable since the 12th and 19th of August,



respectively. For the collection of anchoveta adults, artisan vessels were also used, “Doña Pilar II”, “Gracias a Dios I”, “Gracias a Dios II” and “Ike II”, whose catches were destined for human consumption during the close season. Once the close season was lifted, PAMs “Marlin” and “Guallatire” of Corpesca S.A., and PAM “Claudia Alejandra” of Camanchaca S.A. were used, as well as the artisan vessel “Santiago”. The industrial purse seiners previously mentioned operated outside the artisan reserve area, which extends to 80 nm offshore, each covering delimited latitudinal ranges. Authorized artisan vessels were not involved in the Scientific Catch due to technical failures.

The PAM “Raulí” covered an area between Arica (18°25´S) and Carrizalillo (26°03´S), between the 18th of August and the 23rd of September, 2011, completing all 47 planned transects perpendicular to the coast and equidistant by 10 nm. Of these, 36 transects were carried out in compliance with the technical guidelines of the project, from the coast out to 80 nm, covering latitudes between Arica (18°25´S) and Caleta Blanca (22°10´S), from Punta Gatico (22°30´S) to Punta Angamos (23°00´S), between Caleta Las Barrancas (23°30´S) and Bahía Moreno (23°40´S), and between Punta Agua Salada (24°10´S) and Aguada Paposo (25°00´S). Due to adverse weather conditions in the area and mechanical failures, it was impossible to complete the transects off Punta Copaca, Caleta Herradura de Mejillones, Caleta Bandurria, Caleta Bolfin, Punta Amarilla and from Punta Grande Sur to Punta Carrizalillo.

According to the results of the histological analyses, the period of maximum spawning intensity (**MSI**) was at the end of July to the beginning of August, and extended with relatively high spawning index until the last week of October, with maxima in August and September 2011.



The presence of *E. ringens* eggs were recorded at 292 of the 730 total sampled stations (40%), with an abundance of 13,915 eggs/0.05 m². There were an average of 48 eggs per station (SD = 135.5), a 58.3% drop compared to winter 2009, when dispersal was also greater (SD = 288.9). The surveyed area was 34,736 nm². The spawning area was estimated at 15,771 nm², the second most important value after that of winter 2002.

Spawning intensity was markedly low (53% drop) compared with winter 2009, but with a significant increase of 217% in geographic spawning area.

The spatial distribution of anchoveta eggs in the study area, indicated that spawning occurred over a latitudinal range between Arica and Punta Carrizalillo (26°00´S), and longitudinally out to 80 nm offshore to the west of Punta Pinto (18°40´S), Caleta Ligate (20°30´S), Caleta Las Barrancas (23°30´S) and Punta Tres Picos (24°20´S). Overall, the average density of eggs tended to decrease from the coast offshore, and from north to south.

The distribution of anchoveta eggs was broad compared to previous years, expanding into oceanic areas at the extreme ends of the study area (Taltal and Arica). Nevertheless, over 94% of egg abundance was concentrated within the first 45 miles, with important spawning foci (>300 eggs/0.05m²) in the coastal sector off Arica and Isla Alacrán, 1nm off Caleta Camarones, 15 nm off Caleta Chica (19°20´S), 35 nm west of Caleta Yapes (20°40´S), 1mn off Punta Patache, Punta Lobos, Punta Chileno and Punta Arenas (21°40´S), and off Bahia Moreno (23°40´S) and Punta Grande Sur (25°10´S).



There was 196% change relative to the previous MPH cruise in winter 2001, the third most important value in the 1992-2011 series.

The MPH cruise was carried out at the start of the weak to moderate 2011-2012 “La Niña” event. Oceanographic information and/or satellite information indicated that cold low salinity conditions were registered in the north of Chile that affected surface layers as well as the first 50 m of the water column. The most significant contribution was by Subtropical waters due to “La Niña” conditions, which led to greater contributions of Subantarctic waters (**SAAW**), and thus the vertical dissolved oxygen profile remained unmodified.

Upon comparison of this cruise data with that of previous MPH cruises, the depth of the oxygen minimum zone did not reflect cold or neutral conditions, due to local processes. Upwelling was weak to moderate, with the weakest centre between Iquique and Mejillones, and the strongest to the south of Antofagasta. The surface layer displayed high values of dissolved oxygen (**DO**), consistent with the contribution of **SAAW**, except in more intense upwelling areas. Given that upwelling indices were lower during the study period than recorded previously during the neutral period, it may be that wind, as a local effect, forces the cooling and lower salinities observed in the surveyed area. Mesoscale gyres, whose locations displayed little variation, produced widespread negative anomalies during the cruise.

With regards to chlorophyll, discrete concentrations were generally high. In the Antofagasta area, there were higher integrated pigment concentrations and a markedly thicker productive nucleus. Comparatively, the highest values of integrated chlorophyll since 2004, were observed in 2004, 2005 and 2011, which corresponded to neutral local and cold weak conditions.



The daily production of eggs estimated using the Lo model was 49.65 eggs/0.05 m²/day, with a 19% variation coefficient. In the multinomial model, the estimate was 42.08 eggs/0.05 m²/day with an 18% variation coefficient.

The histological analyses indicated that 100% of females were reproductively active. The reproductive behaviour of anchoveta indicated that this cruise was carried out during the maximum spawning period.

Combining females that will spawn in the next 24 hours and females that spawned the night before, the daily fraction of spawning females was 0.27 with a variance of 0.00028 and a variation coefficient of 6.1%.

Average population fecundity resulted in 11.458 oocytes, with a variance of 304,037 and a variation coefficient of 4.8%.

The proportion of females in weight out of the total analysed trawls was 0.51, with a variance of 0.00085 and a variation coefficient of 5.8%.

The average weight of mature females in the studied area was 23.45 grams, with a variance of 0.316 and a variation coefficient of 2.4%.

The spawning biomass estimated with the traditional Lo model was estimated at 795,056 tonnes, with a variance of 5.1495E+10 and a variation coefficient of 28.5%. With the multinomial model, biomass was estimated at 673,857 t, with a variance of 3.3928E+10 and a variation coefficient of 27.3%.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



II. ÍNDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO / I. EXECUTIVE SUMMARY	1
II. ÍNDICE GENERAL	13
III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS.....	15
IV. OBJETIVOS	28
1. Objetivo general.....	28
2. Objetivos específicos.....	28
V. ANTECEDENTES GENERALES.....	30
VI. DESARROLLO METODOLÓGICO	38
1. Área de estudio.....	38
2. Monitoreo reproductivo que fundamentó el inicio y término del crucero..	40
2.1 Procesamiento biológico	41
3. Metodología por objetivo específico	50
3.1 Objetivo específico 2.1	50
3.2 Objetivo específico 2.2	56
3.3 Objetivo específico 2.3	68
3.4 Objetivo específico 2.4	75
3.5 Objetivo específico 2.5	85
3.6 Objetivo específico 2.6	90
3.7 Objetivo específico 2.7	94
3.8 Objetivo específico 2.8	96



VII. RESULTADOS	106
1. Monitoreo reproductivo que fundamenta el inicio del crucero	106
2. Objetivo específico 2.1	108
3. Objetivo específico 2.2	112
4. Objetivo específico 2.3	132
5. Objetivo específico 2.4	134
6. Objetivo específico 2.5	136
7. Objetivo específico 2.6	138
8. Objetivo específico 2.7	140
9. Objetivo específico 2.8	140
VIII. DISCUSIÓN.....	159
IX. CONCLUSIONES.....	174
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	179
XI. BASE DE DATOS FIP N° 2011-08.....	200

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

- Anexo 1.** Instructivo de muestreo: Utilizado a bordo por parte de los Observadores Científicos.
- Anexo 2.** Procedimientos de recopilación, transmisión, validación y almacenamiento de datos.
- Anexo 3.** Taller 1. Coordinación de Actividades: FIP – SSP – IFOP.
Taller 2. Presentación de Resultados (CD).
- Anexo 4.** Personal participante por actividad (HH). FIP N° 2011-08.
- Anexo 5.** CD Base de datos y descriptores FIP N° 2011-08.



III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS

FIGURAS

- Figura 1.** Rango latitudinal de operación de las barcos cerqueros industriales que trabajaron en forma conjunta, en la recolección de adultos de anchoveta. Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 2.** Ubicación geográfica de a) estaciones bio-oceanográficas y b) estaciones con muestreo de clorofila y oxígeno (estaciones oceanográficas profundas). Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 3.** Distribución de frecuencia, N^o de huevos de anchoveta en el estadio I de desarrollo (Recientemente desovados y fertilizados) según hora de recolecta para el total de cruceros realizados en la zona norte.
- Figura 4.** Ajuste del modelo probabilístico multinomial para huevos de anchoveta zona norte a las temperaturas de incubación.
- Figura 5.** Distribución temporal de los estadios de madurez microscópica y FPO de la zona norte de Chile. Líneas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). Línea representa un promedio móvil (Extraído de Claramunt *et al.*, 2007).
- Figura 6.** Relación entre el peso corporal (g) y la fecundidad parcial (N^o) para anchoveta de la zona norte en base a 1035 hembras.
- Figura 7.** Evolución mensual del índice Gonadosomático de la anchoveta de la Zona Norte.
- Figura 8.** Evolución semanal del Índice Gonadosomático de la anchoveta de la Zona Norte, Año 2011.
- Figura 9.** Evolución mensual del Índice de Actividad de Desove (IAD) e Índice de Atresia Ovárica (IAO). Año 2011.



- Figura 10.** Evolución semanal de los Índices de Actividad de Desove (IAD) y de Atresia Ovárica (IAO). Año 2011.
- Figura 11.** Distribución geográfica de las estaciones positivas y negativas a huevos de huevos de anchoveta. Crucero MPH 542(3)11 Raulí – Invierno 2011.
- Figura 12.** Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 13.** Distribución de la abundancia promedio de huevos de anchoveta con respecto a la distancia de la costa (a) y con respecto a la latitud (b). Crucero MPH – Invierno 2011.
- Figura 14.** Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta. Cruceros MPH Inviernos 1992 – 2011.
- Figura 15.** Distribución espacial de los lances de pesca v/s los huevos de anchoveta. Crucero MPH Invierno 2011. Color azul: lances efectivos; color negro: lances no efectivos y color rojo: huevos de anchoveta.
- Figura 16.** (a) Densidad media de huevos de anchoveta estimada para el período 1992-2011, a través del estimador de la media de una distribución delta y (b) proporción de estaciones positivas (con huevos), período 1992-2011.
- Figura 17.** Comparación del índice de huevos y la biomasa desovante estimada con el método multinomial (a) y con el modelo de Lo GLM (b).
- Figura 18.** Cartas del viento horario de intensidad a) menor a 5 m/s, b) 5 a 10 m/s, c) mayor a 5 m/s y d) viento con componente norte. Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 19.** Cartas promedio de los índices de a) surgencia y b) turbulencia. Los promedios se obtuvieron de mediciones del viento de las estaciones dentro de 1° de latitud. Crucero MPH - Invierno 2011.



- Figura 20.** Transporte de Ekman cada 3 horas calculado en base a los datos de viento de los aeropuertos a) Diego Aracena de Iquique y b) Cerro Moreno de Antofagasta entre enero y septiembre de 2011 (Fuente: Dirección Meteorológica de Chile).
- Figura 21.** 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 2011.
- Figura 22.** 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 2011.
- Figura 23.** Distribución de a) Densidad superficial ($\sigma\text{-t}$) kg/m^3 , b) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y c) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m). Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 24.** Distribución de a) espesor de la capa de mezcla (m) y b) concentración de oxígeno disuelto superficial (mL/L) y c) profundidad (m) del límite superior de la capa de mínima de oxígeno disuelto (mL/L). Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 25.** Distribución de a) clorofila a superficial ($\mu\text{g}/\text{L}$), b) feopigmento superficial ($\mu\text{g}/\text{L}$), c) clorofila integrada (mg/m^2) y d) feopigmentos integrados (mg/m^2) Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 26.** Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas oceanográficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - invierno 2011.
- Figura 27.** Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas oceanográficas 25, 29, 33, 37, 41 y 46. Crucero MPH - Invierno 2011.



- Figura 28.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanográficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 29.** Distribución vertical de salinidad ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas oceanográficas 25, 29, 33, 37, 41 y 46. Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 30.** 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 2011.
- Figura 31.** Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L), transectas 1 a la 46. Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 32.** Distribución vertical clorofila-a ($\mu\text{g/L}$), transectas 1 a la 46. Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 33.** Distribución vertical feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), transectas 1 a la 46. Crucero MPH - Invierno 2011.
- Figura 34.** Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días (a) 21 y 28 de agosto, (b) 29 agosto y 5 septiembre, (c) 6 y 13 de septiembre y (d) 14 y 21 de septiembre de 2011.
- Figura 35.** Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días (a) 21 y 28 de agosto, (b) 29 agosto y 5 septiembre, (c) 6 y 13 de septiembre y (d) 14 y 21 de septiembre de 2011. La línea negra marca la isolínea de $1 \mu\text{g/L}$.
- Figura 36.** Anomalía del nivel del mar (cm) y velocidad geostrófica (cm/s) provenientes de la combinación de los satélites ERS, Topex y Jason, correspondientes a los días 18 y 25 de agosto y 5 y 17 de septiembre de 2011.



- Figura 37.** Series de tiempo para el período julio 2002- octubre 2011 de a) Índice Multivariado Ecuatorial (**MEI**), b) promedio de las anomalías de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por fecha entre las latitudes 18° a 28°S en el sector costero y oceánico; Diagramas Hovmöller para el mismo período y área de la anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) superficial del mar (satelital) c) costera y d) oceánica.
- Figura 38.** Series de tiempo para el período julio 2002- octubre 2011 de a) Índice Multivariado Ecuatorial (**MEI**), b) promedio de la concentración de clorofila satelital ($\mu\text{g/L}$) por fecha entre las latitudes 18° a 28°S en el sector costero; Diagramas Hovmöller para el mismo período y área de la concentración de clorofila-a satelital (promedio mensual) ($\mu\text{g/L}$) c) costera y d) oceánica.
- Figura 39.** Serie de Tiempo de áreas promediadas para las anomalías en la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de la superficie del océano (SST) en las regiones de El Niño [Niño-1+2 (0° - 10°S , 90°W - 80°W), Niño 3 (5°N - 5°S , 150°W - 90°W), Niño-3.4 (5°N - 5°S , 170°W - 120°W), Niño-4 (150°W - 160°E and 5°N - 5°S)]. Las anomalías de TSM son variaciones de los promedios semanales del período base de 1971-2000.
- Figura 40.** a) Serie de tiempo del Índice Ecuatorial Multivariado (**MEI**) y b) serie de rangos de intensidad de los periodos cálidos y fríos asociados al valor MEI para el periodo Julio 2002 – septiembre 2011. Fuente: NOAA (<http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>).
- Figura 41.** Distribución de tallas de las hembras muestreadas en cada año de aplicación del método de producción de huevos en la zona norte. Línea roja vertical es solo referencial (13 cm).
- Figura 42.** Frecuencia (N°) de huevos de anchoveta por estadio de desarrollo para cada año de cruceo ictioplanctónico. Barras: Frecuencia (%) del año. Línea: Frecuencia (%) considerando todos los cruceos.



- Figura 43.** Estimaciones de Producción 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 44.** Distribución temporal de los estadios madurez microscópica y FPO de la zona norte de Chile. Líneas azules verticales representan el pico de desove (23:00 h). Línea roja representa un ajuste de distribución normal (Con hora acumulada a partir de las 12:00). Línea negra delgada (FPO 1) es la repetición de la distribución estimada para FPO 1. Información acumulada del 2004 al 2008 (Claramunt *et al*, 2007).
- Figura 45.** Edades medias de los estadios de FPO según ajuste por modelo de tipo Normal en base a la hora acumulada a partir de las 12:00. Círculos: Edades medias. Líneas verticales: Desviación estándar. Líneas negras horizontales: Intervalo al 99%. Flecha azul horizontal: Pico de desove (23:00). Líneas rojas horizontales: Indica período de 24 horas (18:00 a 18:00). En paréntesis se indica la hora del día en ciclo de 24:00 (Sin acumular).
- Figura 46.** Fecundidad parcial en función del peso corporal para el año 2011.
- Figura 47.** Regresiones de Fecundidad parcial en función del Peso Corporal para distintos años de aplicación del MPH en la zona norte.
- Figura 48.** Biomosas desovantes estimadas en cada año de aplicación del Método de producción Diaria de Huevos.
- Figura 49.** Áreas de crucero y de desove para cada año de aplicación del Método de producción Diaria de Huevos.
- Figura 50.** Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Período 1992-2011.
- Figura 51.** Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992-2011.



- Figura 52.** Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992-2011.
- Figura 53.** Rangos de distribución preferencial de los huevos de anchoveta respecto de: a) temperatura (°C) y b) salinidad (psu). Período 1992-2011.
- Figura 54.** Distribución espacial de los centros de gravedad de las distribuciones de huevos de anchoveta. Período 1992-2011.
- Figura 55.** Densidad media de huevos para el total de estaciones y estaciones positivas y proporción de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, por año y total. Cruceros realizados entre la XV y II Región.
- Figura 56.** Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura y salinidad superficial sobre la variable densidad de huevos de anchoveta, ajustado un modelo poisson-compuesto (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta y líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza.
- Figura 57.** Tendencias de los índices por año obtenidos del ajuste del modelo GAM para la densidad de huevos de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza.
- Figura 58.** Zona de estudio y las diez áreas (polígonos) de 10 millas náuticas de longitud proyectando la línea de costa.
- Figura 59.** Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta para el periodo 1995 – 2011.
- Figura 60.** Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial del mar durante el periodo 1995 – 2011.



- Figura 61.** Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial del mar durante el periodo 1995 – 2011.
- Figura 62.** Proporción de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, densidad media de huevos para las estaciones positivas y para el total de estaciones. Cruceros realizados desde 1992 hasta el 2011.
- Figura 63.** Densidad media de huevos de anchoveta por polígono paralelo a la costa y año.
- Figura 64.** Estadísticas descriptivas para las variables densidad de huevos de anchoveta (a), la longitud (b), la temperatura (c) y la salinidad superficial del mar (d). Cruceros realizados en la I y II Región desde los años 1995 al 1997, de 1999 al 2009 y el año 2011.
- Figura 65.** Patrón temporal de la densidad de huevos de anchoveta (escala logarítmica) para cada área (10 mn) paralela a la costa. La línea negra representa la tendencia suavizada y los círculos los datos observados.
- Figura 66.** Efectos de los predictores fecha, latitud:longitud, temperatura y salinidad sobre la variable conteo de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo MAGM con una distribución Poisson para la variable respuesta. Las líneas segmentadas corresponden a los intervalos de confianza y $s(X,P)$ corresponde a la función suavizadora spline para la variable X con P grados de libertad.
- Figura 67.** Estimaciones suavizadas del patrón temporal de la densidad de huevos para cada área paralela a la costa, obtenidos del modelo de la ecuación (6).
- Figura 68.** Estimaciones suavizadas del patrón temporal de la temperatura para cada área paralela a la costa.
- Figura 69.** Estimaciones suavizadas del patrón temporal de la salinidad para cada área paralela a la costa.



- Figura 70.** Temperaturas promedio a 10 metros ($^{\circ}\text{C}$) de profundidad de los cruceros del MPH en la zona norte de Chile. L3neas verticales representan la desviaci3n est3ndar y l3neas horizontales los valores m3nimos y m3ximos.
- Figura 71.** Relaci3n entre 3rea de desove (mn^2) y la Biomasa desovante (ton) seg3n Modelo Multinomial (A) y Lo (B).
- Figura 72.** Relaci3n entre el 3rea de desove (mn^2) y la captura total del a3o (ton). Captura para el a3o 2011 es una cifra preliminar.



TABLAS

- Tabla 1.** Caracterizaci3n de los estadios ov3ricos de peces pel3gicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).
- Tabla 2.** Clasificaci3n histol3gica de los fol3culos postovulatorios (**FPO**) de anchoveta, seg3n grado de degeneraci3n (Claramunt *et al.*, 2007)
- Tabla 3.** Clasificaci3n de los estadios de desarrollo embrionario (Santander et al., 1984).
- Tabla 4.** Par3metros 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 5.** Resultados del ajuste del modelo probabil3stico para la edad de los estadios de huevos en anchoveta zona norte.
- Tabla 6.** Evoluci3n semanal de los indicadores reproductivos (IGS, IAD e IAO) de la anchoveta en la Zona Arica - Antofagasta, enero-octubre, 2011.
- Tabla 7.** Densidad promedio, constancia y rangos de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, en invierno de los a3os 1992-2011.
- Tabla 8.** Estimaci3n del 3ndice de abundancia de huevos de Anchoveta, XV, I y II Regiones en invierno de 1992 – 2011
- Tabla 9.** Posici3n geogr3fica de los lances efectuados durante el crucero MPH m3dulo adultos, en la XV, I y II Regiones, agosto – septiembre 2011.
- Tabla 10.** Resumen de los datos de los lances. Hora del lance en hora y fracci3n de hora. Estadios de Madurez Microsc3pico (EMM), Fol3culos postovulatorios (FPO), n3mero de hembras (n), peso total (PT; Corregido) fecundidad parcial estimada (FECUND) y Proporci3n de hembras en peso (PROP. H).



- Tabla 11.** Resultados del ajuste de producci3n diaria de huevos en funci3n de la edad de los huevos para las dos metodologías (Rutinas *eggs* y *eggsplore* en plataforma R). *Intercept* corresponde al estimado del logaritmo de P_0 (N° huevos/ m^2 /día). *Age* corresponde a la estimaci3n de mortalidad diaria de huevos (Z , en horas). *Std. Error* en el caso de P_0 corresponde al coeficiente de variaci3n de P_0 y para Z es el error estandar. n es el 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 12.** Númeru de lances y total de hembras muestreadas en los distintos ańos de aplicaci3n del MPH en la zona norte.
- Tabla 13.** Distribuci3n horaria de la frecuencia (%) de los estadios de Folículos Postovulatorios y Estadios de Madurez Ovárica (Núcleo Migrante e Hidratados). Informaci3n acumulada del 2004 al 2008.
- Tabla 14.** Parámetros del ajuste de un modelo de distribuci3n tipo Gamma y Normal a la frecuencia de FPO por hora (Hora acumulada a partir de las 12:00 AM). a y b : Parámetros de la funci3n Gamma. SCE: Suma de cuadrados del error.
- Tabla 15.** Parámetros de las regresiones entre fecundidad parcial y peso corporal para cada ańo de aplicaci3n del MPH en la zona norte de Chile.
- Tabla 16.** Parámetros de adultos obtenidos en las distintas aplicaciones del MPH en la zona norte.
- Tabla 17.** 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 18.** Frecuencia de estaciones con presencia y ausencia de huevos por año, para estaciones sin registro de salinidades (Cero) y con registro de salinidades (Positiva).
- Tabla 19.** Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos de anchoveta y densidad media de huevos/0,05 m² de las estaciones positivas desde los años 1992, 1995 a 1997, 1999 al 2009 y 2011.
- Tabla 20.** Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región desde los años 1992, 1995 a 1997, 1999 al 2009 y 2011.
- Tabla 21.** Análisis de devianza para los efectos de las co-variables en el ajuste del modelo GAM para la densidad de huevos de anchoveta. Desde los años 1995 a 1997, 1999 al 2009 y el 2011.
- Tabla 22.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen del ajuste del modelo MAGM para la variable número de huevos de anchoveta bajo una distribución Poisson.
Formula: huevos ~ s(año) + s(lon,lat) + s(tem) + s(sal), aleatorio=estación.
- Tabla 23.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen del ajuste del modelo MAGM para la variable número de huevos de anchoveta bajo una distribución Poisson.
Formula: huevos ~ s(año,por=polígono) + s(lon,lat) + s(tem) + s(sal), aleatorio=estación.
- Tabla 24.** Correlaciones temporales estimadas para la densidad de huevos de anchoveta, la temperatura y salinidad superficial del mar durante el periodo analizado.



ANEXOS

- Anexo 1.** Instructivo de muestreo a realizar a bordo por parte de los observadores cient3ficos.
- Anexo 2.** Procedimientos de recopilaci3n, transmisi3n, validaci3n y almacenamiento de datos.
- Anexo 3.** Taller 1 de Coordinaci3n de Actividades
Taller 2 Presentaci3n de Resultados (04 junio 2012).
- Anexo 4.** Personal participante por actividad (HH).
- Anexo 5.** Cd Base de datos y descriptores FIP N° 2011-08.



IV. OBJETIVOS

1. Objetivo general

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

2. Objetivos específicos

- 2.1** Determinar la distribución y abundancia de huevos de anchoveta.
- 2.2** Registrar las condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos de anchoveta.
- 2.3** Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas.
- 2.4** Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos.
- 2.5** Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta con su varianza asociada.



- 2.6** Estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal, el modelo de regresión correspondiente a esta relación, y la fecundidad media poblacional, con sus respectivas varianzas.

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

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



V. ANTECEDENTES GENERALES

El valor (FOB) de exportación generado por las exportaciones del Sector en el período enero – diciembre de 2011 alcanzó a 4.697 millones de dólares, mostrando un crecimiento del 31,3% respecto a igual período del año anterior. (Elaborado por IFOP en base a información de Aduana).

En el año 2011, la participación del Sector Pesquero en relación a los ingresos aportados por el total de las exportaciones chilenas, fue, aproximadamente, un 5,8% (Elaborado por IFOP en base a información de Aduana y del Banco Central).

Las estadísticas pesqueras nacionales señalan que a noviembre de 2011 se desembarcaron 4,0 millones de t, volumen 6,4% inferior al quinquenio 2006 - 2010 y 8% mayor respecto al 2010. Por otra parte, la actividad generada en torno a las exportaciones del Sector Pesquero extractivo indica que a octubre del 2011 alcanzaron los US\$ 3.771 millones, lo cual significa un fuerte incremento (+32%) respecto a igual período de 2010 (Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura, noviembre 2011 - SUBPESCA). En el ámbito del sector extractivo destacan por su importancia los recursos pelágicos situando a la anchoveta en el primer lugar con 1,2 millones de t desembarcadas a noviembre de 2011, seguida por la sardina común con 802 mil t y muy por debajo el jurel con sólo 219 mil t.

Durante los últimos años, la actividad pesquera de la zona norte, ejercida entre la XV y II Región, se ha cimentado fundamentalmente en las capturas de anchoveta (1 millón de t), jurel (31 mil t) y caballa (5 mil t), contribuyendo en el desembarque total en el año 2011 con el 99% (M.G. Böhm, 2011, com. pers).



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 t por año.

De acuerdo a lo anterior, la actividad extractiva de la industria pesquera en la XV, 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 refieren específicamente al efecto de "El Niño", es necesario señalar que la zona



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

Por lo anterior, y considerando que esta pesquería ha sido analizada tomando en cuenta la evolución del esfuerzo de pesca y la variabilidad del medio ambiente y que además algunos estudios han considerado el efecto del medio ambiente sobre dichos recursos (Cañón, 1986; Castillo y Guzmán, 1985; Oliva *et al.*, 2003; Braun *et al.*, 2004a), se hace necesario la estimación de la biomasa a través de distintas metodologías. En este sentido, una metodología alternativa para la evaluación de la biomasa desovante en peces pelágicos como la anchoveta,



corresponde al “Método de 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 nÚmero de huevos totales evaluados en una prospecci3n ictioplanct3nica en asociaci3n a otras variables y la fecundidad especÍfica 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 Método de Producci3n de Huevos (MPH)**

El Método de Producci3n de Huevos define la biomasa desovante como la fracci3n de peces capaces de desovar durante el perÍodo del crucero (Parker, 1980). Los peces que no son capaces de desovar son presumidos como aquellos que no han llegado a su primera madurez sexual. Peces en condici3n de post-desove 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 dÍa por la poblaci3n total de hembras) y la fecundidad especÍfica diaria de la poblaci3n adulta (huevos potenciales de ser desovados por dÍa por tonelada métrica). 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 especÍfica 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 fol3culos postovulatorios, logran mediante la inducci3n del desove de anchoveta de California, mantenidas en cautiverio, caracterizar histol3gicamente el proceso de degeneraci3n de los fol3culos 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 pel3gicos multidesovantes.

El m3todo 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 estad3os. El ovocito en el transcurso de su desarrollo crece en el ovario provey3ndose 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 f3cilmente reconocibles a simple vista, debido a que la diluci3n del vitelo hace transparente a los ovocitos. En el curso de los tres d3as posteriores al desove, la capa de c3lulas que originalmente rodeaba el ovocito, ahora denominado fol3culo 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 "M3todo de Producci3n de Huevos" presenta en t3rminos 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 constituye una fuente de información auxiliar para calibrar las evaluaciones indirectas.

La aplicación del MPH a pequeños pelágicos ha sido un éxito y es considerada una herramienta fundamental para la administración de la pesquería de anchoveta en la zona norte. En Chile, el MPDH convencional se ha aplicado para evaluar el stock desovante de la anchoveta en la zona norte de Chile (XV, I y II Regiones) desde el año 1992, la anchoveta y sardina común de la zona centro-sur (V-X Regiones) desde el 2002-2005, 2008, 2009 y 2010; y desde el año 2000 en jurel a través de proyectos financiados por el Fondo de Investigación Pesquera. En la aplicación del MPDH a estos recursos, ha participado prácticamente el mismo equipo de trabajo, lo que constituye una ventaja desde el punto de vista de mantener consistencia al momento de establecer una serie de tiempo.

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



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

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



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

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

Dentro de este contexto, y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensión de la distribución y abundancia de los recursos y sus fluctuaciones espacio temporales, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretaría de Pesca y la conveniencia de mantener una línea de investigación respecto al stock desovante de anchoveta, ha decidido incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera correspondiente al año 2011.



VI. DESARROLLO METODOL3GICO

De conformidad con la metodologfa presentada en la propuesta t3cnica y con la finalidad de determinar la distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta, registrar las condiciones oceanogr3ficas ffsicas, estimar el peso promedio de las hembras maduras y la proporci3n sexual en peso, la producci3n diaria de huevos, fracci3n de hembras desovantes, fecundidad y la biomasa del stock desovante, se realizaron los cruceros M3dulo Huevos y M3dulo Adultos para el recurso anchoveta, durante el perfodo de m3xima actividad reproductiva del a3o 2011.

1. Zona de estudio

Los datos oceanogr3ficos ffsicos, de huevos y las capturas de los adultos fueron obtenidos durante los meses de agosto y septiembre de 2011, efectu3ndose de manera ininterrumpida las respectivas recolectas. Asf, el crucero para el muestreo de huevos abarc3 una extensi3n longitudinal comprendida entre la costa y las 80 mn de la costa y se efectu3 a bordo del PAM "Raulf", perteneciente a la Empresa Pesquera Corpesca S.A, inici3ndose la prospecci3n en el extremo sur del 3rea de estudio. El crucero de prospecci3n y muestreo de ejemplares adultos de anchoveta se realiz3 preferentemente a bordo de cuatro embarcaciones cerqueras entre el 22 de agosto y el 02 de octubre de 2011, ambas fechas inclusive. Las naves autorizadas para tales efectos fueron las siguientes: "Parina I", "Eperva 65" y "Eperva 57" de la Empresa Pesquera CORPESCA y "Costa Grande 1" de Empresa Pesquera Camanchaca, segun Resoluci3n de Pesca de Investigaci3n de la Subsecretarfa de Pesca n3mero 2205 y 2243 del 12 y 19 de agosto de 2011, respectivamente. Adem3s, colaboraron en la recolecci3n de anchoveta adulta, las



embarcaciones artesanales “Doña Pilar II”, “Gracias a Dios I”, “Gracias a Dios II” e “Ike II”, naves que durante el período de veda destinaban su captura para el consumo humano. Una vez que se levanto la veda biológica del recurso, se contó con la colaboración de los PAM: “Marlin”, “Guallatire” de la Empresa Pesquera CORPESCA, el PAM “Claudia Alejandra” de Empresa Pesquera Camanchaca y de la embarcación artesanal “Santiago”. Las embarcaciones cerqueras industriales mencionadas anteriormente operaron por fuera del Área de reserva artesanal hasta las 80 mn, asignándoles a cada una de ellas, un rango latitudinal de operación (**Figura 1**), efectuando entre todas ellas un total de 87 lances de pesca, de los cuales 44 fueron positivos, es decir, con captura de anchoveta.

El PAM “Raulí” operó desde el 18 de agosto hasta el 23 de septiembre de 2011, abarcando la zona comprendida entre Arica ($18^{\circ}25'S$) y Carrizalillo ($26^{\circ}03'S$), realizando 47 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 10 millas, de un total de 47 programadas. De éstas, 36 transectas se realizaron de acuerdo a lo establecido en la oferta técnica del proyecto, es decir, desde la costa hasta una distancia máxima de 80 mn, cubriendo la extensión latitudinal comprendida entre el Arica ($18^{\circ}25'S$) y caleta Blanca ($22^{\circ}10'S$), desde punta Gatico ($22^{\circ}30'S$) a punta Angamos ($23^{\circ}00'S$), entre caleta Las Barrancas ($23^{\circ}30'S$) y bahía Moreno ($23^{\circ}40'S$) y desde punta Agua Salada ($24^{\circ}10'S$) a aguada Paposo ($25^{\circ}00'S$).

Debido a las condiciones meteorológicas imperantes en la zona de estudio y problemas mecánicos de la nave, en las transectas realizadas frente a punta Copaca, caleta Herradura de Mejillones, caleta Bandurria, caleta Bolfin, punta Amarilla y desde punta Grande Sur a punta Carrizalillo, no pudo realizarse a completitud la grilla de estaciones programada, cuyo detalle se entrega en el siguiente cuadro:



Número de transecta	Localidad	Latitud	Número de estaciones efectuadas
25	Punta Copaca	22°20'S	16 (1 a 75 mn)
30	Caleta Herradura de Mejillones	23°10'S	13 (1 a 60 mn)
31	Caleta Bandurria	23°20'S	13 (1 a 60 mn)
34	Caleta Bolfin	23°50'S	11 (1 a 50 mn)
35	Punta Amarilla	24°00'S	11 (1 a 50 mn)
42	Punta Grande Sur	25°10'S	9 (1 a 40 mn)
43	Islote Blanco-Taltal	25°20'S	9 (1 a 40 mn)
44	Punta San Pedro	25°30'S	9 (1 a 40 mn)
45	Punta Lavata	25°40'S	9 (1 a 40 mn)
46	Punta Ballena	25°50'S	9 (1 a 40 mn)
47	Punta Carrizalillo	26°00'S	9 (1 a 40 mn)

El total de estaciones zooplanctónicas recolectadas mediante la red CalVET fue de 730, cifra 5,6% menor respecto a la obtenida en agosto-septiembre de 2009.

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

Con la finalidad de establecer con certeza la fecha de inicio del crucero de huevos y adultos, en el período de máxima actividad reproductiva, se monitoreó la actividad de desove de la anchoveta mediante el seguimiento del Índice gonadosomático y de indicadores de naturaleza histológica, tales como el Índice de Actividad de Desove (**IAD**) e Índice de Atresia Ovárica (**IAO**). Este seguimiento forma parte del proyecto "Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2011" Actividad N°1: Recursos pelágicos Pesquería pelágica zona norte, y a través de él, se determinó el período de máxima intensidad de desove (**MID**) mediante el análisis de las tendencias, en base semanal y mensual de la anchoveta en las diferentes fases de madurez del ovario; la evolución de los indicadores histológicos **IAD** e **IAO** y las variaciones del Índice Gonadosomático (**IGS**). Período que se asocia a la totalidad de la anchoveta en estadios de



madurez avanzados; con el incremento de hembras hidratadas y de ovarios con folículos postovulatorios, y de menor evidencia de regresión o atresia, caracterizándose el período de máxima intensidad de desove por la ocurrencia y permanencia de altos valores de **IGS** e **IAD** y de bajos o nulos valores de **IAO**.

2.1 Procesamiento biológico

El muestreo reproductivo de la anchoveta considera el ciclo anual de 2011 en los principales puertos de la Zona norte (Arica-Antofagasta), registrándose la información biológica de la especie, consignándose datos de longitud, peso, sexo y estadios de madurez.

El procedimiento aplicado consistió en recolectar ovarios de anchoveta de la captura comercial, los que fueron inmediatamente fijados en formalina tamponada 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, en el período de enero-octubre de 2011, 8.967 hembras y microscópicamente, en el período de incremento del IGS, a partir de junio y hasta octubre, 2.421 ovarios de anchoveta, cifras 23% y 29% mayor respecto a las analizadas en el año 2009, respectivamente.

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

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



A. Plan de muestreo

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

Población objetivo

La población objetivo es el stock de anchoveta del norte grande de Chile y los ejemplares capturados para efectos de este estudio por las flotas industrial y artesanal, corresponden a la primera muestra de la población.

B. Plan operativo

Fuentes de captación de datos

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

Antecedentes para la selección de centros de muestreo

La estrategia de captación de datos consideró una cobertura de centros de desembarque, asegurando la representatividad de los muestreos. Los antecedentes utilizados para definir los centros de muestreo, se basan en información actualizada de la flota y la modalidad de operación de ésta.



En la pesquería pelágica de la XV, I y II Regiones operan dos flotas, una industrial y otra artesanal, que utilizan como arte de pesca el sistema de cerco. La flota industrial opera entre la XV, I y II Región, concentrándose la flota artesanal en la XV y I Región.

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

Flota Industrial

- Iquique
- Arica
- Tocopilla
- Mejillones

Con respecto al tamaño de la flota industrial, en la actualidad existe un total de 65 embarcaciones industriales operando en esta pesquería (L. Caballero, 2011 com. pers.), las que se distribuyen según su frecuencia de recalada de la siguiente manera:

- Iquique : 62
- Mejillones : 3

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

Formularios para la captación de los datos

Los datos recopilados fueron registrados en el formulario "Muestreo Biológico" y las variables en estudio fueron las siguientes:



- Especie
- Fecha
- Código barco
- Zona de pesca
- Cuadrícula
- Longitud total (cm)
- Peso total (g)
- Peso eviscerado (g)
- Madurez sexual
- Peso gónadas (g)
- Sexo

Se utilizó un total de 5 observadores científicos distribuidos de la siguiente forma: Arica (2), Iquique (2) y Mejillones (1), cuya función principal fue la recolección de datos de las embarcaciones seleccionadas para el muestreo en tierra o a bordo, siguiendo los instructivos desarrollados para estos efectos (**Anexo 1**).

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

Las muestras biológicas se tomaron desde el vibrador o secador, una vez obtenida la muestra, se inicia la recolección de datos de cada uno de los ejemplares, los que constituyen la unidad de análisis de acuerdo al tipo de variable o característica en estudio.

- **Longitud** : a cada ejemplar se le midió su longitud total.
- **Peso**: a cada ejemplar se le registró el peso total, eviscerado y peso de gónadas.



- **Sexo y madurez sexual:** a cada ejemplar se le determinó el sexo a través de la observación directa de las gónadas y la madurez sexual mediante criterios macroscópicos (tamaño, forma, color etc.), clasificando la observación de acuerdo a la escala de madurez específica (Simpson y Gil, 1967 *fide* Serra, 1976), confirmando la información a través de criterios microscópicos.

Digitación de datos

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

C. Plan de aseguramiento de la calidad de datos y diseños

El diseño pasa necesariamente por velar por la calidad de la información, si los datos son deficientes, entonces la información como proceso de transformación de éstos no tendrá ningún valor. En este contexto, tanto los diseños de muestreo como los datos capturados, entraron a procesos de control de calidad, lo que aseguro la confiabilidad de la información (**Anexo 2**).

D. Plan de análisis

Indicadores reproductivos

Indicador macroscópico: Índice gonadosomático (IGS)

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



desarrollo del evento reproductivo del recurso, cuya evolución refleja procesos de maduración, desove y de reposo gonadal.

Notación:

Wg_i : Peso de la gónada del *i-ésimo* ejemplar

We_i : Peso eviscerado del *i-ésimo* ejemplar

n : Total de ejemplares en la muestra

Estimador del índice IGS

$$IGS = \frac{\sum_{i=1}^n Wg_i}{\sum_{i=1}^n We_i}$$

Estimador de la varianza del IGS

$$\hat{V}(IGS) = \frac{1}{n(n-1)\bar{We}^2} \sum_{i=1}^n (Wg_i - IGS \cdot We_i)^2,$$

donde,

$$\bar{We} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n We_i$$

Coeficientes de variación e intervalos de confianza

El coeficiente de variación se calculo con el siguiente procedimiento:

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

El intervalo de confianza se obtuvo como:



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

donde $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$: representa el coeficiente asociado al nivel de confianza $(1-\alpha)\%$ de un modelo de probabilidad normal estándar, dado que la distribución límite del estimador, conforme el tamaño de muestra aumenta ($n > 30$), es normal ($\alpha = 0,05$).

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

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

En los muestreos de anchoveta, por su carácter de tipo asincrónico y de desovador parcial, es posible encontrar ejemplares en distintos estadios de desarrollo, con predominio de algunos que determinan semanal, mensual y estacionalmente la condición ovárica dominante, caracterizándose por la presencia de hembras en actividad de desove durante todo el año, con cambios en su incidencia e intensidad.

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



avanzados que disminuyen, en términos energéticos, la producción de ovocitos y por ende los pesos gonadales, hasta alcanzar una mayor proporción de ovarios inmaduros.

Indicador microscópico: Índice de Actividad de Desove (IAD) e Índice de Atresia Ovárica (IAO)

El cálculo del índice de actividad de desove (**IAD**) requiere de la observación sistemática del ovario, contabilizándose la presencia de folículos postovulatorios de diferentes edades y de los ovocitos hidratados, para estimar la proporción de individuos que alcanzaron este estado en el stock parental maduro.

El cálculo del índice de atresia ovárica (**IAO**) requiere conocer el porcentaje de hembras con presencia masiva de ovocitos atrésicos y resulta un indicador inverso al **IAD**. El análisis histomorfológico del parénquima gonadal se realizó de acuerdo a criterios señalados por Wallace y Selman (1981), Selman y Wallace (1989) y Hunter y Macewicz (1985) (**Tabla 1**), orientado a identificar ovocitos en diferente grado de desarrollo, de folículos postovulatorios y de estadios atrésicos.

Para efecto de la clasificación de los folículos postovulatorios se utilizó la definición de estadios de degeneración de estos, propuesta por Claramunt *et al.*, (2007) para la anchoveta, la que considera 7 estadios (**Tabla 2**).



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

$$\text{IAD} = \frac{\text{Hembras con fol3culos postovulatorios d3a 0 + d3a 1 + Hembras hidratadas}}{\text{N}^\circ \text{ hembras maduras}} * 100$$

Con respecto a un indicador inverso al **IAD**, se requiere conocer simult3neamente el 3ndice de Atresia Ov3rica (**IAO**), el cual se define, como:

$$\text{IAO} = \frac{\text{N}^\circ \text{ hembras en estado de atresia ov3rica}}{\text{N}^\circ \text{ hembras maduras}} * 100$$

An3lisis macrosc3pico y microsc3pico

Se determin3 el per3odo de m3xima intensidad reproductiva mediante el an3lisis de las tendencias, en base semanal y mensual de la anchoveta en los diferentes estadios de madurez del ovario; la evoluci3n de los indicadores histol3gicos **IAD** e **IAO** y las variaciones del 3ndice Gonadosom3tico (**IGS**). Per3odo que se asocia a la totalidad de la anchoveta adulta en estadios de madurez avanzados; con el incremento de hembras hidratadas y de ovarios con fol3culos postovulatorios, y de menor evidencia de regresi3n o atresia, caracteriz3ndose el per3odo de m3xima actividad de desove por la ocurrencia y permanencia de altos valores de **IGS** e **IAD** y de bajos o nulos valores de **IAO**.



3. Metodologí3 por objetivo específico:

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

3.1.1 Diseíno de muestreo de ictioplancton

El diseíno de muestreo utilizado permiti3 cubrir un á3rea de aproximadamente 34.736 mn² y estuvo configurado por una grilla de 730 estaciones distribuidas en 47 transectas perpendiculares a la costa equidistantes entre sí 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 á3rea de estudio se bas3 en el análisis de la densidad media de huevos por estaci3n de los cruceros efectuados entre los años 2000 y 2006, excluyendo la informaci3n del crucero de 2001, debido a la alta concentraci3n del desove en un á3rea reducida que se observ3 en dicho año, comportamiento atípico 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 metodologí3 de determinaci3n de tamaíno de muestras para variables continuas (Thompson, 1992), se estim3 el número mínimo 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 tamaño de muestra, Z es el percentil $1-\alpha/2$ de la distribución normal estándar, S es la desviación estándar de la densidad de huevos, r corresponde al nivel de error de estimación 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 número total de estaciones n , la relación porcentual entre las estaciones positivas (n^+) y el total de estaciones. Al respecto, se encontró que tal relación fue de:

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

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

Utilizando el valor estimado de la densidad media y la desviación estándar para las estaciones positivas de los cruceros, se pudo establecer que para un valor α del 5% y un nivel de error de estimación del 24%, se requieren 263 estaciones positivas. Así, conociendo la relación entre el número de estaciones positivas y las negativas de los cruceros anteriores, se estimó un total de 658 estaciones a realizar, sin embargo, y de acuerdo a los antecedentes originados en el taller de divulgación de los resultados del Proyecto FIP 2005-03, se determinó extender la zona de estudio de cada transecta hasta las 80 mn, permitiendo cubrir áreas donde históricamente el muestreo se prolongaba solo hasta las 60 mn, distancia en la que se registraba presencia de huevos de anchoveta, con el desconocimiento de si esta distribución se extendía más allá de esta distancia.

De esta forma se realizó un total de 730 estaciones bio-oceanográficas (**Figura 2a**). Cabe destacar, que este tamaño de muestra está dentro del rango



recomendado por Lo (1997), quien basada en el análisis empírico de la relación entre el coeficiente de variación del estimado de producción diaria de huevos y el número de estaciones, recomienda un mínimo de 600 estaciones.

3.1.2 Recolección de las muestras

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

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

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

Para obtener el volumen de agua filtrada en una red de lance vertical, se multiplica el área de la boca de la red por el factor de corrección y por la profundidad del lance, este factor de corrección es entregado por el fabricante y es de suma importancia porque nos indica la eficiencia de filtración de la red, ya que nunca es de un 100%. Cabe señalar que en todas las aplicaciones de este método, tanto en la zona norte como centro-sur de Chile, el muestreador CalVET versión PAIROVET ha sido utilizado sin medidor de flujo, dado su pequeño



diámetro de boca (0,25 m), expresando los resultados de la cuantificación del número de huevos por estación bajo $0,05 \text{ m}^2$, es decir, el área de su boca.

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

3.1.3 Tratamiento de las muestras a bordo

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

3.1.4 Procedimiento en laboratorio

3.1.4.1 Separación e identificación de huevos de anchoveta

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

- Separación y extracción de la totalidad de los estadios tempranos de peces de cada una de las muestras.
- Identificación taxonómica de huevos de anchoveta.
- Cuantificación de huevos de anchoveta.



- 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, Zeiss y Olympus 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:

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

Para la 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 período 1992/2011, obtenida para la zona norte de Chile en aplicaciones precedentes del MPH.

Como indicador de la magnitud, intensidad y extensi3n del desove de anchoveta se estim3 el índice de abundancia de huevos utilizando la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979).



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

3.2.1 Recolecta de muestras y registro de datos oceanográficos

En la zona de estudio se realizó un total de 47 transectas perpendiculares a la costa separadas cada 10 mn. En cada transecta se realizaron 17 estaciones oceanográficas separadas cada 5 mn, las que abarcaron hacia el oeste hasta las 80 mn (**Figura 2a**). En las siguientes secciones se hicieron estaciones desde la costa hasta una distancia menor a las 80 mn dado que se presentaron condiciones de fuerte marejada: sección 25 hasta 75 mn, secciones 30 y 31 hasta 65 mn, secciones 34 y 35 hasta 50 mn y desde las secciones 42 a 47 sólo se hicieron estaciones entre la costa y las 40 mn.

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 Junín (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), Bahía Moreno (Antofagasta, 23°40'S) (T33), punta Tres Picos (24°20'S) (T37), rada Paposo (25°00'S) (T41) y punta Ballenita (25°40'S) (T46), se realizaron estaciones oceanográficas con CTD hasta una profundidad máxima de 500 m, análisis de clorofila y muestreo de oxígeno disuelto (**OD**) en la vertical. De estas estaciones se realizaron un total de 81 y se les denominará en adelante estaciones oceanográficas profundas (**Figura 2b**). De las secciones mencionadas, en la número 25 no se realizó la estación de 80 mn y en la sección 46 las estaciones de 60 y 80 mn debido a malas condiciones del mar.

En las estaciones oceanográficas se obtuvieron registros continuos de temperatura (°C) y salinidad (psu) con profundidad (dbar) hasta un máximo de 100 m, mediante



el uso de dos CTDs marca SEA BIRD, modelo 19 y 19 plusV2, ambos equipados con bomba. Estos equipos se utilizaron en forma alternada durante el crucero, exceptuando en las secciones de estaciones oceanográficas profundas donde se usó exclusivamente el CTD 19 plusV2 por contar éste con fluorómetro. Para el control de calidad de los datos de CTD se realizaron lances simultáneos y se comparó la información de temperatura y salinidad.

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

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

3.2.2 Medición de la clorofila-*a*

En las estaciones oceanográficas profundas se recolectaron 607 muestras para los análisis de clorofila-*a*. Se filtro *in situ* un volumen estandarizado de 50 mL con un sistema de filtrado múltiple Millipore, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF-75, 0,7 μm , 25 mm de diámetro) (Jeffrey et al., 1997). Las muestras se



congelaron con nitrógeno líquido hasta su posterior análisis en laboratorio en tierra.

La extracción de la muestra para el análisis de clorofila-*a*, se realizó en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90% v/v, por un período de 24 horas y a -20°C. La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando para tales efectos un fluorómetro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-*a* marca Sigma Chemicals.

Con el objetivo de contar con una estimación media de la densidad de clorofila para los periodos de 2004 a 2011 se utilizaron dos tipos de estimadores, un estimador de razón entre la densidad de clorofila y el número de estaciones por transecta (Cochran, 1977; Hansen *et. al.*, 1954) y otro haciendo uso del método de variables regionalizadas o geoestadístico (Petitgas, 1991; Rivoirard *et. al.*, 2000; Roa-Ureta y Niklitschek, 2007).

3.2.3 Procesamiento de la información oceanográfica

La información del CTD se procesó de acuerdo al procedimiento estándar recomendado por el fabricante en el manual SBE Data Processing for Windows (data processing software) (<http://www.seabird.com/products/ModelList.htm>). Con los datos ya procesados se confeccionaron las cartas de distribución superficial de las variables temperatura (**TSM**), salinidad (**SSM**) y oxígeno disuelto. Con los datos verticales de CTD se obtuvo información de la capa de mezcla (espesor), temperatura y salinidad en el nivel de 50 m y su diferencia con los valores superficiales, realizándose las respectivas cartas y su posterior análisis. Así



también la profundidad de la isoterma de 15°C y su anomalía y la profundidad del límite superior de la capa de mínimo de **OD** (1 mL/L).

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

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

Para el nivel superficial se presentan valores de anomalía estacional de temperatura, salinidad, como también a nivel subsuperficial al de la profundidad de la isoterma de 15°C. El valor de anomalía corresponde a la diferencia entre el valor observado y el histórico, por lo tanto los valores positivos de esta variable indican una condición por sobre el promedio. Los valores promedio históricos fueron obtenidos de los promedios mensuales (Reynolds, 1982; Blanco, 1996; Rojas y Silva, 1996) y que fueron actualizados por IFOP hasta el año 2002 (Braun *et al.*, 2002) según la metodología indicada por Blanco *et al.* (2001) usando la base de datos de IFOP de más de 30 años. Los promedios históricos de temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de 15°C recién señalados sólo están calculados para el área de Arica a rada Paposó (25°S), por lo tanto, las anomalías respectivas son obtenidas para el área señalada. Se indica que para este crucero sólo se usaron los promedios mensuales del mes de Septiembre, aun cuando el muestreo de un área menor en el sur de la zona se hizo en la última semana de agosto.



Se grafic3 la distribuci3n vertical de las variables temperatura, salinidad y ox3geno disuelto de todas las secciones. Se obtuvo los valores de anomal3a vertical de temperatura y salinidad a lo largo de la transectas de bah3a Moreno (23°40'S), Punta Lobos (21°00'S) y Arica (18°25'S), con los que se realizaron gr3ficos de distribuci3n. Los valores promedio estacionales de temperatura y salinidad de las transectas corresponden a los obtenidos con la serie hist3rica de IFOP desde 1963 al 1996 para el mes de septiembre. La metodolog3a aplicada en la obtenci3n de los promedios verticales de estas transectas corresponde a la indicada por Blanco *et al.* (2001).

Con los datos de viento obtenidos durante la ejecuci3n de las estaciones, se elabor3 una carta de intensidad y direcci3n, las cuales se utilizaron principalmente en la interpretaci3n de los datos oceanogr3ficos superficiales. Adem3s se calcul3 el 3ndice de surgencia (**IS**) instant3neo (Bakun 1973, 1975 y 1987) y el **IS** promedio. Este 3ltimo valor corresponde al promedio de los **IS** instant3neo que se ubican hasta las 30 mn de la costa y cada 1° de latitud. Los valores del **IS** se expresan en $m^3 \cdot s^{-1}$ por 1.000 metros de costa. El **IS** instant3neo se calcul3 de acuerdo a la siguiente expresi3n:

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

donde:

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

siendo:

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



donde en (2) :

ω = velocidad angular de la tierra

l = latitud del lugar

a su vez, de la ecuación 1:

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

donde en (3):

r_a = densidad del aire (1.25 Kg/m³)

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

v = componente norte sur de la velocidad del viento

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

El valor de C_d (coeficiente de arrastre) que se utilizó en los cálculos 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 información de viento registrado en las estaciones se determinó también el índice de turbulencia (**IT**), el cual corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento (W^3) (Bakun y Parrish, op cit). Con la información de los datos individuales de **IT** se obtuvo un valor de **IT** promedio costero y el **IT** promedio oceánico, tomando en el primer caso los registros de viento entre la costa y las 30 mn, y para el oceánico desde las 30 hasta las 80 mn, dentro de un grado de latitud. Los valores promedio fueron graficados como barras en una carta que representa la zona de estudio.



La determinación de la “**condición de normalidad**” de la zona de estudio hace uso de valores de anomalía de temperatura y salinidad para el nivel de superficie y de la profundidad de la isoterma de 15°C° para el caso vertical ya señalados anteriormente. Los valores de anomalía registrados en el sector oceánico de la zona de estudio y que comprenden el rango en temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de 15°C que están en $\pm 1^\circ\text{C}$, $\pm 0,1$ psu y ± 10 m, respectivamente, se considerarán como “no significativos” y que se asocian a un valor normal de la variable para ese mes. En el caso del sector costero (primeras 20 mn desde la costa), éste rango aumenta al doble, es decir $\pm 2^\circ\text{C}$ y $\pm 0,2$ psu y hasta ± 20 m. Los rangos recién indicados para el sector costero y oceánico corresponden al valor promedio de 1 desviación estándar asociado al promedio histórico de los datos de cada variable, por lo tanto, éstos señalan el rango de variación normal del sistema. Se indica que los términos “anomalía no significativa” y “anomalía significativa” no están aplicados en un sentido estricto a una prueba estadística, bastando para ello el definir un criterio que en este caso corresponde al indicado.

El cálculo de anomalías y su tipificación tiene importancia en relación a los procesos físicos ya que los procesos locales pueden ser generadores de anomalías térmicas y salinas significativas a nivel superficial que abarcan 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 intra-estacional.

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 intra-estacional (Hormazábal, *et al.*, 2001) y con ello la generación de anomalías significativas. Las características del muestreo y la información recopilada durante los cruceros no permiten, sin embargo, distinguir el paso de las **OAC**. Los eventos “El Niño” y “La Niña” son procesos físicos no locales que afectan a toda la zona por periodos de semanas a meses y generan anomalías significativas en temperatura y salinidad superficial y en la profundidad de la isoterma de 15°C.

El uso de promedios de temperatura y salinidad provenientes de una serie de datos de más de 30 años, 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 determinar la distribución y abundancia de los recursos pesqueros. Por la tanto, no sólo 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.

Respecto a la clorofila-*a*, una vez cuantificadas las concentraciones se parearon con los datos de fluorescencia *in vivo* y se procedió a realizar la estimación de clorofila a través de la fluorescencia por cada estación. En los casos donde no se contó con muestras de laboratorio se escogió la estación más cercana que tuviera un comportamiento similar. En once de las estaciones no se encontró un buen ajuste, por lo que se consideró los valores discretos de laboratorio en el análisis de la variable. Esta información permitió confeccionar cartas de distribución



vertical para todas las transectas, adem1s de las cartas superficiales. Los resultados de clorofila estimada y de los productos de degradaci3n o feopigmentos se expresan en $\mu\text{g/L}$. La concentraci3n de los feopigmentos fue analizada solamente como un 1ndice 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, utilizando la informaci3n metro a metro, mientras que para los feopigmentos se utiliz3 el c1lculo del valor integrado seg1n Lohrenz *et al.* (1988), utilizando la siguiente ecuaci3n:

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

Donde:

$\sum Feop$ es el feopigmento integrado en la columna de agua entre 0 y 100 m como m1ximo

i son las profundidades de muestreo discretas definidas en el punto **3.2.1** para el feopigmento y por metro en la clorofila estimada

C_i y C_{i+1} son las concentraciones de feopigmento ($\mu\text{g/L}$), en la profundidad i , desde superficie a la profundidad m1xima de 100 m.

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



3.2.4 Recopilación y procesamiento de la información satelital del período del crucero

Las imágenes de **TSM** y clorofila fueron confeccionadas con datos semanales de promedio compuesto de 8 días que fueron obtenidos del programa “Ocean Color Web” que distribuye datos del satélite MODIS-Aqua (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>), con una resolución espacial de 4 x 4 km y resolución temporal variada. Promedio compuesto significa que cada pixel fue promediado de acuerdo a la cantidad de información disponible en el período de 8 días, quedando en blanco o como nube si al menos no hay un solo dato válido para el pixel. En ambas variables, las imágenes satelitales promedio semanales dan mejor cuenta de su distribución espacial que una imagen de un solo día. Los promedios semanales corresponden a los siguientes períodos: 21 a 28 de agosto, 29 de agosto a 5 de septiembre, 6 a 13 de septiembre y 14 a 21 de septiembre de 2011. Sensores AVHRR a bordo del satélite permiten obtener la **TSM** de la primera capa del océano tanto de día como de noche. En el caso de la clorofila ésta corresponde a la clorofila (**cloas**) integrada hasta el 20 % de penetración de la luz.

Datos diarios del campo superficial de corrientes geostróficas fueron obtenidos del Centro de Datos de Oceanografía Satelital, Interpretación, Validación y Almacenamiento llamado AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), con una resolución espacial de 0,25° x 0,25° y temporal de cada un día, y distribuidos con un mes de desfase. Estos datos satelitales son el resultado del procesamiento combinado de todos los satélites disponibles usando una interpolación óptima y tomando en cuenta los errores a lo largo de la longitud de onda (Ducet *et al.*, 2000). La combinación de diferentes satélites proporciona mapas más realistas mejorando la descripción de la variabilidad de meso-escala del océano. De esta información se obtuvo una imagen diaria de anomalías del nivel medio del mar en 4 días representativos durante el desarrollo del crucero y que son: 18 y 25 de



agosto y 5 y 17 de septiembre de 2011. Las corrientes geostr3ficas superficiales se representan como flechas.

3.2.5 Condiciones oceanogr3ficas en el periodo 2002-2011

Para el an3lisis de las condiciones oceanogr3ficas en el periodo julio 2002-septiembre 2011, se confeccionaron diagramas de clorofila satelital y anomal3a de temperatura en formato 2D (latitud vs tiempo) llamado Hovm3ller para el 3rea entre los 18°S y 28°S. Estos diagramas se realizaron para el sector costero (primeras 20 mn) y el oce3nico (40 a 60 mn). La informaci3n utilizada para estos diagramas son datos promedio compuesto mensuales de temperatura y clorofila que fueron obtenidos del programa “Ocean Color Web” que distribuye datos del sat3lite MODIS-Aqua (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Las anomal3as de temperatura satelital (**ATSM**) se calcularon a partir de la elaboraci3n de una se3al anual promediando los datos mensuales de cada mes en la serie julio 2002-septiembre 2011 y luego restando este promedio a los datos mensuales de la serie. Se confeccion3 tambi3n una serie de tiempo del promedio de las anomal3as de temperatura y un promedio de concentraci3n de clorofila, para el sector costero y oce3nico en el mismo periodo en el caso de la ATSM y s3lo para el costero para la variable clorofila.

3.2.6 Caracterizaci3n de la condici3n ambiental regional

Para el an3lisis regional se utiliz3 la serie de tiempo del 3ndice Ecuatorial Multivariado (**MEI**) entre junio de 2002 y septiembre de 2011, el cual permite estimar las condiciones ecuatoriales referente a per3odos fr3os o c3lidos. Este 3ndice combina la presi3n a nivel del mar, las componentes zonal y meridional del viento, la **TSM**, la temperatura superficial del aire y la fracci3n total de nubosidad en la zona Ecuatorial y es obtenido de la p3gina de Internet de la NOAA



(<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/table.html>). Para el mismo per3odo se utiliz3 tambi3n la serie de rangos bimensuales del **MEI** y su categorizaci3n de los procesos ENOS que usa el percentil 30, quintil y decil de acuerdo a la serie de rangos del MEI entre 1950 y 2011 (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/rank.html>). Adicionalmente se utiliz3 la serie de anomal3a de **TSM** para los sectores Ni3o entre octubre 2010 y septiembre de 2011 obtenida del bolet3n de discusi3n de la NOAA publicada en internet correspondiente al 6 de octubre de 2011 para se3alar los efectos de las condiciones regionales sobre la **TSM** en el Pac3fico intertropical (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/).

3.2.7 Series de tiempo de viento en la costa de Iquique y Antofagasta

Se obtuvieron datos de viento de los aeropuertos Diego Aracena de Iquique y Cerro Moreno de Antofagasta, los cuales son distribuidos por la direcci3n meteorol3gica de Chile. Estos datos corresponden a intensidad y direcci3n del viento cada 3 horas entre enero y septiembre de 2011.

3.2.8 Procesamiento de los datos de viento en la costa de Iquique y Antofagasta

Las observaciones de viento en ambas localidades, al igual que los datos de viento registrados en puente durante el crucero, permitieron derivar el transporte de Ekman (**Mx**) (Bakun, 1973, 1975 y 1987) dando una visi3n integradora del crucero dentro del contexto del a3o 2011. La metodolog3a para obtener **Mx** es la misma utilizada y se3alada para el proceso de los datos horario durante el crucero.



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

3.3.1 Muestreo de anchoveta en el mar – crucero adultos

El método de estimación de biomasa desovante requiere que simultáneamente con el desarrollo del crucero módulo huevos, se realicen lances de pesca, que permitan determinar los parámetros relacionados con la dinámica reproductiva de los peces adultos. En este esquema, la recolección de anchoveta adulta se realizó con la participación de 4 embarcaciones cerqueras industriales. Las naves autorizadas para tales efectos fueron las siguientes: “Parina I”, “Eperva 65” y “Eperva 57” de la Empresa Pesquera CORPESCA y “Costa Grande 1” de Empresa Pesquera Camanchaca, según Resolución de Pesca de Investigación de la Subsecretaría de Pesca número 2205 y 2243 del 12 y 19 de agosto de 2011, respectivamente. Además, colaboraron en la recolección de anchoveta adulta, las embarcaciones artesanales “Doña Pilar II”, “Gracias a Dios I”, “Gracias a Dios II” e “Ike II”, naves que durante el período de veda destinaban su captura para el consumo humano. Una vez que se levanto la veda biológica del recurso, se contó con la colaboración de los PAM: “Marlin”, “Guallatire” de la Empresa Pesquera CORPESCA, el PAM “Claudia Alejandra” de Empresa Pesquera Camanchaca y de la embarcación artesanal “Santiago”. Las embarcaciones cerqueras industriales mencionadas anteriormente operaron por fuera del Área de reserva artesanal hasta las 80 mn, asignándole a cada una de ellas, un rango latitudinal de operación.

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



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

3.3.2 Determinación del tamaño de muestra

En los cardúmenes de clupeídeos, como la anchoveta, la distribución de los peces es generalmente homogénea, respecto al tamaño y a la condición de las gónadas, por lo cual la estimación de la fracción de hembras en desove se relaciona con el tipo de muestreo aplicado, situación que es evidente durante la época de mayor actividad de desove. De acuerdo al conocimiento del proceso reproductivo de ésta especie, en períodos sin perturbación ambiental, los cardúmenes desovantes, caracterizados por el predominio de machos, se separan de aquellos que están en otra condición reproductiva. Este comportamiento ha sido observado por otros investigadores (Blaxter y Hunter, 1982; Oliva *et al.*, 1989; Martínez *et al.*, 1992, 1993, 1994; Claramunt *et al.*, 1996, 1997).

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

El diseño de muestreo empleado en las numerosas aplicaciones del MPH en el área de estudio ha permitido concluir que con 40 lances efectivos se puede estimar en forma óptima los parámetros de adultos. Al respecto, cabe señalar que en estudios precedentes del MPH en Chile se han realizado 50 lances (Rojas y Oliva, 1993), 40



lances (Claramunt *et al.*, 1996), 32 lances (Claramunt *et al.*, 1997), 60 lances (Oliva *et al.*, 1998), 51 lances (Oliva *et al.*, 2000), 60 lances en los años 2001 y 2002 (Oliva *et al.*, 2002) e igual número de ellos en el año 2003 y 2004 (Braun *et al.*, 2005).

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

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

De acuerdo a esto, se pudo tener una apreciación visual en terreno, de la condición reproductiva de la anchoveta durante el desarrollo del crucero de adultos. Los resultados indicaron que todas las hembras de los lances efectivos se encontraron con actividad gonadal de desarrollo ovocitario y de desove. Este antecedente fue corroborado por el monitoreo de la actividad de desove de la anchoveta en la XV, I y II Regiones, y fundamentó el inicio del crucero, señalando un pleno proceso de desove entre agosto y septiembre de 2011.

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



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

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

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

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



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

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

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

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

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 (W)

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

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

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

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

Donde:

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

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

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

m_i : Número de peces sub-muestreados desde cada lance i.

n : Número de lances.



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

3.3.5 Corrección debido al fijador

En todos los años de aplicación del MPH en la zona norte se ha realizado la corrección del peso de los ejemplares por el efecto de la formalina, aún cuando este nunca ha sobrepasado el 3%.

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



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

3.4.1 Análisis de las muestras de huevos

El análisis de las muestras de plancton consistió en la separación e identificación de la totalidad de los huevos de anchoveta y su posterior clasificación por estadio de desarrollo.

De acuerdo a los cambios morfológicos que se producen en el transcurso de la embriogénesis (**Tabla 3**), la clasificación de los estadios de desarrollo de los huevos de anchoveta se efectuó en base a la escala de 11 estadios propuesta por Santander *et al.*, (1984), Los huevos que no puedan ser asignados a ninguno de dichos estadios debido a opacidad o daño en su estructura interna, se clasificaron como deteriorados (**DET**). La suma de la totalidad de los 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.

De acuerdo a Claramunt *et al.*, (2007) el pico de desove a utilizar debe ser las 23:00 h con una desviación estándar de 1,5 h. Este resultado proviene de la distribución horaria del total de huevos en estadio 1 (n = 7.208) recolectados en los cruceros en la zona norte (**Figura 3**).



Para la asignación de edad, se utilizaron dos metodologías: 1) El método Tradicional de Lo (1985) y 2) El modelo Multinomial (Ibaibarriaga *et al.*, 2007, Bernal *et al.*, 2001).

1) Método Tradicional

Se basa en la metodología descrita por Lo (1985), es decir, a través de la estimación de la edad para cada estadio en función de la temperatura ambiental al momento de la captura. La temperatura a 10 metros de profundidad fue 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. La edad de los huevos (en fracción de día) se calculó haciendo uso del modelo edad-temperatura (Lo, 1985) y ajustando la edad por la porción del día desde las 23:00 h previas hasta el momento de la recolección para el día más cercano, según el procedimiento “automatizado” descrito por Lo (1985). El Modelo de desarrollo en función de la temperatura fue el ajustado por Claramunt *et al.*, (2007) para la anchoveta de la zona norte y cuyos parámetros se entregan en la **Tabla 4**.

Luego se aplica el “método automatizado de Lo”, que se basa en:

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



Donde:

$y_{i,t}$: Se obtiene del modelo temperatura dependiente.

K : Hora del lance

T : Remanente de $(y_{i,t} + 23) - 24$

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 DES (desintegrados) se asignan a un estadio de desarrollo seg3n los siguientes criterios:

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



Existe una recomendación generalizada de cortar los estadios de desarrollo cercanos al desove debido a una subestimación por reclutamiento incompleto. Hay investigadores que eliminan las edades menores a 8 horas (Armstrong *et al.*, 1988) y otros que eliminan el primer estadio (Sánchez *et al.*, 1996). Dado que lo que se pretende estimar es un intercepto al origen, se debe tener la precaución de no eliminar observaciones que no estén subestimadas, ya que podría provocar elevación artificial del intercepto a edad cero (P_0). En el proyecto “Mejoramiento del Método de Producción de Huevos aplicado en pelágicos pequeños” (Claramunt *et al.*, 2007), se analizó el problema de los cortes y se llegó a que la mejor opción es cortar las edades menores o iguales a 4 horas y las iguales o superiores al 95% de la edad de eclosión según la temperatura de la estación ictioplanctónica.

2) Modelo Multinomial

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

- Información del crucero: abundancia de huevos por estadios de desarrollo, hora de recolecta y condiciones ambientales que afectan la tasa de desarrollo durante la embriogénesis (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 (eg. Pepin, 1991), y en menor grado de 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, se considera un proceso multinomial, en el cual la probabilidad de pertenecer a uno de los once estadios de desarrollo depende de la edad de los huevos (conocida 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 afecta 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 recolecta). En un caso extremo, si el desove es perfectamente sincr3nico (los huevos son desovados a un hora dada del día, eg. 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 recolecta. Si la duración del desarrollo del huevo dura más de un día, entonces una edad promedio aproximada y observada en el experimento de incubación puede ser utilizada para decidir en qué noche los huevos fueron desovados, y entonces utilizar el tiempo transcurrido entre el evento de desove y la época del crucero para atribuir una edad exacta. La sincronía del desove puede ser formalizada como una función densidad de probabilidad (pdf) de edad, dada la fecha del crucero, i.e. $f_i(a|\tau)$. Un descubrimiento reciente es que la mortalidad debería ser utilizada para asignar una edad adecuada a los huevos, ya que los 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.

El ajuste del modelo probabilístico multinomial a los datos de anchoveta de la zona norte, presenta un buen ajuste y se entrega en la **Tabla 5, Figura 4**.

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

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

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



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

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

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

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



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

La estimación de P_0 y Z sobre la base de las dataciones con el procedimiento de Lo (convencional) y con el método multinomial son recomendables. La primera en términos de seguir evaluando la biomasa desovante en forma tradicional, y la segunda porque el procedimiento relaciona en forma correcta los datos observados con el modelo, desde el punto de vista estadístico. Ambos procedimientos deben basarse en la estimación de P_0 y Z con GLM y familia binomial negativa. El criterio para decidir por uno u otro método será finalmente el ajuste del modelo de decaimiento de huevos y estimación de P_0 . Es así, por ejemplo, que durante el año 2008 el Modelo Multinomial generó estimaciones de mortalidad de huevos no significativas ($P > 0,05$), por lo que se recomienda, en este caso, el ajuste proveniente del método de Lo.



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

En consideraci3n a las conclusiones y recomendaciones de Claramunt *et al.*, (2007), el c3lculo de la producci3n diaria de huevos, su varianza y la tasa de mortalidad fue estimada por el m3todo tradicional de Lo (1985) basado en un ajuste por GLM y por el modelo multinomial. Estos dos 3ltimos est3n implementados en el programa eggs y eggsplore en plataforma R por Miguel Bernal.

Modelo de Lo GLM: Una metodolog3a basada en el modelo de Lo (1985) para el desarrollo de huevos en funci3n de la temperatura y asignaci3n de edades seg3n Lo (*op. cit.*), pero con la estimaci3n de P_0 y Z a trav3s de una estimaci3n por GLM con distribuci3n binomial negativa y ponderaci3n por el 3rea que representa 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 corresponde al 95% de la edad de eclosi3n de acuerdo a la temperatura de la estaci3n.

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

Modelo multinomial: Basado en el modelo de desarrollo de huevos multinomial y asignaci3n de la edad por m3todo Bayesiano. Los cortes se realizan autom3ticamente dada la probabilidad de eclosionar y hora pico de desove.



En los modelos basados en GLM y multinomial en los cuales se utiliza una distribuci3n binomial negativa en la estimaci3n, el error estandar asociado al intercepto ($\ln(P_0)$) es equivalente al coeficiente de variaci3n de la producci3n de huevos (P_0).

El c3lculo de la producci3n diaria de huevos ponderada para el 3rea total (P) se realiza desde el valor de P_0 por estratos, de la siguiente manera:

$$P = \left(P_{01} \frac{A_1}{A} + P_{02} \frac{A_2}{A} \right) K$$

donde P_{01} y P_{02} corresponden a la producci3n diaria de huevos por unidad de muestreo para el 3rea de desove (A_1) y el 3rea negativa (A_2) respectivamente y A es el 3rea total del crucero ($A_1 + A_2$). K es un factor de conversi3n desde la unidad muestral a mn^2 .

La varianza ajustada de P para post-muestreo estratificado se estim3 como:

$$S^2_{(P)} = \left(1 + \frac{1}{n} \right) \left(\frac{A_1}{A} S^2_{(P_{01})} + \frac{A_2}{A} S^2_{(P_{02})} \right)$$

la cual no incorpora el estrato 0, presumiendo que su varianza es igual a cero.



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

3.5.1 Procesamiento de las muestras en el laboratorio histológico

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

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

3.5.2 Análisis microscópico de los ovarios

Se determinaron las variaciones de la condición reproductiva a través del análisis de la distribución mensual de los estadíos de madurez de los ovarios, utilizando el diagnóstico histológico del parénquima gonadal, aplicando una escala microscópica específica basada en los criterios señalados por Wallace y Selman (1981), Selman y Wallace (1989) para peces teleósteos; Alheit *et al.* (1984) para *E. ringens* y Hunter y Macewicz, (1985) para *E. mordax*. (**Tabla 1**).

Folículos postovulatorios

El cálculo de la frecuencia de desove se basa en el criterio utilizado por Hunter y Goldberg (1980), donde cada ovocito hidratado está rodeado por un folículo



alargado y fino, una capa epitelial de células granulosas y una única capa externa de tejido conectivo de células con algunos capilares sanguíneos. Durante la ovulación los ovocitos completamente hidratados son liberados desde sus folículos. El folículo vacío o folículo postovulatorio no se fragmenta y se mantiene íntegro en el ovario, éste se deteriora rápidamente y es reabsorbido.

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

Para conseguir una mayor definición del proceso de degeneración de los Folículos Postovulatorios (**FPO**) en el proyecto FIP N° 2006-38 (Claramunt *et al.*, 2007) se construyó una clasificación de estadios de degeneración de estos, de acuerdo a lo planteado por Alday *et al.* (2008), en el Simposio “Dinámica reproductiva de peces pelágicos pequeños y el método de la producción diaria de huevos” durante el XXVI Congreso de Ciencias del Mar, Iquique. El que consiste en subdividir el proceso de reabsorción de los **FPO** en varios estadios de degeneración, tomando en cuenta aspectos como la forma celular y nuclear (ubicación y grado de picnosis), aspecto del citoplasma, relación límites de células vecinas, presencia de vacuolas citoplasmáticas, láminas celulares y pliegues, aspecto del conjunto y características del lumen.

La escala confeccionada y utilizada para el análisis de las placas histológicas y la validación de la asignación de edad a los folículos postovulatorios, se entrega en la **Tabla 2**. Con esta nueva escala de clasificación, se revisaron las placas histológicas para asignarlas a uno de los estadios, sin consideraciones de la hora de la captura. Una vez analizados todos los ejemplares, se observa la incidencia



de los distintos estadios de **FPO** según la hora de captura, de forma de dilucidar el grado de degeneración de los **FPO** en ciclos de 24 horas. En la **Figura 5** se entrega la distribución horaria según Claramunt *et al.*, (2007).

3.5.3 Frecuencia de hembras maduras desovantes por día (F)

Los lances positivos fueron distribuidos en un ciclo completo de 24 horas y la edad de los folículos postovulatorios puede ser determinada hasta 56 horas después del desove, debido a que los folículos de mayor edad pueden ser confundidos con otras estructuras tales como folículos en estado atrésico (Hunter y Goldberg, 1980; Hunter y Macewicz, 1985). En consecuencia se podrían separar dos grupos independientes de folículos postovulatorios de 24 horas: los del día 1 con edad < a 24 h y de día 2 con edad entre 24 y 48 horas. Debido a su independencia, estos dos grupos se podrían unir, logrando así duplicar el número de muestras (Alheit *et al.*, 1984).

Suponiendo que el muestreo de hembras hidratadas o de hembras de edad de día 1 ó de día 2 no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes por el lance *i* fue estimada de acuerdo a:

$$F_i = \frac{m_{h_i}}{m_i} \quad \text{ó} \quad \frac{m_{l_i}}{m_i} \quad \text{ó} \quad \frac{m_{2_i}}{m_i}$$

Donde:

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

y cuya notación es la siguiente:



- m_{hi} : N3mero de hembras hidratadas en el lance i .
 m_{1i} : N3mero de hembras de d3a 1 en el lance i .
 m_{2i} : N3mero de hembras de d3a 2 en el lance i .
 m_{ai} : N3mero de hembras que no han desovado entre las 9 y 56 horas (incluidas las hembras con fol3culos postovulatorios con una edad menor de 9 horas).
 m_i : N3mero de hembras maduras en el lance i .
 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 reemplaza por:

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

de tal forma que la fracci3n de hembras desovantes de d3a 1 es:

$$F_{1i} = \frac{m_{1i}}{\left(\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2}\right) + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}}$$

y la fracci3n de hembras desovantes de d3a 2 es:

$$F_{2i} = \frac{m_{2i}}{\left(\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2}\right) + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}}$$

Donde, F_i es la fracci3n corregida de hembras con fol3culos postovulatorios de 9 a 32 horas de edad (hembras del d3a 1) 3 33 a 56 horas de edad (hembras del d3a 2) en el lance i .



Los estimados para el promedio y la varianza est3n dados por:

$$\bar{F}_i = \frac{m_{1i} + m_{2i}}{2 \left(\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai} \right)} = \frac{m_{1i} + m_{2i}}{2m_{yi}}$$

La fracci3n promedio de hembras desovantes y su varianza se estimaron de acuerdo a:

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

$$Var(\bar{\bar{F}}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_{yi}}{\bar{m}} \right)^2 (\bar{F}_i - \bar{\bar{F}})^2$$

Donde:

- $\bar{\bar{F}}$: Fracci3n promedio de hembras desovantes por d3a.
- 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 promedio corregido de hembras maduras.
- n : Tama3o de muestras.

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



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

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

Este método se basa en que los ovocitos hidratados en el interior del ovario son liberados en corto tiempo y el número de éstos refleja la fecundidad parcial, asumiendo que todos son desovados. Cabe mencionar, que las ventajas comparativas con otros métodos, es la rapidez en su determinación y el significativo ahorro de tiempo en su conteo, no existiendo dudas en la separación de las modas en los diagramas de frecuencia - tamaño de los ovocitos, debido a la diferencia de tallas de los ovocitos hidratados, los cuales se caracterizan por su gran tamaño, transparencia y consistencia blanda.

Todos los ovarios recolectados como hidratados fueron sometidos a un exámen histológico, descartando aquellos que tenían indicios de desove (presencia de folículos postovulatorios), seleccionando sólo aquellos que con seguridad estén hidratados e intactos.

El procedimiento técnico de conteo se inició con la absorción de líquido superficial del ovario con papel filtro, sub-muestreando la mitad más grande del ovario, tomando tres segmentos (regiones anterior, media y posterior) del tejido y que fue de 0,2 gramos, aproximadamente, asegurando una cantidad no inferior a 100 ovocitos hidratados por submuestra.



Las submuestras fueron pesadas en una balanza analítica Sartorius, con una precisi3n de 0,0001 gramos y posteriormente colocadas en una c3psula petri cubri3ndolas con gotas de glicerina (33%) para ser contabilizadas bajo microscopio estereosc3pico.

El n3mero promedio de los ovocitos hidratados de las submuestras (metodolog3a 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:

$$E_j = \bar{n} * W_j$$

E_j : Fecundidad parcial (n3mero total de ovocitos hidratados en el ovario j).

W_j : Peso h3medo del ovario j (g).

\bar{n} : N3mero promedio de ovocitos hidratados por gramo de ovario.

El M3todo de Producci3n de Huevos, requiere la estimaci3n de la fecundidad media poblacional o modal, representativa del total de la poblaci3n de hembras maduras, para lo cual, es necesario ajustar un modelo que explique los datos de la fecundidad parcial en funci3n de un par3metro corporal.

De acuerdo a lo reportado por Santander *et al.*, 1984; Rojas y Oliva, 1993; Claramunt *et al.*, 1996, Claramunt *et al.*, 1997, Oliva *et al.*, 1998 y Oliva *et al.*, 2000, la variable que mejor explica la fecundidad parcial corresponde al peso corporal (peso total menos peso g3nada). Sobre esta base se ajust3 un modelo de regresi3n lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal de las hembras maduras, teniendo en consideraci3n que este modelo es el que mejor explica la variabilidad de los datos (Oliva *et al.*, 2000, 2001 y Sep3lveda *et al.*, 2000).



La fecundidad parcial se calcula utilizando las hembras recolectadas en el 1rea de muestreo (Regiones XV, I y II). Se realiz3 una regresi3n entre la fecundidad parcial (n3mero de ovocitos hidratados) y el peso del cuerpo de hembras sin g3nada.

A las 30 hembras maduras de cada lance utilizadas para el c1culo de fracci3n desovante y peso promedio, se les estim3 su fecundidad parcial por medio del modelo de regresi3n ajustado.

La fecundidad media poblacional y su varianza se estim3 siguiendo la metodolog1a aplicada en el M3todo de Producci3n de Huevos, descrita por Hunter *et al.* (1985):

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

Donde:

$\bar{\bar{E}}$: Fecundidad media poblacional.

m_i : N3mero de peces muestreados en el lance i.

\bar{E}_i : Fecundidad parcial promedio en el lance i, estimada a partir del modelo de regresi3n.

Dado que para el promedio se utiliza la fecundidad parcial estimada a trav3s del modelo de regresi3n, es decir, cada estimado tiene su propia varianza asociada,



entonces la estimaci3n de la varianza de la fecundidad media poblacional se debe ajustar para incluir esta variaci3n adicional.

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

Donde:

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

Cabe se1alar que no es un modelo en particular, en este caso el lineal, el que viola los supuestos de homocedasticidad, sino que son los datos los que indican si estamos frente a un error aditivo o multiplicativo. En el caso de la fecundidad y los an3lisis que se han hecho durante todos los a1os de aplicaci3n del MPH no se han encontrado situaciones de error multiplicativo (**Figura 6**).



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

3.7.1 Modelo para la estimaci3n de la biomasa

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

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

Donde:

- B : Biomasa desovante en toneladas m3tricas.
- P_o : Producci3n diaria de huevos en el 3rea investigada (huevos producidos por $0,05 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$).
- W : Peso promedio de las hembras maduras (g) de la poblaci3n.
- R : Proporci3n de sexos (fracci3n de hembras maduras de la poblaci3n, en peso).
- F : Fracci3n de hembras maduras que desova por d3a.
- E : Fecundidad parcial media poblacional.
- K : Factor de conversi3n de gramos a toneladas m3tricas.
- A : 3rea total investigada (en $0,05 \text{ m}^2$)



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

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

El cálculo de esta varianza se simplifica, dado que el muestreo de la producción diaria de huevos para estimar P_o , es independiente del muestreo de adultos para estimar los parámetros R , F , E y W . En tal caso, las covarianzas de P_o , con las estimaciones de los parámetros de adultos se pueden considerar nulas, por lo cual el cálculo de covarianzas se restringe a éstos últimos solamente.

3.7.2 Covarianzas entre los parámetros de adultos (R , F , W y E)

Para cada lance i dentro de un estrato (o el área total) se estimó un valor de los parámetros de interés (\bar{R}_i , \bar{F}_i , \bar{W}_i y \bar{E}_i), de acuerdo con las fórmulas de Picquelle y Stauffer (1985). Además, para cada estrato (o área total) se tiene una estimación de \hat{R}_i , \hat{F}_i , \hat{W}_i y \hat{E}_i , luego la covarianza se pudo estimar usando la fórmula:



$$\text{COV}(\hat{y}_1, \hat{y}_2) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i k_i (\bar{y}_{1i} - \hat{y}_1)(\bar{y}_{2i} - \hat{y}_2)}{\overline{m k n} (n-1)}$$

- n : Número de lances en el estrato (o en el área total).
- m_i : Número de hembras en el lance i para estimar el parámetro.
- k_i : Número de hembras en el lance i para estimar el parámetro \bar{y}_{2i} .
- y_{1i} : Valor del parámetro 1 (cualquiera entre \bar{R}_i , \bar{F}_i , \bar{W}_i y \bar{E}_i).
- y_{2i} : Valor del parámetro 2 (distinto del parámetro 1).

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

Para ejecutar el análisis integrado de las variables recolectadas, utilizando la información de los proyectos precedentes, se validaron los archivos de la base de datos correspondientes a 15 cruceros oceanográficos realizados en el período 1992-2009 y del año en curso. La información considera los siguientes registros: fecha, latitud y longitud de las lecturas de huevos de anchoveta y su correspondiente valor de densidad (referido a número de individuos/0,05m²); asimismo, se utilizan los datos de temperatura superficial y a 10 m de profundidad y salinidad superficial provenientes de las estaciones oceanográficas.

Para el análisis integrado de las variables registradas tanto pesqueras como bio-oceanográficas, se utilizó como plataforma de trabajo los sistemas de información geográfica (**SIG**) IDRISI (Eastman, 1997) y TNTmips (Microimages, 1997). Con



dichos SIG y para realizar una descripción espacial y temporal de las variables ictioplantónicas y oceanográficas, se generan cartografías para cada variable, el objetivo principal de usar el SIG es la de superponer distintos planos de información, por ejemplo datos bio-oceanográficos, pesqueros o imágenes satelitales, para encontrar relaciones espaciales y temporales.

Luego se preparan los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplan la geo-referencia con sus respectivos datos. Posteriormente cada variable fué interpolada a través del método de Kriging.

Con el objeto de relacionar y superponer los distintos planos de información, fue necesario transformar los mapas a una idéntica escala espacial, de este modo las cartografías deben poseer una misma resolución y cobertura geográfica. Lo anterior significó generar imágenes en rasters con similar cantidad de filas y columnas, a través del módulo RESAMPLE del SIG. Por otra parte, con el propósito de favorecer el análisis visual de las imágenes, éstas fueron reclasificadas en clases de valores, los cuales se asocian a diferentes colores. Para ello se utilizan dos módulos del TNTmips: a) módulo RASTER HISTO, que permite conocer y analizar la distribución de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas, y b) módulo REPLACE, que reclasifica los valores de las celdas de una imagen.

Paralelamente, con las grillas interpoladas y geo-referenciadas de densidad de huevos de anchoveta de los 15 cruceros MPH realizados hasta el momento y las variables ambientales (TSM y densidad) del período 1992-2011, se llevan a formato matriz y se importan al programa MATLAB.



3.8.1 Análisis integrado

Con los SIG mencionados y para detectar la posible asociación entre la distribución de los huevos y los parámetros ambientales, se desarrollaron los siguientes enfoques: a) se establece una relación funcional entre la distribución de huevos y las variables mayormente relacionadas; y b) se realizó un modelamiento estadístico de la densidad de huevos asociado a variables ambientales y c) un análisis de correspondencia espacial entre los campos que explican la mayor parte de la variabilidad temporal de las variables ambientales y los huevos de anchoveta.

a) Relaciones entre la distribución de huevos de anchoveta y las variables oceanográficas.

Se efectuó un análisis a través de modelos de regresión, para ello, de cada uno de los pixeles se calcula la densidad de los huevos de anchoveta, temperatura y salinidad; además se estiman los diferenciales de temperatura y salinidad mediante los comandos del SIG. La prueba de la hipótesis se realiza mediante modelos de regresión múltiple “paso a paso” (stepwise), en este análisis se utiliza el programa estadístico S-PLUS. Cabe señalar que dicha metodología es similar a la propuesta por Power y May (1991) y Reddy *et al.*, (1995) y utilizada en Chile entre otros por, Yáñez *et al.*, (1997); Oliva *et al.*, (2003) y Braun *et al.*, (2004a).

Luego, en el caso de las cartografías de la distribución de huevos, se calculó el centro de gravedad de la cartografía (**CG**), el cual expresa un promedio ponderado por el área de estudio y permite una comparación entre los distintos mapas realizados.



$$CG = \sum_{n=1}^{Ne} (Pos * NH) / NH$$

Donde:

Pos: Posici3n de la estaci3n positiva en t3rminos de latitud y longitud.

NH: N3mero total de huevos de la estaci3n.

b) Modelamiento estadístico de la densidad de huevos asociado a variables ambientales

Para describir las relaciones entre la densidad de huevos de anchoveta y características físicas del ambiente en el área de desove, se usaron modelos aditivos generalizados (GAM). Esta poderosa herramienta estadística ha demostrado ser muy útil para modelar la distribuci3n de huevos y la producci3n diaria de huevos (Borchers *et al.* 1997, Bernal 1999; Stratoudakis *et al.* 2003).

El GAM es un método estadístico, similar al de regresi3n clásica, pero con supuestos distribucionales más generales, además de no suponer linealidad en las covariables y tiene la siguiente forma general (Hastie & Tibshirani, 1990).

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

La funci3n $g(\cdot)$ llamada funci3n de enlace, define la relaci3n entre la respuesta (densidad de huevos) y el predictor aditivo $\beta_0 + \sum_k S_k(x_k)$. La respuesta y , se asume que se distribuye de acuerdo a una amplia gama de familias de distribuciones estadísticas como la distribuci3n binomial, poisson, gamma, normal,



poisson compuesta, etc. El término x_k es el valor de la k-ésima covariable en el predictor aditivo, β_0 es el intercepto y $S_k(\cdot)$ es una función de suavizamiento para la k-ésima covariable.

La función de suavizamiento utilizada fue el spline cúbico, el cual minimiza la suma de cuadrados del residual penalizado (Bellido *et al.*, 2001). El grado de suavidad en el ploteo de dispersión es controlado por el intervalo (span), el cual es la proporción de puntos contenidos en cada vecindad (el juego de x valores dentro de una distancia definida de x_k). El resultado del suavizado caracteriza la tendencia de la variable respuesta como una función de la variable predictora.

El grado de suavidad logrado es balanceado contra la devianza por una constante de sintonización por validación cruzada, así la estimación es por el método de máxima verosimilitud penalizada, lo que da a los GAMs un particular aspecto no paramétrico (Maunder & Punt, 2004).

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

c) Análisis de la distribución de huevos de anchoveta asociada a variables oceanográficas.

Para ejecutar el análisis integrado de las variables biológicas pesqueras-oceanográficas recolectadas durante los diferentes proyectos precedentes de evaluación del stock desovante de anchoveta, se validaron los archivos de la base



de datos correspondiente a 15 cruceros oceanográficos realizados en el período 1992-2011. La información recolectada considera los siguientes registros: fecha, estación de muestreo, latitud y longitud de las lecturas de huevos de anchoveta y su correspondiente valor de densidad (referido a número de individuos), además, se utilizan los registros de temperatura y salinidad superficial del mar provenientes de las estaciones oceanográficas. La información correspondiente al año 1992 no fue considerada por la ausencia de los registros de temperatura y salinidad.

De modo de visualizar la información biológica pesquera y oceanográfica se emplean herramientas espaciales de mapeo e interpolación de datos mediante el método de kriging, el cual considera el modelo esférico para el ajuste del variograma (Cressie, 1991; Goovaerts, 1997). De esta manera se obtienen mapas que permitan realizar descripciones espaciales y temporales de las variables biológicas pesqueras y oceanográficas, superponer distintos planos de información y encontrar generar relaciones espaciales y temporales. Para poder realizar una buena estimación del kriging, se genera una grilla espacial única para que los diferentes mapas tengan una misma escala espacial. Además, de manera de considerar el área efectiva donde se realizó el muestreo de las observaciones, se genera el polígono que contiene todas las observaciones realizadas para cada año. Este algoritmo espacial genera una grilla imaginaria considerando los valores máximos y mínimos para la longitud y latitud, luego el algoritmo recorre la grilla imaginaria identificando aquellos datos que se encuentran más alejados de la zona de muestreo, y así se genera el polígono que encierra las estaciones de muestreo. Este polígono permite filtrar aquellas observaciones que son interpoladas fuera del área de muestreo y así obtener valores interpolados solo en el área de muestro, donde fue observada la variable bajo estudio.



Para la cuantificaci3n de la variabilidad espacial, en t3rminos longitudinales a la costa, se generaron 10 pol3gonos paralelos a la costa de diez millas n3uticas cada uno, estas diez 3reas fueron creadas para identificar la procedencia del registro de densidad de huevos de anchoveta y as3 incorporar esta nueva variable (pol3gono) a la modelaci3n de manera de estimar las tendencias de largo plazo (tiempo) para cada pol3gono generado (**Figura 57**). Estas tendencias de largo plazo de huevos de anchoveta por pol3gono, son comparadas con las tendencias de largo plazo que presenta la temperatura y salinidad mediante an3lisis de correlaci3n.

Para detectar las posibles asociaciones entre la densidad de huevos de anchoveta y las diferentes covariables (como la componente espacial y temporal, la temperatura y la salinidad) se usaron los modelos aditivos generalizados mixtos (Wood, 2006). Los modelos aditivos generalizados mixtos (**MAGM**) es una extensi3n aditiva de los modelos lineales generalizados mixtos (**MLGM**), estos proporcionan un marco unificado de verosimilitud para regresiones param3tricas de una variedad de salidas sobre dispersas y correlacionadas (Breslow & Clayton, 1993). Los datos para este tipo de modelos surge de una variedad de campos de investigaci3n, tales como estudios longitudinales, encuesta por muestreos, ensayos cl3nicos y mapas de enfermedades. La caracter3stica principal de los **MAGM** es que usan funciones aditivas no param3tricas para modelar los efectos de las covariables, mientras agrega efectos aleatorios al predictor aditivo para tomar en cuenta la sobredispersi3n y la correlaci3n. Las funciones no param3tricas, son estimadas usando suavizadores splines y conjuntamente estima el par3metro del suavizador y el componente de varianza usando cuasi-probabilidad marginal, esta aproximaci3n es una extensi3n de la aproximaci3n de m3ximo de probabilidad restringida. Una caracter3stica importante de este tipo de modelos, es que permite hacer inferencia sistem3tica de todos los componentes



del **MAGM** dentro de un unificado marco de modelaci3n mixto param3trico (Lin & Zhang, 1999).

Supongamos que las observaciones para la i -3sima de n unidades consiste en una variable de salida y_i y p covariables $x_i = (1, x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$ asociada con efectos fijos y un $q \times 1$ vector de covariables z_i asociado con los efectos aleatorios. Dado un vector de efectos aleatorios b de $q \times 1$, las observaciones y_i son asumidas ser condicionalmente independiente con $E(y_i | b) = \mu_i^b$ y varianzas $\text{var}(y_i | b) = \phi m_i^{-1} v(\mu_i^b)$, donde $v(\cdot)$ es una funci3n de varianza especifica, m_i es un peso a priori (un denominar binominal) y ϕ es un par3metro de escala, y sigue la forma de un modelo aditivo generalizado,

$$g(\mu_i^b) = \beta_0 + f_1(x_{i1}) + \dots + f_p(x_{ip}) + z_i^T b, \quad (1)$$

donde $g(\cdot)$ es una funci3n uni3n diferenciable monot3nica, $f_j(\cdot)$ es una funci3n suavizada centrada dos veces diferenciable, el efecto aleatorio b son asumidos estar distribuidos como $N\{0, D(\theta)\}$ y θ es un vector de $c \times 1$ de componentes de varianza. Una característica del modelo (1) es que las funciones no-param3tricas aditivas son usadas para modelar los efectos de las covariables y los efectos aleatorios son usados para modelar la correlaci3n entre observaciones. Si $f_j(\cdot)$ es una funci3n lineal, luego el **MAGM** (1) se reduce a un **MLGM**. El logaritmo de la cuasi-verosimilitud integrada de $\{\beta_0, f_p(\cdot), \dots, f_p(\cdot), \theta\}$ es,

$$\exp[l\{y; \beta_0, f_1(\cdot), \dots, f_p(\cdot), \theta\}] \propto |D|^{-1/2} \int \exp\left\{-\frac{1}{2\phi} \sum_{i=1}^n d_i(y_i; \mu_i^b) - \frac{1}{2} b^T D^{-1} b\right\} db, \quad (2)$$



Donde $y = (y_1, \dots, y_n)^T$ y

$$d_i(y_i; \mu_i^b) \propto -2 \int_{y_i}^{\mu_i^b} m_i(y_i - u) / v(u) du \quad (3)$$

Define la funci3n de la devianza condicional de $\{\beta_0, f_p(\cdot), \dots, f_p(\cdot)\}$ dado b . Por simplicidad asumimos que D es una matriz de rango completo. Si no, la inversa generalizada de Moore-Penrose puede ser usada. La inferencia estadística de la ecuaci3n (1) implica la inferencia en las funciones no paramétricas $f_j(\cdot)$, las cuales requieren la estimaci3n de los parámetros de suavizaci3n, dicho λ , y la inferencia en los componentes de la varianza θ (Lin & Zhang, 1999). Si el conjunto de datos es medido al mismo tiempo, el siguiente modelo podría plantearse como un punto de partida,

$$\text{huevos} = \text{intercepto} + f(\text{tiempo}) + f(\text{espacio}) + f(\text{tsm}) + f(\text{sal}) + \text{factor(esta)} + \varepsilon \quad (4)$$

donde f es la funci3n de suavizaci3n que típicamente es modelada como una "spline". El problema con este modelo es que se ésta agregando la penalizaci3n de 1.457 parámetros de regresi3n dado por el efecto del factor estaci3n (esta). Si el prop3sito de la modelaci3n es conocer cual estaci3n tiene valores más altos que otra o hacer aseveraciones sobre cada estaci3n, el modelo (4) planteado estaría adecuado, pero para nuestro caso la respuesta es no, y para nuestro caso el factor estaci3n sería mejor ocuparlo como un intercepto aleatorio, esto permitiría hacer aseveraciones para todas la estaciones similares a lo largo de la costa de la zona norte y ahorrar así varios grados de libertad. El modelo anterior podría ser reformulado de la siguiente manera,

$$\text{huevos} = \text{intercepto} + f(\text{tiempo}) + f(\text{espacio}) + f(\text{tsm}) + f(\text{sal}) + a_i + \varepsilon \quad (5)$$



donde a_i es el intercepto aleatorio que es asumido ser normalmente distribuido con promedio cero y varianza σ_{esta}^2 . La ventaja de este nuevo modelo (ec. 5) es que se ha reducido el n3mero de grados de libertad al incorporar el intercepto aleatorio para la variable estaci3n de muestreo y se ha descompuesto el tiempo en una 3nica tendencia de largo plazo para toda la zona de estudio. Existe otra posibilidad que es descomponer las tendencias de largo plazo para cada pol3gono paralelo a la costa, ya que en la exploraci3n de los datos se ha indicado que esos patrones difieren para cada pol3gono. Si usamos una funci3n suavizadora para cada pol3gono, el modelo queda definido de la siguiente manera:

$$\text{huevos} = \text{intercepto} + f_{poligono}(\text{tiempo}) + f(\text{espacio}) + f(\text{tsm}) + f(\text{sal}) + a_i + \varepsilon \quad (6)$$

Este modelo (6) es una extensi3n del modelo (5) y asegura que una funci3n suavizadora es solamente aplicada a un subconjunto de los datos donde el argumento es definido por la clase de pol3gono. Se consideraron los primeros siete pol3gonos, ya que el pol3gono 8 y 9 no presentaban datos para todos los a3os, produciendo un desbalance en el dise3o de la matriz de datos que hace que el ajuste para este tipo de modelos sea no estimado. En muchos sistemas ecol3gicos, la dispersi3n de los datos difiere entre a3os y 3reas, lo que podr3a estar violando la suposici3n de homogeneidad (Zuur *et al.*, 2009). Este mismo procedimiento es efectuado para la temperatura y la salinidad de manera de estimar el patr3n temporal por 3rea de las variables ambientales y as3 correlacionar estos patrones ambientales al patr3n temporal de la densidad de huevos de anchoveta.



VII. RESULTADOS

1. Monitoreo reproductivo que fundamentó el inicio del crucero

El monitoreo reproductivo, a través del análisis semanal y mensual del Índice Gonadosomático (**IGS**) e Indicadores histológicos de la actividad de desove y de la atresia ovárica, permitió definir la época de pleno desove de la anchoveta en la Zona Arica - Antofagasta.

El análisis macroscópico mediante el seguimiento del **IGS** para el período enero a octubre de 2011, con 8.967 hembras analizadas, cifra 23% mayor respecto a lo medido en igual fecha del año 2009, indicó el descenso de la actividad a partir de enero (4,3%), para alcanzar registros mínimos relativamente estables de marzo a junio (2,4% - 3,0%), concordante con la caída de la actividad reproductiva en otoño. En julio, el indicador incrementó notoriamente (**IGS**: 4,6%) reflejando el inicio del evento reproductivo principal, con valores que se intensificaron en agosto (6,8%) y en septiembre (6,4%), señalando la manifestación del periodo de máxima actividad de desove. En octubre, el **IGS** se mantiene alto pero con una tendencia al descenso (5,1%) (**Figuras 7 y 8**). En el cuadro 1, se entregan las estimaciones de varianzas, coeficiente de variación e intervalo de confianza para el **IGS** mensual.



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

Año	Mes	n	IGS (%)	Desv. Estándar	Varianza	Coef. Variación (%)	Intervalo de Confianza	
							Límite inferior	Límite superior
2011	Enero	835	4,3	2,8	7,9	65,0	4,1	4,5
2011	Febrero	650	4,1	2,4	5,9	59,6	3,9	4,3
2011	Marzo	1001	2,8	1,7	3,0	62,5	2,7	2,9
2011	Abril	989	2,9	2,0	4,0	69,6	2,8	3,0
2011	Mayo	1179	3,0	1,8	3,3	60,7	2,9	3,1
2011	Junio	1166	2,4	1,5	2,2	61,5	2,3	2,5
2011	Julio	1051	4,6	2,3	5,3	50,3	4,5	4,7
2011	Agosto	546	6,8	2,3	5,3	34,1	6,6	7,0
2011	Septiembre	462	6,4	2,2	4,9	34,9	6,1	6,6
2011	Octubre	1088	5,1	1,6	2,6	31,7	5,0	5,2

El seguimiento del **IAD**, mostró valores bajos desde mediados de junio a mediados de julio (menor a 17%), mientras que a fines de julio el indicador incrementó abruptamente (35%) y permaneció con registros altos hasta octubre, en que comienza a descender, con máximos **IAD** en las semanas de agosto y septiembre, comportamiento que definió el período de máxima intensidad de desove (**MID**), que se manifestó a fines de julio e inicios de agosto y se mantiene hasta la última semana de octubre, sustentado por la presencia de ovarios en vitelogénesis y la alta incidencia de hembras con folículos postovulatorios (**Tabla 6; Figuras 9 y 10**).

El monitoreo del **IAO**, indicó registros inusuales de atresia en el bimestre junio-julio, aunque en baja incidencia (menor a 8%). La atresia disminuyó de junio a julio, estando prácticamente ausente en las semanas de agosto a octubre, concordante con el incremento de la actividad y el período de la máxima intensidad de desove de agosto a octubre (**Tabla 6; Figuras 9 y 10**).

En un ciclo reproductivo normal, la atresia disminuye hasta ser insignificante o nula en los procesos reproductivos masivos y de plena actividad de desove, normalmente durante junio a la primera quincena de octubre. Desde mediados de octubre, se visualiza un leve repunte, evidenciando los primeros indicios de la



disminución en la intensidad de desove, la que se mantiene en valores relativamente estables hasta finales e inicio de cada año. Contrariamente, el mayor aporte de atresia se observa en otoño, durante el período de menor actividad reproductiva o de reposo sexual relativo.

El análisis macroscópico y microscópico de la actividad reproductiva para el año 2011, indicó que el mayor desove de la anchoveta se manifestó desde fines de julio y se mantuvo hasta la última semana de octubre, con máximos en agosto y en septiembre, visualizándose en este período la permanencia de índices reproductivos altos (**IGS e IAD**).

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

Durante la prospección se determinó la presencia de huevos de *E. ringens* en 292 estaciones de un total de 730 realizadas (40%), con una abundancia igual a 13.915 huevos/ 0,05 m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 48 ejemplares (DS = 135,5), cifra 58,3% menor respecto a la obtenida en invierno de 2009, período donde se detectaron más dispersos (DS = 288,9), (**Figuras 11 y 12; Tabla 7**).

El área prospectada fue de 34.736 mn². El área de desove estimada correspondió a 15.771 mn², constituyéndose en la segunda de las más importantes después de la obtenida en invierno de 2002 (**Tabla 7**).

En relación a la intensidad y extensión espacial del desove, las densidades promedio por estaciones positivas y totales, muestran una situación diferente para ambos índices. Es así, como la intensidad del desove, experimentó con respecto al



invierno de 2009, una importante disminuci3n igual a 53%, exhibiendo la cobertura geogr3fica del desove un significativo incremento igual a 217% (**Tabla 7**).

El patr3n de distribuci3n espacial de los huevos de anchoveta en el 3rea de estudio, se3ala que el desove se verific3 en el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta Carrizalillo (26°00'S), y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 80 mn al oeste de punta Pinto (18°40'S), caleta Ligate (20°30'S), caleta Las Barrancas (23°30'S) y punta Tres Picos (24°20'S). En t3rminos generales, la densidad promedio de las estaciones positivas por transecta para los huevos de anchoveta, tendi3 a disminuir de costa a mar afuera y de norte a sur. Con respecto a la modalidad de postura, 3sta fue costera, concentr3ndose m3s del 94% de los huevos de anchoveta dentro de las primeras 45 millas (**Figura 13 a,b**).

La distribuci3n de huevos de anchoveta es muy amplia en comparaci3n a a3os anteriores, con expansiones hacia el oc3ano en las zonas extremas (Taltal y Arica). No obstante lo anterior, los focos de desove m3s importantes (>300 huevos/0,05m²) se localizaron en el sector costero frente a Arica e isla Alacr3n, a 1mn frente a caleta Camarones, a 15 mn frente a caleta Chica (19°20'S), a 35 mn al oeste de caleta Yapes (20°40'S), a 1mn frente a punta Patache, punta Lobos, punta Chileno y punta Arenas (21°40'S), frente a bahía Moreno (23°40'S) y punta grande Sur (25°10'S), cuyas abundancias en conjunto representaron el 48% respecto del total de huevos de anchoveta cuantificados. El resto de los registros positivos exhibieron bajas abundancias, las que fluctuaron entre 1 y 292 huevos/0,05 m². En este contexto, la estaci3n con la densidad m3s importante (> 1.480 huevos), se localiz3 a 1 mn frente a isla Alacr3n (18°30'S) (**Figura 14**).

En relaci3n al n3mero de huevos el invierno de 2011, presento un porcentaje de cambio igual a 196% con respecto al crucero MPH precedente, constituy3ndose en el tercer registro m3s importante de la serie 1992 - 2011.



Entre Arica y Tocopilla, se observó una relación muy estrecha entre la distribución espacial de los huevos y la del recurso, al encontrarse un alto porcentaje de lances efectivos conjuntamente con altas agregaciones de huevos de anchoveta (**Figura 15**).

En la **Figura 16**, se presenta la densidad media de huevos estimada para el período 1992-2011, a través del estimador de la media de una distribución delta y la proporción de estaciones positivas (con huevos) y en ella se aprecia que la densidad obtenida en el invierno de 2011 se constituye en el séptimo registro más importante de la serie y en el tercero con respecto a la proporción de estaciones positivas.

El índice de huevos para la serie 1992 - 2011 se muestra en la **Tabla 8**. En la **Figura 17 a, b** se comparan los índices de biomasa desovante estimada con el método multinomial y Lo GLM y el índice de huevos, se aprecia que ambos indicadores siguen trayectorias similares, siendo mayor el ajuste con el modelo de Lo GLM, ya que si bien no es estadísticamente correcto en la asignación de edades, el modelo multinomial depende demasiado de factores asociados (abundancia de huevos, número de estaciones positivas, hora de los muestreos, hora pico de desove, desviación estándar del pico de desove etc), y es justamente por esto, que no funciona muy bien en los años con bajas abundancias de huevos.

Los huevos de anchoveta se distribuyeron a lo largo de toda zona, principalmente a lo largo del sector costero, pero en algunas áreas se extendió hacia el sector oceánico más allá de las 60 mn, como ocurre frente a Arica, desde Iquique a punta Lobos y desde Antofagasta al sur. La distribución de huevos en la zona parece estar asociada, principalmente, a los procesos de transporte, tanto para



ubicarse en la costa como en el sector oceánico. Es así, como en las áreas donde los huevos ocupan el sector oceánico, se dieron procesos de surgencia más intensos, en comparación con el resto de la zona, lo que señala transporte superficial hacia el oeste. Lo indicado parece ser especialmente válido desde Antofagasta al sur, ya que en esta área, se dieron los episodios más fuertes del viento observados durante el crucero, tanto en duración del evento como en intensidad, antes y durante el muestreo, lo que haría que estaciones dieran positivas incluso a 70 mn de la costa, como también una menor y baja presencia de huevos, en términos comparativos con el resto de la zona, en las estaciones más cerca de la costa. Igual situación se presenta frente a Arica, lo que sería reforzado por la cercanía de la costa peruana ya que la distancia de la ubicación de huevos de anchoveta respecto de ella es mucho menor que la que hay respecto de la línea costera de Arica.

Un caso especial sería lo que ocurre entre Iquique y punta Lobos, donde no se asociaría directamente la condición de transporte durante el muestreo con la presencia oceánica de huevos ya que los índices de surgencia (**IS**) obtenidos son en general bajos, sin embargo, esta distribución de huevos no es el resultado instantáneo de la condición de viento presente durante el muestreo y puede estar asociada a eventos de viento ocurridos los días previos. En tal sentido, se indica que el área señalada, ubicada entre las latitudes 20°50'S y 19°50'S fue muestreada entre el 20 y 23 de septiembre, mientras que el área entre los 21°S y los 22°10'S, muestreada con anterioridad y que muestra **IS** negativos, fue entre el 12 y 15 de septiembre. Esta última área señalada, que tiene **IS** negativo o transporte hacia la costa, registra prácticamente todas las estaciones positivas dentro de las primeras 20 mn y sólo dos positivas en el sector oceánico.



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

3.1 Vientos, Índice de Surgencia e Índice de Turbulencia

Los vientos medidos durante las estaciones (**Figura 18**) fueron en total 730. Se observa un amplio predominio de intensidades menores a 5 m/s los cuales alcanzan un 74% de los registros. Los vientos con intensidad de 5 a < 10 m/s alcanzan un 25% de los datos, mientras que sólo un 1% corresponde a vientos de intensidad igual a 10 m/s o superior. Los vientos de intensidad menores a 5 m/s se distribuyeron en toda la zona, pero la mayor frecuencia ocurre entre Arica y Antofagasta, mientras que, aquellos entre 5 y 10 m/s se midieron preferentemente al sur de esta última localidad. El 80% de los registros de viento tiene una dirección favorable a la surgencia, mientras que los vientos que tienen una componente sur (20%) se focalizaron en el área entre caleta Chipana y Tocopilla y entre el sur de la península de Mejillones y Antofagasta.

El índice de surgencia promedio (**ISP**) medido en la costa (**Figura 19a**) (franja de las primeras 30 mn) tuvo un rango de valores entre -128 y 2053 $\text{m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ m}$ de costa (en adelante sólo m^3/s). El valor negativo indica transporte hacia la costa. En este sentido, el único **IS** promedio negativo se midió entre los 21° y 22°S, mientras que el área de mayores **ISP** se observó al sur de Antofagasta, con un máximo entre los 24° y 25°S. El índice de turbulencia promedio (**ITP**) (**Figura 19b**) presenta valores en la costa en el rango de 35 a 299 m^3/s^3 registrándose, en general, los mayores índices al sur de Antofagasta, asociado al área de mayores intensidades del viento, mientras que de Arica a Antofagasta los **ITP** son notablemente menores y están en el rango de 35 a 91 m^3/s^3 . En el sector oceánico el rango fue de 23 a 259 m^3/s^3 , manteniéndose el mismo patrón indicado para el sector costero.



3.1.1 Serie de viento estaciones costeras

En ambas localidades (Iquique, Antofagasta)(**Figura 20**), es el transporte Ekman (**TE**) positivo el que predomina entre enero y septiembre de 2011, con episodios de **TE** hacia la costa (o negativo) que son aislados o que no duran más de 5 días. El **TE** negativo, en ambas series, es más frecuente y de mayor magnitud a partir del mes de mayo en relación a los primeros 4 meses del año. La serie de Iquique, tiene una mayor variabilidad y también mayor intensidad de **TE** en comparación con la serie de Antofagasta, principalmente entre los meses de enero a junio pues predominan valores de **TE** mayor a $1000 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ m}$ de costa (en adelante se omitirá la unidad) hasta 3000, con eventos de hasta 6000. En la serie de Iquique, a partir de julio, disminuye también notoriamente el **TE** a valores menores a 1000, con episodios de **TE** negativos, más frecuentes y prolongados de 2 a 5 días.

La serie de Antofagasta tiene una menor variabilidad y menor magnitud del **TE** a lo largo del período, siendo por lo general menor a 1000, sin embargo, se puede señalar que a partir del mes julio esta serie registra una mayor frecuencia de eventos de **TE** que superan dicho valor.

Específicamente para el período del crucero, mediados de agosto a fines de septiembre, en general el **TE** es cercano o menor a 1000 en ambas series. En el sector de Antofagasta, que es por donde se inició el crucero, se registra un **TE** cercano a 1000 que es relativamente constante durante todo agosto, mientras que durante septiembre, la serie de Iquique exhibe los valores más bajos del periodo enero- septiembre, exceptuando el breve periodo de **TE** mínimos a mediados de junio que duró al menos 2 semanas. Durante el crucero, se registraron dos eventos principales de **TE** hacia la costa (negativo), pues esto se da en ambas



series y se prolonga al menos por 3 a 4 días, el primero a fines de agosto y principios de septiembre, y el segundo a mediados de septiembre pero que es precedido por **TE** positivo bajo. En ambos eventos, la serie de Iquique registra eventos de **TE** hacia la costa que llega al valor de 1000.

3.2 Temperatura superficial del mar (TSM)

La temperatura superficial (**TSM**) (**Figura 21a**) durante el crucero fluctuó entre 12,9° y 17,6°C. El mínimo se midió en la estación de 1 mn en los 25°50'S (frente a punta Ballenita) y el máximo en la estación de 10 mn en los 20°20'S frente a punta Gruesa. En general la **TSM** presenta gradientes débiles en sentido norte sur y este-oeste. El único gradiente costero que se observa en la carta superficial fue el registrado entre Arica y punta Junín. Las **TSM** menores se ubicaron en la costa, al sur de los 24°40'S, formando un foco de **TSM** menores a 14°C, mientras que las máximas generaron un foco de **TSM** > 17°C entre Iquique y punta Lobos entre las 5 y las 40 mn.

Las anomalías de **TSM** (**Figura 21b**) registran un rango de -2,7° a +1°C. En general, el sector comprendido entre Iquique y punta Tres Picos mostró valores de anomalía dentro del rango de normalidad (-1° a +1°C) con algunos focos aislados de **ATSM** negativas mayor a 1°C (absoluto) en el área oceánica frente a punta Copaca y Antofagasta, mientras que al sur de punta Tres Picos y al norte de Iquique, las **ATSM** son preferentemente negativas superando el valor de 1°C (absoluto), con el valor negativo extremo ubicado en la costa, en la estación de 1 mn frente a punta Madrid.



3.3 Temperatura a 50 m

Para el nivel de 50 m el rango de temperaturas es de 12,4° a 15,6°C (**Figura 22a**). En el sector costero de Arica a Tocopilla y desde punta Plata al sur, los valores fueron < 13°C. En el resto del área costera fueron de 13° a 14°C. En el sector oceánico, entre Arica y punta Lobos, predominaron valores de 13° a 14°C, mientras que en el resto del sector oceánico son mayores a 14°, con temperaturas > 15° en un foco muy próximo al borde oeste entre punta Lobos y punta Copaca.

3.4 Diferencia de temperatura entre superficie y nivel de 50 m

Los valores de diferencia de temperatura entre la superficie y el nivel de 50 m (**Figura 22b**) señalan que los mayores valores se ubicaron en la mitad norte de la zona, siendo esta de 2°C y hasta un máximo de 4,8°C, con un predominio de valores entre 2°C y 3°C entre punta Madrid y Tocopilla. En el sector oceánico de punta Madrid al sur, las diferencias de temperatura fueron > 1°C. El foco de máximas diferencias, > 4°C, se ubicó entre la costa y las 40 mn entre Iquique y caleta Chipana.

3.5 Salinidad superficial del mar

La salinidad superficial (**SSM**) (**Figura 21c**), por su parte, registró un rango total de valores que fluctuó entre 34,4 a 35,1. Al igual que la **TSM**, esta variable registra un bajo gradiente norte-sur y este-oeste, excepto en el área de Arica a punta Junín y de rada Paposo al sur, pues se registra en estas zonas, un débil gradiente costero. Las mayores **SSM** se focalizaron en el sector oceánico entre el borde norte y punta Junín. Las mínimas **SSM** se localizaron en el extremo sur de la zona, al sur de rada Paposo entre las 5 y 40 mn.



Las anomalías de salinidad (**Figura 21d**) muestran un rango de -0,2 a +0,07. En general las anomalías neutras se ubicaron a lo largo de todo el sector costero, extendiéndose hacia el oeste entre punta Cobija a Antofagasta. En el resto del sector oceánico, las anomalías fueron negativas y mayores a 0,1 (absoluto) con focos $> 0,2$ entre punta Madrid e Iquique.

3.6 Salinidad a 50 m

El rango total de esta variable en el nivel de 50 m es 34,4 a 34,9 (**Figura 22c**). Se destaca un foco de salinidades $< 34,6$ en el sector oceánico central entre Iquique y punta Copaca y desde punta Tres Picos al sur. Un foco de salinidades más altas, $> 34,8$ se ubicó en el borde oeste de la zona entre punta Lobos y Tocopilla, alcanzando en la estación de 80 mn frente a punta Lobos el máximo indicado. En general, el sector costero registra salinidades $< 34,7$.

3.7 Diferencia de salinidad entre superficie y nivel de 50 m

Las diferencias de salinidad (**Figura 22d**) entre los dos niveles de profundidad señalados entrega valores en el rango de -0,25 a +0,4. Las mayores diferencias se ubicaron en el área Arica a Tocopilla, con valores $> 0,2$ con un foco de valores $> 0,3$ en el sector oceánico central entre punta Madrid y punta Lobos. El sector oceánico entre caleta Chipana y rada Paposos registra las menores diferencias positivas, $< 0,1$, mientras que el sector más costero de Arica a punta Junín, como también toda el área central del sector oceánico y costero de Mejillones al sur, registran diferencias negativas, pero que son menores a 0,1 (absoluto).



3.8 Densidad superficial

La densidad superficial (**Figura 23a**) presentó un estrecho rango de valores que va de 25,2 a 26,3 kg/m³, sin embargo hay un amplio predominio de valores entre 25,6 a 26 kg/m³. Las mayores densidades superficiales se ubicaron en el área norte de la zona, entre Arica y punta Junín, con densidades mayores a 25,6 kg/m³, como así también en el sector costero desde Mejillones al sur, con el máximo en el área de punta Plata al sur, donde se observaron las densidades mayores a 26 kg/m³. Las menores densidades se focalizaron en el área costera y oceánica entre Pisagua y caleta Chipana, donde se midieron valores menores a 25,6 kg/m³.

3.9 Profundidad de la isoterma de 15°C

La isoterma de 15°C (**Figura 23b**) presentó una profundidad máxima de 66 m, la que se ubicó a 60 mn frente a punta Copaca. La zona registró este valor de temperatura en la vertical sólo entre Arica y Mejillones, por lo que al sur de esta localidad, no hay distribución de esta variable. En el sector costero de las primeras 20 mn de Arica a Mejillones, las profundidades de esta isoterma fueron menores a 30 m, aumentando gradualmente hacia el oeste de la zona de estudio y alcanzando el máximo señalado en un delgado foco pegado al borde oeste entre punta Lobos y punta Copaca. El sector oceánico entre Arica y punta Lobos registró niveles de profundidad entre 30 y 50 m.

Las anomalías de esta variable (**Figura 23c**) estuvieron en un estrecho rango, -3 a 4m, por lo que toda la zona, con presencia de isoterma de 15°C, registra entonces valores menores a 10m tanto en valores negativos como positivos.



3.10 Capa de mezcla

La capa de mezcla (**CM**) en la zona (**Figura 24a**) tuvo un máximo de 38m en la estación de 20 mn frente a punta Ballenita. En general, la zona registra un rango de profundidades entre 0 y 10m, focalizándose niveles mayores entre Arica y punta Madrid, hasta 15m, y en el sector oceánico central frente a punta Ballenita donde se localizó el máximo señalado. Otro foco de valores > 15m es el ubicado en el sector costero entre punta caleta Errázuriz y punta Tres Picos.

3.11 Distribución superficial de oxígeno disuelto

La distribución de oxígeno disuelto (**OD**) superficial (**Figura 24b**) presentó un amplio rango de concentraciones comprendidas entre 2,6 y 8,3 mL/L, con un predominio de los > a 5 mL/L. En el sector oceánico, fluctuó entre 5 y 6,4 mL/L, observándose los > 6mL/L desde punta Arenas al sur. En el sector costero se apreciaron las mayores diferencias de concentraciones, con focos > 6 mL/L distribuidos entre Arica y Antofagasta, siendo el de mayor tamaño el ubicado entre punta Junín y punta Arenas, registrándose además en la primera de éstas localidades las mayores concentraciones del área de estudio > 7 mL/L. Por el contrario, los valores de **OD** < 5 mL/L del sector costero, se ubicaron en la primera milla de Arica y punta Madrid (< 4 mL/L), en Mejillones, entre las 10 y 40 mn de Antofagasta y en una estrecha franja, primeras 5 mn de rada Paposó al sur, registrándose en esta localidad la menor concentración de **OD** medida.

3.12 Profundidad de la isolínea de 1 mL/L

La profundidad de la isolínea de 1 mL/L (**Figura 24c**) que representa el límite superior de la capa de mínimo **OD**, presentó un rango que fluctuó entre 10 y 90 m,



sobrepasando el límite máximo de muestreo en algunas estaciones del sector sur. A lo largo de toda la zona de estudio, se observó un fuerte gradiente costero, el que se intensificó con el aumento de la profundidad hacia el sur. En el sector costero la profundidad mínima se registró en Arica, manteniéndose a < 30m en una franja entre Arica y punta Arenas, y en focos aislados en, Antofagasta y rada Paposo, para aumentar hasta cerca de los 60m en el extremo sur. En el sector oceánico la profundidad aumentó de 50m en Arica, a > 80m entre punta Lobos y punta Copaca, mientras que entre las 20 y 40 mn de Mejillones, entre las 20 y 60 mn de punta Tres Picos y el extremo sur, la profundidad superó los 100m. Por otro lado, elevaciones de la isolínea en el sector oceánico a < 60m se registraron en las 60 mn de rada Paposo, entre punta Madrid y punta Junín (< 30m) y en punta Lobos (< 40m).

3.13 Clorofila y feopigmentos superficiales

La clorofila-*a* (cloa) superficial del mes de septiembre (**Figura 25a**) presentó un rango de concentraciones que fluctuó entre 0,01 y 17,74 $\mu\text{g/L}$, este último valor registrado en la estación costera de punta Junín. Concentraciones superiores a 1 $\mu\text{g/L}$ se midieron en la mayor parte de la zona costera desde Arica a rada Paposo en al menos una estación, abarcando una extensión máxima hacia el oeste de 20 mn en Arica, punta Gruesa y Antofagasta. Aunque en Arica se registró un foco de bajas concentraciones costeras < 0,5 $\mu\text{g/L}$, punta Ballenita fue la única transecta con concentraciones < 1 $\mu\text{g/L}$. Dentro de la franja productiva (> 1 $\mu\text{g/L}$) se observaron tres focos muy próximos a la costa con valores > 5 $\mu\text{g/L}$, los que se ubicaron entre punta Madrid y punta Gruesa, en punta Copaca y en Antofagasta con focos que se extendieron hasta las 10 mn y máximos > 10 $\mu\text{g/L}$. Por otra parte hacia el sur, tres focos de valores > 1 $\mu\text{g/L}$, se detectaron fuera del sector costero, en las 60 mn de punta Tres Picos y rada Paposo y entre las 60 y



80 mn frente al puerto de Antofagasta. En el sector oceánico sólo en punta Copaca las concentraciones $< 0,2 \mu\text{g/L}$, se acercaron hasta las 40 mn, registrándose al norte y principalmente al sur de esta localidad una amplia cobertura de valores $> 0,5 \mu\text{g/L}$.

Los feopigmentos superficiales (feop) (**Figura 25b**) presentaron en la zona de estudio un amplio rango de concentraciones comprendido entre $0,06$ y $6,99 \mu\text{g/L}$. Este pigmento presentó tres sectores con concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$, entre Arica e Iquique, punta Copaca a Mejillones y en Antofagasta. El primero de estos focos fue el de mayor tamaño, alcanzando una extensión máxima de 20 mn en Arica, donde se observó un mínimo costero. En este foco, es donde se midieron las concentraciones máximas del crucero, $> 5 \mu\text{g/L}$, en las estaciones costeras entre **punta Madrid y punta Junín. En el sector oceánico los valores más bajos, $< 0,2 \mu\text{g/L}$** , se registraron entre punta Junín y punta Copaca, acercándose hasta las 5 mn frente a punta Arenas. En el resto de la zona los valores fluctuaron entre $0,31$ y $0,8 \mu\text{g/L}$.

3.14 Pigmentos integrados

La clorofila integrada (cloaint) (**Figura 25c**) presentó un rango de valores entre 3 y 610 mg/m^2 , los que mantuvieron un patrón similar al de la cloa superficial en la zona costera, con una larga franja de valores $> 100 \text{ mg/m}^2$ que abarcó desde punta Madrid hasta Antofagasta, dentro de la cual destacan dos focos de valores superiores a 300 mg/m^2 los que se ubicaron en punta Junín y Antofagasta, este último con el valor más alto. Los valores más bajos del sector costero $< 60 \text{ mg/m}^2$ se registraron en los extremos del área de estudio, en Arica por el norte y en el sector comprendido entre punta Tres Picos y punta Ballenita por el sur. En la zona oceánica se pudo observar que en general, a distancias superiores de 20 mn la



cloaint fue inferior a 40 mg/m^2 , salvo por un n3cleo desprendido de la costa con valores entre 80 y 100 mg/m^2 entre Antofagasta y punta Tres Picos, y un m3nimo $< 20 \text{ mg/m}^2$ en Arica y punta Copaca.

Los feopigmentos integrados (feopint) (**Figura 25d**) presentaron un patr3n similar a los pigmentos en superficie, con focos muy costeros. En esta oportunidad se registr3 un amplio rango de valores, entre 3 y 362 mg/m^2 . De este rango los valores superiores a 100 mg/m^2 se registraron entre punta Madrid y punta Jun3n, en punta Lobos y Antofagasta, donde adem3s se registr3 a 5 mn un foco con las concentraciones m3s altas de la zona prospectada. En el sector oce3nico los valores se mantuvieron cercanos a 20 mg/m^2 con un peque1o foco de 40 mg/m^2 entre 60 y 80 mn frente a Antofagasta.

3.15 Temperatura vertical

En las **Figuras 26 y 27** se presenta la distribuci3n de temperatura en la vertical. En ella se observa una capa de agua superficial c3lida entre las secciones de Arica a punta Hornos que supera los 16°C ocupando un espesor variable de hasta 40m en la secci3n de punta Madrid y Jun3n. Esta capa produce con las aguas m3s fr3as ubicadas a un nivel m3s subsuperficial una termoclina intensa que se ubica en general centrada en los 50m , as3 tambi3n esta capa de agua de mayor temperatura forma un gradiente t3rmico superficial con el agua fr3a de surgencia ubicada en el sector costero, ubic3ndose este gradiente en las primeras 10 mn de la costa. Desde la secci3n de bah3a Moreno al sur, con la ausencia de la capa superficial c3lida, tanto la termoclina como el gradiente t3rmico costero se debilitan notoriamente, especialmente esta 3ltima. Las secciones registran en el sector costero un notorio ascenso de las isotermas en los primeros 50m de profundidad, que muestra los procesos de afloramiento, excepto en las secciones



17 y 25 en que esto no se presenta y en la sección 21, donde ocurre sólo en las primeros 5 m y desde el nivel de 20m. Bajo el nivel de 10m, las isothermas se ubican en general paralelas a la superficie, sin embargo, desde la sección de punta Hornos al sur, la isoterma de 12°C registra cambios de nivel notorios como también una pendiente negativa de las isothermas desde el sector oceánico al costero.

3.16 Salinidad vertical

En las secciones verticales de salinidad (**Figuras 28 y 29**) se presentan claramente 3 núcleos de distinta salinidad, los que varían su distribución espacialmente en las distintas transectas. Es así, como en las secciones de Arica a punta Hornos en los primeros 50m superficiales se presenta un núcleo de máxima salinidad que disminuye en su tamaño y valores de norte a sur. En general ocupa el área oceánica pero no alcanza la costa excepto en las secciones de punta Lobos, punta Arenas y punta Copaca. Desde bahía Moreno al sur, este núcleo se presenta muy disminuido y ubicado principalmente hacia el sector más oeste de las secciones. Un núcleo de mínima salinidad se posiciona en forma destacada en la sección de punta Ballenita, donde abarca los primeros 150m de la columna y con salinidades mínimas de 34,3, disminuyendo de espesor y aumentando su salinidad hacia el norte, ubicándose además por debajo del núcleo superficial centrado entre los 50 y 100m. En las secciones de Arica y punta Madrid este núcleo está muy disminuido registrando salinidades de 34,7 a 34,8. Participa en la surgencia costera de las secciones de Arica a punta Gruesa. Finalmente, un núcleo subsuperficial de máxima salinidad se registra en todas las secciones, pero disminuye sus características de norte a sur, centrado en general en los 150m de profundidad. Este núcleo es el de mayor espesor de los tres en la columna de agua hasta los 500 m, con un máximo subsuperficial mayor a 34,8 en las secciones del extremo norte y mayor a 34,6 en el extremo sur, con un



máximo de 34,7 y 34,8 pero solo en las primeras 10 mn de la sección de punta Ballenita. Las aguas de este núcleo participan notoriamente en el afloramiento costero de las secciones de bahía Moreno al sur, como también en las secciones de Arica y punta Hornos.

3.17 Anomalías de temperatura y salinidad vertical

En la **Figura 30** se presenta la distribución vertical de temperatura y salinidad 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). En temperatura, las tres secciones muestran una capa superficial de los primeros 100m con anomalías negativas de temperatura. En el caso de las secciones de Arica y bahía Moreno estas llegan hasta $1,5^{\circ}C$ por debajo del promedio en los primeros 50m, con un máximo de $2^{\circ}C$ en la sección de Arica en un delgado núcleo entre las 10 y 40 mn de la costa. La sección de punta Lobos presenta anomalías negativas de menor magnitud pues el núcleo de -1 es más pequeño y se centra en las 60 mn. Así también se caracteriza esta sección por presentar anomalías positivas de hasta $+0,5$ en la costa y que abarcan los primeros 50m. Bajo el nivel de 100m las dos primeras secciones muestran anomalías negativas en general de hasta $-0,5$, sin embargo ambas tienen un núcleo de anomalías mayores, principalmente en punta Lobos y que se ubica pegado al fondo entre los 200 y 450m. En la tercera sección, bahía Moreno, las anomalías negativas forman un pequeño núcleo en el centro de la sección, quedando el resto de la columna de agua con valores positivos que no superan los $+0,5$, pero se presenta un núcleo de anomalías mayores a $0,5$ en los 350 m y entre las 60 y 80 mn con un máximo de $+1^{\circ}C$.

En la variable salinidad, las secciones de Arica y punta Lobos registran en los primeros 100m y entre la costa y las 80 mn, anomalías negativas en general



mayores a 0,1 (absoluto) y con un n3cleo que supera el valor de 0,2 (absoluto). Bajo el nivel de 100m las anomal3as de esta variable son tambi3n negativas, siendo en general mayores a 0,05 (absoluto). En la secci3n de punta Lobos se registra un m3ximo de anomal3a negativa de 0,1 que corresponde a la estaci3n de 20 mn. La secci3n de bah3a Moreno se destaca por registrar un n3cleo de valores positivos mayores a 0,05 a lo largo de toda la secci3n centrado en los 100m en el sector oce3nico pero que asciende hacia la superficie en la costa. Este n3cleo contiene dos n3cleos de menor tama3o pero que superan los 0,1. Bajo los 150m predominan anomal3as negativas de salinidad que no superan los 0,05 (absoluto).

3.18 Ox3geno vertical

La distribuci3n vertical de **OD** en las transectas perpendiculares a la costa se muestra en la **Figura 31**, en ellas se observan gradientes 3xicos bien definidos a lo largo de toda el 3rea de muestreo, isol3neas entre 1 y 5 mL/L, sin embargo la intensidad de 3stos vari3 seg3n el sector. En general tendieron a debilitarse tanto hacia el sector oce3nico como en sentido norte-sur, lo que fue m3s evidente desde bah3a Moreno a punta Ballenita. La profundizaci3n del gradiente hacia el sur, dio paso a una capa superficial bien oxigenada (> 5 mL/L) de mayor espesor y en los niveles profundos una profundizaci3n de la capa de m3nimo **OD**, no detect3ndose su l3mite superior en las 40 a 60 mn de punta Hornos y punta Tres Picos, y en las estaciones m3s oce3nicas de rada Paposos y punta Ballenita. N3cleos de concentraciones > 6 mL/L, se registraron casi en toda el 3rea de estudio, pero tuvieron mayor tama3o desde punta Arenas al norte, y en punta Ballenita en el sur, que present3 un n3cleo importante con un m3ximo > 7 mL/L. Otros n3cleos de similar concentraci3n, > 7 mL/L, se registraron en punta Madrid, punta Lobos y punta Jun3n donde se midieron los m3ximos del crucero.



Hacia la costa, principalmente dentro de las primeras 20 mn, se observó un claro ascenso de las isolíneas en todas las transectas, las que sin embargo solo interceptaron la superficie con concentraciones < 5 mL/L en punta Madrid, punta Hornos, rada Paposo y punta Ballenita. A pesar de lo anterior, en la mayor parte de las transectas se registró un aumento del **OD** en la estación costera, en los primeros 30m en punta Junín, punta Copaca y punta Hornos, dentro de los 10m en Arica, punta Lobos y bahía Moreno, y entre los 20 y 30m en punta Arenas, lo que produjo un descenso de las isolíneas hacia la primera milla.

3.19 Distribución vertical de Clorofila y Feopigmentos

La distribución vertical de cloa se presenta en la **Figura 32**. Este pigmento tuvo un rango total de concentraciones entre $< 0,2$ y $21\mu\text{g/L}$. En todas las transectas se registraron núcleos costeros de concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$ de distinto tamaño. Entre Arica y punta Hornos los núcleos productivos presentaron espesores máximos \leq a los 30m, mientras que en bahía Moreno y punta Tres Picos se extendieron hasta los 50m, y en las últimas dos transectas del sur, los núcleos tuvieron tamaños menores, 20m en rada Paposo y siendo a penas detectable en punta Ballenita. Estos núcleos costeros se extendieron en general dentro de las 10 mn alcanzando las 20 mn en Arica, punta Gruesa y bahía Moreno, mientras que en punta Arenas estuvo restringido a 1 mn. En cuanto a las concentraciones de cloa, en Arica el máximo superó los $2 \mu\text{g/L}$ y aunque valores $> 5 \mu\text{g/L}$ se registraron entre punta Madrid y bahía Moreno, los núcleos de mayor tamaño se observaron en punta Hornos, punta Copaca ($> 10 \mu\text{g/L}$) bahía Moreno ($> 20 \mu\text{g/L}$) y punta Junín ($> 20 \mu\text{g/L}$, el máximo del crucero).

En el sector oceánico resaltan núcleos subsuperficiales en las 40 mn de punta Gruesa y punta Lobos ($> 2 \mu\text{g/L}$) centrados en los 20m, más un pequeño núcleo



en los 30 m de rada Paposo y dos grandes núcleos con espesor de 50m, entre los 60 y 100 mn y entre los 40 y 60 mn de la transecta en bahía Moreno y punta Tres Picos, respectivamente. En general en cuanto a concentraciones y extensión del núcleo productivo, el sector más pobre fue punta Ballenita y el más rico bahía Moreno.

La distribución vertical de feop se presenta en la **Figura 33**. En general la concentración de feop fue inferior a la cloa, con un rango entre $< 0,2$ a $11,2 \mu\text{g/L}$. Núcleos costeros con concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$ de distinto tamaño se registraron desde Arica a bahía Moreno, registrándose valores máximos $> 0,5 \mu\text{g/L}$ desde punta Tres Picos al sur. Los núcleos $> 1 \mu\text{g/L}$ en su mayoría presentaron espesores entre los 10 y 30m, salvo por punta Lobos y bahía Moreno donde superaron los 50m y el de punta Arenas que fue de tamaño muy reducido. La extensión hacia el oeste de los núcleos, en general estuvo entre 5 y 10 mn, salvo en Arica, donde se ubicó entre las 10 y 20 mn y en punta Arenas que estuvo restringido a la primera milla. Las concentraciones más altas, $> 5 \mu\text{g/L}$, se registraron en punta Madrid y punta Junín. En el sector oceánico se detectó sólo un pequeño núcleo $> 1 \mu\text{g/L}$ en los 30m a 60 mn de punta Lobos.

3.20 Estimadores para clorofila integrada

Ambos estimadores presentan una tendencia similar en la estimación media de la clorofila, destacando el año 2008 con la mayor diferencia en las estimaciones entre ambos estimadores (**Cuadro 2**). El estimador geoestadístico presenta mayores coeficientes de variación, debido principalmente a que considera la distribución espacial del muestreo en la estimación, siendo mayor la variabilidad entre estaciones monitoreadas espacialmente. Al margen de lo anterior, en general ambos estimadores muestran que los años de mayores niveles de



abundancia de clorofila correspondieron al periodo 2005 y 2011, con un descenso relativo entre 2006 y 2009, siendo este 3ltimo a3o el de mayor pobreza pigmentaria de la serie.

Cuadro 2. Estimadores de raz3n y geoestadístico para la densidad media de la clorofila integrada. Períodos 2004-2011.

Año	n	Estimador Raz3n			Estimador Geoestadístico		
		Estimaci3n	Error Est.	Coef. Var.	Estimaci3n	Error Est.	Coef. Var.
2004	51	49.2	6.81	13.8 %	55.8	23.10	41.4 %
2005	46	83.3	13.42	16.1 %	83.0	20.87	25.1 %
2006	42	35.8	5.21	14.6 %	32.3	7.83	24.2 %
2007	81	39.1	3.73	9.5 %	37.0	5.60	15.2 %
2008	70	39.4	5.63	14.3 %	26.2	4.03	15.3 %
2009	82	24.6	2.74	11.1 %	19.6	3.16	16.1 %
2011	79	69.0	10.03	14.5 %	59.5	24.39	41.0 %

3.21 Informaci3n satelital

3.21.1 Temperatura superficial del mar satelital (TSM)

Durante las tres primeras semanas del crucero hubo una amplia cobertura de nubes en la mitad norte de la zona, y en gran parte de ella durante la cuarta semana del crucero (**Figura 34**). Las imágenes permiten observar un aumento gradual de las **TSM** entre la primera y la 3ltima semana, pues se observa en la primera imagen **TSM** de 14° a 16°C en el sector m3s costero desde el área sur a norte respectivamente, mientras que hacia la 3ltima semana se registraron valores de 15° a 18°C con un peque3o foco de **TSM** mayores a 19° en los 20°S. En particular, la primera semana muestra las menores **TSM** del periodo desde Mejillones al sur, con **TSM** < 14° y que se extienden tanto en el sector costero como oceánico. En la segunda semana hay un aumento de las **TSM** en el área sur. En la tercera semana, en el sector costero entre los 20° y 22°S se registraron



pequeños focos de TSM > 17°C, para finalmente aumentar en 1°C hacia la cuarta semana en forma generalizada en el área.

3.21.2 Concentración de Clorofila-a (cloa)

Al igual que la información de **TSM** satelital, la distribución de **cloa** durante el mes de agosto está muy limitada debido a la cobertura nubosa (**Figura 35**), principalmente en el sector oceánico todo el mes y más aun durante la cuarta semana de crucero. No obstante lo anterior, se aprecia en las cuatro semanas concentraciones altas de cloa (> 2 µg/L) en el borde más costero. En particular, la primera semana, muestra las mayores concentraciones entre los 20° y 22°S, como también un foco en el sector costero de Antofagasta. En el resto del sector costero, al sur de los 22°S, las concentraciones de cloa son mayores a 2 µg/L. La segunda semana muestra una extensión de los focos de cloa > 5 µg/L hacia el norte de la zona, manteniéndose los focos de cloa de 2 a 5 µg/L en las mismas áreas que la semana anterior. La tercera semana hay una disminución general de las cloa en el sector costero, descendiendo al rango 2 a 5 µg/L. La cuarta semana se caracteriza por una cobertura nubosa al sur de los 24°S, mientras que al norte la concentración de cloa disminuyó respecto a la semana anterior, principalmente entre los 20° y 22°S a valores cercanos a 1 µg/L. Debido a las nubes, el único foco de cloa relativamente altas (1 a 2 µg/L) es aquel que se aprecia frente a la península de Mejillones en la segunda semana.

3.21.3 Anomalía de nivel del mar

En las cuatro semanas hay un amplio predominio de anomalías negativas del nivel del mar (**ANM**), focalizándose las positivas en el área del borde noroeste y sur oeste de la zona, además de un pequeño foco centrado en los 22°S y 74°W (**Figura 36**). En general, las **ANM** negativas presentan su mínimo (absoluto) en la última semana



y éstas van aumentando en las semanas siguientes. Esto significa que los focos bien desarrollados, asociados a giros de tipo ciclónico se intensifican, permaneciendo relativamente constantes en posición, con un desplazamiento de los focos principales hacia el nor-oeste. Esta característica de predominio de anomalías negativas en la zona favorece los giros y las estructuras ciclónicas que determinaron un flujo hacia el sur en la costa entre los 18° y los 22°S en las tres primeras semanas, mientras que en la cuarta hay un flujo geostrófico hacia el norte en la misma área. El foco de anomalías negativas máximas, asociado al giro ciclónico más intenso, se presenta en el área oceánica centrada en los 19°S y 74°W. En lo que respecta a las **ANM** positivas, se registra un foco intenso que dura sólo las dos primeras semanas dentro de la zona de estudio y con **ANM** que superan los 5 cm, y aparentemente se desplaza hacia el oeste, ubicándose fuera de la zona. En el extremo sur de la zona, las anomalías positivas se ven intensas en las dos primeras semanas, con valores cercanos a 5 cm, y con la presencia de un giro anticiclónico centrado en los 25°S y 72°30'W, pero que se debilita y aparentemente se desplaza hacia el sur en las dos semanas siguientes.

3.22 Series de tiempo satelitales

3.22.1 Series de anomalía de temperatura superficial satelital

En la **Figura 37** se entrega en forma combinada el **MEI**, promedio de las **ATSM** en las bandas costeras y oceánicas y la serie de **ATSM** para ambas áreas entre los 18°S y 28°S desde 2002 a octubre de 2011. En la serie de anomalías se destacan dos periodos de **MEI** negativos como los más intensos, los que ocurrieron en los años 2007, con anomalías negativas de 1°C en el sector costero y 2°C en el oceánico, y 2010 con anomalías > 1°C en la costa y cercanas a 1°C en el sector oceánico.



Hay tambi3n dos periodos de **MEI** positivos. El primero en el a1o 2006 por cobertura espacial y temporal, con anomal3as positivas de **TSM** que se mantienen pr3cticamente todo el a1o con un pico en el primer semestre donde se registran **ATSM** mayores a 1°C. El segundo periodo c3lido en la zona norte se presenta en los a1os 2009-2010, donde hubo **ATSM** en general > 1°C en la costa y > 2°C en el sector oce3nico, principalmente entre los 18° y 21°S. En el periodo 2002-2006 se registr3 en general una situaci3n de **ATSM** variable, tanto negativa como positiva, pero que en general no supera el valor de 1°C de anomal3a, con algunas excepciones. El primer semestre de 2011, que registr3 condiciones “La Ni1a” d3bil en el sector intertropical como es mostrado por el **MEI**, se presentaron en la zona de estudio **ATSM** en general positivas, tanto en la costa como en el sector oce3nico, pero que no superaron el valor de 1°C, particularmente en abril-mayo. En el periodo de transici3n que comenz3 en mayo, indicado tambi3n por el **MEI**, como de igual forma en la reactivaci3n del periodo fr3o posterior, las **ATSM** variaron entre -0,5 y 0,5°C.

3.22.2 Serie de Clorofila satelital

En la **Figura 38** se entrega en forma combinada el **MEI**, la serie promedio de las clorofilas satelitales en la banda costera y la serie de cloa para el sector costero y oce3nico entre los 18° y 28°S. Seg3n lo observado en la serie anual de valores promedios de clorofila satelital para la banda de las primeras 20 mn, una fuerte fluctuaci3n se manifiesta desde los primeros a1os hasta finales de 2007, pasando a continuaci3n a un periodo de mayor estabilidad que dura hasta el t3rmino de la serie, octubre 2011, en el cual los valores promedio (longitudinal) costero fluct3an entorno al valor medio. En este sentido, desde el a1o 2008 se observa una clara tendencia de valores menores al promedio general de la serie costera. En



particular, todo el año 2010 y el primer semestre del 2011, registra lo indicado. En abril-mayo se observan valores de clorofila $> 12 \mu\text{g/L}$ en el sector costero de Arica a los 20°S , valor alto que indica una condición productiva, mientras que en el sector oceánico no se registran datos para el mismo momento. En el segundo semestre de 2011, y particularmente hacia el periodo del crucero, se ven incrementados los niveles de concentración de clorofila a lo largo de toda la zona, sin embargo es entre los 17°S y los 20°S , donde se observan los mayores incrementos superando niveles de $14 \mu\text{g/L}$.

3.23 Condiciones regionales

Desde el mes de agosto de 2011, todos los sectores Niño registran una intensificación de las anomalías negativas de **TSM** alcanzando valores cercanos a $-0,6^\circ\text{C}$ a fines de septiembre (**Figura 39**). En el mes de junio, las **ATSM** en los sectores Niño 3, 3.4 y 4 registraron las anomalías negativas menores, o incluso valores positivos. En el caso particular del sector Niño 1+2, cercano a la costa sudamericana, se registró anomalías positivas desde fines de enero.

El valor del índice Ecuatorial Multivariado (**MEI**) (**Figura 40a**) ha sido negativo desde el mes de junio de 2010, con un máximo negativo de $-2,02$ en septiembre de 2010. El **MEI** disminuyó sus anomalías negativas gradualmente hasta el mes de junio de 2011, alcanzando un valor de $-0,14$, sin embargo a partir de julio este índice ha incrementado sus valores negativos, siendo de $-0,7$ en septiembre. La serie de rangos del **MEI** (**Figura 40b**) señala que se pasó de una condición Niña fuerte que duró hasta mayo de 2011, a una fase neutra desde junio a agosto, pero que a partir de septiembre se observaron características frías “La Niña” de intensidad débil en la región ecuatorial, fortaleciéndose en el mes de septiembre.



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

4.1 Número de lances en muestreo de adultos

Los lances de pesca efectuados por las distintas embarcaciones que participaron en la recolección de los ejemplares de anchoveta fueron 87 en total, de éstos, 44 resultaron efectivos (**Tabla 9; Figura 15**).

4.2 Número de anchovetas muestreadas en cada lance

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

4.3 Distribución espacial de anchoveta

La distribución espacial adoptada por los ejemplares adultos de anchoveta durante el período de estudio, fue reducida, extendiéndose latitudinalmente desde el límite norte de la prospección (Arica) hasta caleta Paquica ($21^{\circ}56'S$) y desde las 3 hasta una distancia máxima de 46 mn.



Particularmente se detectó anchoveta en la zona de Iquique, en el sector comprendido entre Mejillones del norte ($19^{\circ}49'S$) a punta Blanca ($21^{\circ}15'S$), congregándose en este sector el 78,8% de los lances efectivos, el resto de los lances se concentraron al frente del puerto de Arica con un 10,6% y con el mismo porcentaje al norte de Tocopilla entre caleta Urcu a caleta Paquica (**Figura 15**).

4.4 Distribución de tamaños de ejemplares de anchoveta

La distribución de tallas de las hembras en el año 2011 presenta un rango amplio con moda entre 14,5 y 15 cm LT (**Figura 41**).

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 0,08 y 0,81 (**Tabla 10**) con un promedio de 0,51, una varianza igual a 0,00085 y un coeficiente de variación de 5,8%.

4.6 Peso promedio de hembras maduras

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



El peso promedio del cuerpo de las 30 primeras hembras maduras, fluctuó de 16,6 a 29,2 gramos (**Tabla 10**). El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 23,45 gramos, con una varianza de 0,316 y un coeficiente de variación de 2,4%.

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

El número de huevos por estadio de desarrollo, indicó una mayor representación en el estadio 2, 3 y 4, observándose una disminución paulatina a partir de este (**Figura 42**), situación normal respecto del promedio histórico en que el estadio 1 y 2 se encuentran sub-representados debido a su baja probabilidad de muestreo.

La distribución de huevos de anchoveta es muy amplia en comparación a años anteriores, con expansiones hacia el océano en las zonas extremas (Taltal y Arica) (**Figura 12**).

5.1 Asignación de edad a Huevos

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



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 **Tabla 4**.

Modelo Multinomial

El modelo probabil3stico multinomial utilizado para la dataci3n de huevos de anchoveta zona norte se entrega en **Figura 4 y Tabla 5**.

5.2 Estimaci3n de Po

En **Tabla 11** se entregan los resultados de las estimaciones de P_0 y Z seg3n las dos metodolog3as contenidas en los paquetes *eggs* y *eggsplore* de R. Para el "Modelo de Lo GLM" la desviaci3n est3ndar 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 est3ndar en 1,5 horas en el par3metro "Spawn.sig" dentro de "dep.m.control" en el paquete *eggs* de R. La producci3n diaria de huevos estimada para el modelo de Lo es de 49,65 huevos/0,05m²/d3a con un coeficiente de variaci3n de 0,19. En el modelo multinomial la estimaci3n es de 42,08 huevos/0,05m²/d3a con un coeficiente de variaci3n de 0,18. Ambos ajustes presentan una tasa de mortalidad significativa de 0,03 hora⁻¹.



Una vez ponderados por la proporción que es el área positiva respecto del área total, la producción diaria de huevos (**Figura 43**), muestra situaciones similares entre los modelos de datación utilizados para el año 2011. Ambos métodos entregan un fuerte repunte en comparación al año 2009.

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

Se analizaron 1.388 hembras, correspondientes a 41 lances provenientes de la Pesca de Investigación (**Tabla 12**).

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

6.1 Fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta

La distribución horaria de los estadios ováricos y FPO obtenidos en los proyectos del 2004 al 2009 de acuerdo a la metodología seguida por Claramunt *et al* (2007) se entrega en **Tabla 13** y es representada en la **Figura 44**. El ajuste de un modelo de distribución horaria de los FPO indica que en general puede ser tratada como una distribución normal, ya que si bien algunos estadios de FPO se ajustan mejor a un modelo tipo Gamma (i.e. Con cierta asimetría), la suma acumulada de los errores es menor para el modelo de tipo Normal (**Tabla 14**). La **figura 44** indica



que el estadio de n3cleo migrante (EMM 5) se manifiestan a partir de las 23:00 horas y muestra un decaimiento hacia horas de la tarde, que coinciden con el incremento de las hembras hidratadas, las que tienen un m3ximo hacia las 16:00 horas. Hay un claro pico en la incidencia de hembras con FPO I entre las 23:00 y 2:00 hrs. Esta moda de los FPO I se va desplazando en el tiempo en los FPO II; III y IV. La amplitud (Desviaci3n est3ndar) se incrementa en el estadio IV (**Figura 44 y Tabla 14**). La distribuci3n del estadio FPO V presenta una gran amplitud, indicando un posible sobrelapo con 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 entre las 6:00 y 10:00 horas, pero que corresponder3a al 2º d3a despu3s del desove. Al graficar las edades medias predichas por el ajuste del modelo normal (**Figura 45**) se observa claramente la progresi3n en el tiempo del estadio I al IV Del estadio V al VI se estabiliza y luego decae hacia el estadio VII. Esto 3ltimo ser3a evidencia que una alta proporci3n de los estadios V al VII provienen de una noche anterior de desove (*i.e.* edades superior a las 24 horas). Incluso un pequeña proporci3n del estadio IV, un 6,1% aprox. estimado seg3n ajuste (**Tabla 14**) y 6,5% observado (**Tabla 13**), provendr3a de la noche anterior de desove, esto es, las hembras con FPO IV capturadas entre las 18:00 PM y 2:00 h AM provendr3an de la noche anterior de desove (*i.e.* Tienen m3s de 24 horas), ya que en este lapso se est3 produciendo el desove (FPO I) y la degeneraci3n no es tan r3pida.

Para el a3o 2011, la distribuci3n horaria de los FPO muestra la misma tendencia que la obtenida para los a3os 2004 al 2009 (**Figura 44**). En donde los FPO del I al IV provendr3an de la misma noche de desove y por tanto se consideran pertenecientes al grupo de menores de 24 horas. Los FPO V a VII tendr3an una edad mayor a 24 h, sin embargo queda la duda si pueden corresponder al grupo de 24 a 48 h de edad, especialmente los FPO VII pueden corresponder a edades



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

Considerando a los estadios de Núcleo Migrante (EMM 5); Hidratado (EMM 6) y En Desove (EMM 7) como pertenecientes al grupo de desove que desovará dentro de las próximas 24 horas, la fracción desovante se estima en 0,263, con una varianza de 0,0006 y un coeficiente de variación de 9,1%. Considerando los FPO de I al IV (Excepto los estadios IV entre 18:00 y 2:00 AM) como correspondientes hembras que desovaron la noche anterior, es decir, con edades menores a 24 horas, la fracción diaria de hembras desovantes se estima en 0,283 con una varianza de 0,00067 y un coeficiente de variación de 9,1%. Al combinar ambas estimaciones para aumentar los grados de libertad, se estima una fracción diaria de hembras desovantes de 0,273, una varianza de 0,00028 y un coeficiente de variación de 6,1%.

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

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

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



En el ajuste de la fecundidad parcial en función del peso corporal, para las 37 hembras que efectivamente clasificaron microscópicamente como hidratadas (**Figura 46**) se utilizó el modelo de tipo lineal para los cálculos de fecundidad media poblacional. El modelo de tipo lineal es preferible debido a (Hunter et al. ,1985): 1) Explica mejor la variación que los curvilíneos; 2) sus coeficientes de regresión tienen significado biológico; 3) para la estimación de producción de huevos, la fecundidad de los ejemplares en los extremos (grandes y pequeños) no es tan crítica como en la de los rangos medios, los que son bien explicados por el modelo lineal simple.

$$\text{Fecundidad} = -1981,6 + 607,99 * (W)$$

$$n = 37$$

$$r^2 = 0,23$$

$$S_a = 3728,7$$

$$S_b = 190,8$$

$$S_{yx} = 2001,07$$

La regresión ajustada para el año 2011 predice fecundidades dentro del rango de la serie, (**Figura 47; Tabla 15 y 16**).

La fecundidad parcial promedio, utilizando el ajuste correspondiente a los del 2011 correspondiente a los 41 lances efectivos varió de 7420 a 14811 ovocitos por hembra (**Tabla 10**). La fecundidad media poblacional resulta de 11458 ovocitos, con una varianza de 304037 y un coeficiente de variación de 4,8%.



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

La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 795.056 ton, con una varianza de $5,1495E+10$ y un coeficiente de variación de 28,5%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 673.857 ton con una varianza de $3,3928E+10$ y un coeficiente de variación de 27,3% (**Tabla 17**). Estas diferencias se explican por los distintos ajustes de acuerdo a la datación de los huevos. Sin embargo, ambas estimaciones están dentro de las más altas de la serie (**Figura 48**). Esta biomasa también se ve influenciada por el hecho que el área de desove detectada en el año 2011 está dentro de las más altas de la serie histórica (**Figura 49**).

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

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

La cobertura espacial de la distribución geográfica de huevos, para las temporadas de invierno comprendida entre los años 1992-2011, se presenta en la **Figura 50**. De la misma manera, en las **Figuras 51 y 52** se observan las reparticiones espaciales de la temperatura y salinidad de igual período.



El año 1992, la cobertura geográfica de los huevos reportó regulares concentraciones. El foco que exhibió las mayores densidades se emplazó entre Pisagua e Iquique en las primeras 15 mn de la costa, en términos espaciales se puede visualizar que los mayores focos se encontraron asociados a los bordes internos que forman las isotermas de 15 y 16°C (**Figuras 51 y 53a**). En el caso de la salinidad, éstas registraron altos valores asociados al evento “El Niño”, incluso alcanzando los 35,5 psu al norte de Iquique (**Figura 52**). La asociación entre las variables muestra que los huevos se encuentran desde los 34,7 a 35,2 psu con una nítida predominancia en salinidades entre los 34,8 y 35 psu (**Figura 53b**).

En el período 1995-1996, los huevos exhibieron un bajo comportamiento territorial pero con focos que tuvieron mayores niveles de concentraciones; es así como es posible detectar núcleos muy densos que se localizaron entre Iquique y Tocopilla vinculados preferentemente a aguas de 14-16°C y a bordes de gradientes térmicos (**Figuras 51 y 53a**). En cuanto a las salinidades, se destaca el descenso de los registros, los cuales no superaron los 35,1 psu, situación por la cual los huevos de la especie tendieron a agruparse en un rango de salinidades más bajas de 34,3 a 34,9 psu, con una preferencia por los 34,5-34,7 psu (**Figura 53b**).

Para el 2007 se reportó una repartición espacial diferente que años precedentes con una distribución mucho más desplazada hacia el sur debido a los efectos del fenómeno ENOS, detectándose tres núcleos principales: el primero se localizó frente a Arica muy pegado a la costa; el segundo se ubicó frente a punta Lobos (latitud 21°S) a una distancia de 40-50 mn y es el más importante; y el tercero se situó entre Mejillones y Antofagasta (**Figura 50**). Por parte de la temperatura mostró un gran aumento debido al fenómeno ENOS, destacándose que el núcleo de mayor



densidad de huevos ésta relacionado con el borde costero de las aguas de 18-19°C (**Figura 51**), en este año los huevos se presentaron en un rango de 15-21°C, con una predilección por las temperaturas de 17-18°C (**Figura 53a**). De igual manera la salinidad experimentó un importante incremento, en este año los huevos se distribuyen en el rango 34,7-35,2 psu, y se relacionaron mayoritariamente a salinidades superiores a los 34,8 psu (**Figura 53b**).

En el período 1999-2001, la cobertura territorial de huevos disminuyó significativamente (a excepción del año 2000), sin embargo se detectaron núcleos de grandes densidades, un primer sector se extendió desde el sur de Iquique hasta las proximidades de Tocopilla en una zona que no sobrepasa las 25 mn de la costa; el segundo se observó a unas 50 mn frente a Tocopilla y el tercero se emplazó entre Mejillones-Antofagasta y se caracterizó por una altísima densidad de huevos (supera los 1.500 h/0,05m²) y por su cobertura netamente costera en las primeras 10-15 millas. Respecto a la relación con la temperatura se observó que el primer núcleo se encuentra en aguas surgentes en tanto que el último y más importante esta asociado a una masa de aguas frías de temperaturas de 13-14°C (**Figura 51**), en estos años los huevos se ubicaron entre los 12 y 17°C, sin embargo las más altas concentraciones se encuentran relacionadas con aguas de 15 y 16,9°C. En cuanto a las salinidades observadas, éstas decaen considerablemente y se ubican en el estrato 34,1-35,2 psu, a su vez, estos años la ocupación espacial de los huevos es muy baja, no obstante la baja cantidad de huevos de la especie, éstos se concentraron en el estrato 34,7-35,1 psu y se asociaron mayoritariamente a la moda de 34,7-34,89 psu (**Figura 52 y 53b**).

Entre los años 2002 y 2003 hubo un aumento en la extensión espacial de los huevos, especialmente se observó una gran cantidad de estaciones positivas en el año 2002, en este período se destacaron dos grandes focos: el primero se localiza al sur de Arica y se extiende incluso hasta el oeste de los 71°W, este foco



se caracterizó por presentar densidades intermedias y el segundo núcleo se ubica entre Iquique y el Loa y abarco un área de casi 1.000 mn^2 y logró densidades superiores a los $1.000 \text{ h}/0,05\text{m}^2$. En cuanto a su asociación con la temperatura, los núcleos se encontraron en aguas que fluctúan entre los 13 y 17°C y en sectores de gradientes térmicos relevantes (**Figura 51 y 53a**). Respecto a la salinidad, los huevos se localizaron en el estrato de $34,4$ - $35,2$ psu, con una nítida predilección por el estrato $34,7$ y $34,8$ psu, lo que es coincidente con lo expuesto en años anteriores (**Figura 52 y 53b**).

Durante los años 2004-2006, hubo un leve crecimiento en la cobertura geográfica de los huevos, en especial en el sector ubicado al norte de Iquique. En estos años, se observaron tres focos principales: el primero se localizó frente al puerto de Arica y es un foco oceánico que registra las mayores concentraciones con densidades superiores a los $1.000 \text{ h}/0,05\text{m}^2$ y que abarco aproximadamente 280 mn^2 ; el segundo centro se ubicó frente a Iquique en un sector muy costero que ésta restringido por el borde interno de las aguas surgentes de 15°C y cubre un área aproximada de 700 mn^2 ; por último el tercer núcleo se sitúo entre Pta. Lobos y Tocopilla y también ésta restringido por el borde interno de las aguas de 15°C , logra densidades superiores a los $500 \text{ h}/0,05\text{m}^2$ en un área aproximada de 800 mn^2 . En relación al temperatura, como se mencionó anteriormente, los núcleos principales quedaron 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 (**Figura 52 y 53b**).

En los años 2007-2009 se volvió a registrar una disminución geográfica de los huevos, siendo la menor de la serie analizada especialmente el año 2009, año en el cual solo se alcanzó un índice de ocupación (IOC) de solo un 10% del área



prospectada. En este período no se presentaron grandes densidades y solamente se obtuvieron buenos registros en el sector costero frente de Arica con registros superiores a los 500 h/0,05m² y que abarcaron un área de app 100 mn²; además se observaron focos relevantes entre Iquique y el río Loa en las primeras millas de la costa. En términos espaciales se pudo visualizar que los mayores focos estuvieron asociados a los bordes que forman las aguas de 15 y 16°C y a gradientes térmicos moderados.

En el año 2011, el índice de ocupación (IOC) reveló que los huevos se distribuyeron en un 60% del área prospectada, valor que indicó un gran incremento de la cobertura espacial respecto de los cruceros de los años 2007, 2008 y 2009, siendo uno de los mayores del período analizado (**Figura 50**). Al considerar las celdas positivas se apreció claramente que los huevos se presentaron mayoritariamente en categorías de bajas densidades. En este año no se presentaron grandes densidades y solamente se obtuvieron valores destacados en los sectores costeros frente de Arica y del río Loa. En términos geográficos se observó que las mayores densidades de huevos estuvieron asociadas a isotermas de 13 a 15°C, a isohalinas de 34,7-34,8 psu y a fuertes gradientes laterales.

9.2 Análisis de los Centros de Gravedad (CG)

El estudio de los **CG** exhibió que éstos mostraron variaciones interanuales importantes, sin embargo se visualizaron algunos patrones en ciertos años. Así en el año 1992, el CG se localizó frente a Iquique siendo ésta una de las posiciones más septentrional de todo el período, debido a que los focos de mayor abundancia se localizaron al norte de Iquique (**Figura 50 y 54**). Durante 1995 el CG sufrió una gran migración superando incluso la cuadra de Tocopilla, situándose en la posición más meridional de todo los años analizados, esto se



debi3 a que la repartici3n geogr3fica estuvo centrada mayoritariamente al sur de los 21°S no detect3ndose n3cleos 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 implic3 que el CG se ubic3 en una regi3n bastante oce3nica a unas 40 mn de la costa (**Figura 50 y 54**).

En 1997 debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS, los huevos varían de comportamiento espacial respecto del a3o anterior, este a3o se observ3 una distribuci3n mucho m3s desplazada hacia el sur, tal vez debido a los efectos del fen3meno de El Ni3o, por lo que el CG tambi3n se traslado en direcci3n sur y se emplaz3 frente a Tocopilla a unas 20 mn de la costa.

En el per3odo, 1999-2001 los CG se localizaron levemente al SW del r3o Loa, lo que es representativo de que en estos a3os las mayores agregaciones se registraron en los alrededores de Tocopilla o en Mejillones. En este per3odo se destac3 el a3o 2001 que present3 un CG muy costero emplazado a unas 6-7 mn de la costa, debido a que ese a3o los huevos se reportaron mayoritariamente en las primeras millas de la costa (**Figura 50 y 54**). Durante los a3os 2002-2003, los CG se posicionaron en la cercan3as del r3o Loa pero m3s corridos hacia el norte, en estos a3os los CG tambi3n 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 t3rmicos relevantes.



En los años 2004-2005, los CG migraron hacia sectores oceánicos a unas 40 mn de la costa debido principalmente a los focos emplazados frente al río Loa y Tocopilla los que están directamente relacionados con las grandes densidades que se registraron en esos lugares. En el año 2006 el CG se situó a unas 25 mn de la costa (al NW de Pta. Lobos) influenciado por las altas densidades que se presentaron en las proximidades del río Loa (**Figura 54**).

El 2007 debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento “La Niña”, los huevos cambian notablemente de comportamiento geográfico respecto de años precedentes, este año se observó una distribución mucho más desplazada hacia el norte, que es coincidente con aguas de 14 y 15°C, por lo que el CG también se trasladó en dirección norte y se situó frente a Pisagua a unas 30 mn de la costa. En tanto que en el 2008 el CG volvió a posicionarse en las cercanías del río Loa a unas 10 mn de la costa para que nuevamente el año 2009 el CG migrara fuertemente en dirección norte alcanzando Pisagua, debido a las altas concentraciones frente de Arica y a la virtual desaparición de huevos de la especie desde Tocopilla al sur. Además, pese a que los modelos anunciaron la llegada del fenómeno “ENOS”, la zona exhibió bajos valores de temperatura lo que beneficia el corrimiento hacia el norte del centro de gravedad.

Finalmente, en el año 2011 los huevos de la especie exhibieron una alta cobertura espacial y el CG exhibió un desplazamiento hacia el sur reportándose frente al río Loa a unas 30 mn de la costa lo que es concordante con las buenas concentraciones que se encontraron en el lugar en este crucero.



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

9.3.1 Análisis exploratorio de datos

En los años analizados, entre 1992 y 2011, se han monitoreado un total de 10 537 estaciones, de las cuales se registraron las variables predictoras, latitud, longitud, temperatura y salinidad superficial del mar, ésta última presenta para el año 1992 una gran cantidad de estaciones sin información (86% de un total de 542 estaciones; **Tabla 18**), hecho que repercute en el ajuste del modelo, por lo que este año se ha excluido del análisis. Además de las variables predictoras mencionadas se contabilizó el número de huevos y por consiguiente, la presencia o ausencia de éstos. Del total de estaciones analizadas, aproximadamente un 27% de éstas registró la presencia de huevos, observándose una densidad media por estación positiva del orden de 60 huevos/0,05 m² (**Tabla 19**).

En la **Tabla 19** se detalla por año el número de estaciones totales, el número de éstas con presencia y ausencia de huevos y la densidad media para las estaciones positivas y el total. En cuanto a la presencia de huevos, los años 2000, 2002 y el 2011 presentaron la mayor proporción de estaciones positivas con presencias por sobre el 40 %; mientras que el menor número de estaciones con presencia de huevos correspondió al año 2009, con solo un 5 %, disminución que representa 80 % respecto del promedio histórico (**Figura 55**).

Respecto a la densidad de huevos para las estaciones positivas, los mayores índices se registraron los años 2001 y 2009 con valores por sobre los 110 huevos/0,05 m², no obstante ambos años presentan las menores proporciones de estaciones positivas registradas. Se observa un aumento en la densidad media de huevos a partir del año 1999 y hasta el año 2006 en comparación con los años



anteriores y el 2007, donde se registraron densidades medias en torno a los 40 huevos/0,05 m². Los a1os 2003, 2005 y 2008 presentan las segundas mayores densidades medias con valores entre los 70 y 80 huevos/0,05 m² respectivamente. Los a1os 1999, 2000, 2002, 2004, 2006 y el 2011 presentan densidades medias que varían entre los 50 y 58 huevos/0,05 m² (**Figura 55, Tabla 19**).

La densidad media estimada para el total de estaciones presenta los menores registros en los a1os 1996, 2007 y 2009, los dos primeros a1os producto de existir una baja presencia de estaciones con huevos y menores densidades medias para las estaciones positivas y para el a1o 2009 solo debido a la baja proporci3n de estaciones con presencia de huevos. Similar a lo observado para las estaciones positivas, a partir del a1o 2000 y hasta el 2006 se observa un aumento en la densidad media con valores que fluctúan entre los 15 y 30 huevos/0,05 m². Las mayores densidades medias se registran los a1os 2000, 2002, 2005 y 2011 producto de una mayor proporci3n de estaciones con registro de huevos y densidades medias de moderadas a altas (**Figura 55, Tabla 19**).

Las estadísticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura superficial y salinidad superficial, junto a la variable de interés densidad de huevos se presentan en la **Tabla 20**. En los 16 a1os se cubri3 un área muy similar, que abarca latitudinalmente de los 18°23' y 26°3' S y longitudinalmente de los 70°5' y 72° 12' W. El a1o 1997 presenta la mayor temperatura superficial del mar promedio con 18°C, mientras que el a1o 2007 registro las menores temperaturas fluctuando entre los 12,4°C y 16°C con una media de 14°C. El a1o 2009 junto a los restantes a1os, registran una temperatura superficial del mar promedio en torno a los 16°C, con un rango de variaci3n máximo para el a1o 1995 de 7°C. Para la salinidad superficial del mar,



hist3ricamente se han observado promedios en el intervalo de los 34,66 y los 34,98 psu con un rango m3ximo de variaci3n de 1,4 psu el a3o 1999.

9.3.2 Modelamiento estadístico

El resultado del ajuste del modelo GAM se resume en la **Tabla 21**. El modelo de efectos principales de cuatro covariables (latitud, longitud, temperatura y salinidad superficial) y un factor correspondiente al a3o, fue significativo, con un porcentaje total de devianza explicada del 19%. Los predictores incorporados en el modelamiento de la densidad de huevos presentaron un comportamiento no-lineal (valores p significativos), donde las variables de posici3n, seguido de la salinidad, explican el 85% de la devianza explicada (**Tabla 21**). La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gr3ficamente a trav3s de los suavizadores splines en la **Figura 56**.

La funci3n suavizada para la latitud y longitud muestra que al sur de los 23° S y a longitudes este de los 71° W (estaciones cercanas a la costa), existe un efecto positivo sobre la densidad de huevos, indicando que el proceso de desove aparece vinculado al norte del 3rea de estudio y a una zona m3s costera que oce3nica. En relaci3n a la temperatura, se puede observar que temperaturas entre los 14° y 17° C tienen un efecto positivo sobre la densidad de huevos, mientras que por sobre 3ste 3ltimo valor el efecto es negativo. Cabe destacar que temperaturas fuera del intervalo de los 14° C y los 18° C, poseen una alta incertidumbre en la estimaci3n reflejada por las amplias bandas de confianza del suavizador. La variable salinidad (Sal) muestra una alta incertidumbre en el suavizador a salinidades inferiores a las 34,4 psu y superiores a los 35,3 psu, a consecuencia de la baja ocurrencia de estos valores, mientras que en 3ste intervalo no presenta un claro efecto sobre la densidad de huevos (**Figura 56 y 57**).



La contribución parcial del factor año indica que el periodo entre el 1993 al 2002, exceptuando el año 1999, y los años 2009 y 2010 se tuvo un efecto positivo en la densidad de huevos y mostrando un periodo de bajas densidades a partir del 2004 al 2008 y para el último año.

La contribución parcial del factor año indica que el 2011 así como los años 1997, 2000, 2002, 2004 y el 2005 se tuvo un efecto positivo en la densidad de huevos, coincidiendo con la mayoría de los años con una mayor probabilidad de éxito de encontrar estaciones positivas.

9.3.3 Distribución espacial de huevos de anchoveta asociada a variables oceanográficas

La distribución espacial de huevos de anchoveta se presenta en la **Figura 58**, para el período 1995-2011. De la misma manera, en las **Figuras 59 y 60** se observan las interpolaciones espaciales para la temperatura y salinidad. En el año 1995, altos niveles de concentración de huevos de anchoveta (> 50 huevos por 0.05m^2) estuvieron localizados entre Tocopilla y Antofagasta vinculados preferentemente a aguas de $14,8$ a $15,6^\circ\text{C}$, los que corresponde al cuantil de 25% y 75%. En cuanto a las salinidades, los valores estuvieron en el rango de los $34,59$ a $34,73$ psu. Posteriormente, en el año 1996 los huevos estuvieron concentrados entre Iquique y el río Loa, con temperaturas en el rango de los $15,0$ y $15,5^\circ\text{C}$ y salinidades que van desde los $34,71$ a $34,78$ psu. Se destaca un descenso en los rangos en los registros para la temperatura y la salinidad durante este periodo, agrupándose los huevos de la especie.

En el año 1997 se observó una distribución más desplazada hacia el sur debido al efecto del fenómeno el ENSO, desde los 21 hasta los $23,6^\circ\text{S}$, frente a punta Lobos en el extremo superior y en el inferior a la altura de Antofagasta (**Figura**



59). En cuanto a la temperatura, mostró un gran aumento debido a las condiciones cálidas, observándose un rango entre 17,2 a los 18,9°C (**Figura 60**). De igual manera la salinidad experimentó un importante incremento en los valores registrados, en este año los huevos se distribuyeron principalmente en el rango de los 34,9 a 35,0 psu (**Figura 61**). Durante el año 1999, posterior al fenómeno el ENSO, altas densidades de huevos de anchoveta estuvieron distribuidas principalmente entre Iquique y Tocopilla, con valores de temperatura mucho más bajos a los registrados en el año 1997, en el rango de los 15,8 a los 16,4°C, y con un rango mucho mas acotado para los valores de salinidad, los cuales fueron registrados entre los 34,8 y los 34,9 psu. La distribución espacial de los huevos de anchoveta durante el año 2000 fue muy similar a la registrada en el 1999, los focos de altas densidades estuvieron principalmente al sur de Iquique hasta Tocopilla, con valores de temperatura en el rango de los 15,8 a los 16,5°C y con valores de salinidades del orden de los 34,8 a los 34,9 psu. Sin embargo, durante el 2001 la distribución de huevos se desplaza más hacia el sur, abarcando desde Iquique hasta Mejillones. Además, tanto las temperaturas como las salinidades presentaron valores más acotados e inferiores a los registrado en el año anterior, principalmente los rango de las temperaturas fueron de los 15,0 a los 15,9°C, y para la salinidad fue de 34,7 a los 34,8 psu.

Durante el año 2002, la distribución de huevos estuvo más concentrada hacia el norte del área de estudio, entre los 21 a los 22,5°S. En cuanto a las variables ambientales estas presentaron valores superiores a los registrados durante el año 2001, con un rango que va desde los 15,9 a los 16,9°C para la temperatura y para la salinidad los valores estuvieron concentrados entre los 34,8 a los 34,9 psu. Sin embargo, durante el año 2003 la distribución espacial de huevos de anchoveta fue mucho más amplia, con registros que van desde bahía Pisagua hasta Mejillones. Esta distribución espacial más amplia de los huevos de anchoveta produjo que la temperatura también presentara valores más amplios, que van desde los 14,2 a



los 17,1°C. En cambio, la salinidad no presento valores tan amplios a los registrados en la temperatura, con un rango de 34,7 a los 35,0 psu. En el año 2004 fue casi similar a los años anteriores, con una distribución espacial entre Iquique y al sur de Tocopilla, con un rango en la temperatura entre los 15,2 y 16,6°C y un rango de 34,7 y 34,8 de psu para la salinidad. Al igual que el año 2004, los huevos de anchoveta durante el año 2005 presento la misma distribución espacial, entre Iquique y el sur de Tocopilla, en cambio, la temperatura presento valores diferentes a los registrados en el 2004, con un rango que va desde los 14,9 a los 16,9°C. La salinidad presento valores un poco más altos a los registrados en el año 2004, con un rango que va desde los 34,8 a los 35,1 psu.

En el año 2006, la distribución espacial de los huevos de anchoveta fue mas reducida y distribuida al norte de la zona de estudio, abarcando desde bahía Piragua hasta caleta Lobos, con temperaturas más elevadas, en el rango de los 16,1 a los 17,6°C y con salinidades que van desde los 34,8 a los 35,1 psu. Ya en el año 2007, la distribución espacial de huevos se concentro más al norte que el año 2006, en el rango que va desde los 18,8 a los 19,7°S, entre Arica e Iquique. Aunque los valores registrados para la temperatura presentaron un rango menor a lo esperado, con valores que van desde los 14,3 a los 15,1°C, debido principalmente al fenómeno de “La Niña”, donde los huevos de anchoveta cambian notablemente de comportamiento geográfico respecto de años precedentes. Para la salinidad, esta variable presento una variabilidad acotada, con un rango que va desde los 34,6 a los 34,7 psu. Después del evento “La Niña”, en el año 2008, la distribución espacial de huevos vuelve a presentar patrones similares a años normales, presentando un rango entre los 19,6 y los 21,5°S, entre bahía Pisagua y el río Loa, una distribución hacia el sur que el año anterior. La variable temperatura presento un rango que va desde los 15,9 a los 16,9°C y la salinidad presento un rango acotado que va desde los 34,8 a los 34,9 psu. Sin



embargo, durante el 2009, la distribución de los huevos de anchoveta vuelve a situarse hacia el norte de la zona de estudio, con un rango latitudinal que va desde los 18.5 hasta los 21.3°S, con temperaturas que presentaron un rango estrecho de variación, valores que oscilaron entre los 16,0 y los 16,2°C. Lo mismo sucedió para la variable salinidad, con valores que oscilaron entre los 34,8 a los 34,9 psu. Ya al final del periodo analizado, la distribución espacial de huevos de anchoveta presento un patrón normal, con una distribución más amplia que va desde Iquique hasta Mejillones, con valores de temperatura que oscilaron entre los 14,7 y los 16,7°C, y con valores similares a los observados el año anterior para la salinidad, entre los 34,8 y los 34,9 psu.

En los años analizados (excluyendo el año 1992) se han monitoreado un total de 1.458 estaciones, de las cuales se registraron las variables predictoras, año, latitud, longitud, estación, temperatura y salinidad superficial del mar. Del total de estaciones analizadas, aproximadamente un 27% de éstas registró la presencia de huevos, observándose una densidad media por estación positiva del orden de los 56 huevos por 0.05 m² (**Figura 62**). En cuanto a la presencia de huevos de anchoveta, los años 2000, 2002 y 2011 presentaron la mayor proporción de estaciones positivas con presencias por sobre el 40%; mientras que el número menor de estaciones con presencia de huevos correspondió al año 2009, con solo un 5%, siendo el promedio histórico de un 28% de estaciones positivas, lo cual corresponde a una caída del 81%. Respecto a la densidad de huevos para las estaciones positivas, los mayores índices se registraron los años 2001 y 2009 con valores de 124 y 114 huevos por 0.05m², respectivamente. Sin embargo, ambos años presentaron las menores proporciones de estaciones positivas. Durante los años 1996 hasta el 2002 se observó un aumento de la densidad media de huevos a partir de las estaciones totales, con una caída durante el año 2001. Posteriormente, desde el 2002 hasta el año 2009 se observa una tendencia a la disminución, con un pequeño aumento durante el 2008. Ya al final del periodo



analizado, se observa un aumento de la densidad media de huevos a partir de las estaciones totales, llegando a 20 huevos por 0.05m^2 , y una densidad media del orden de los 48 huevos para las estaciones positivas.

La densidad media estimada para el total de estaciones, presenta los menores registros en los años 1996, 2007 y 2009, los dos primeros años producto de existir una baja presencia de estaciones con huevos y menores densidades medias para las estaciones positivas y para el último año, solo debido a la baja proporción de estaciones con presencia de huevos. Similar a lo observado para las estaciones positivas, a partir del año 1999 y hasta el 2005, se observa un aumento en la densidad media con valores que fluctúan entre los 12 y 31 huevos/ 0.05m^2 , y disminuyendo hacia el último año.

Con respecto a la variabilidad longitudinal de la densidad media de los huevos de anchoveta, en las primeras diez millas náuticas de la costa se observaron las mayores densidades en casi todo el periodo analizado. En general, el patrón observado es a disminuir las densidades de huevos a medida que aumenta la distancia a la costa (**Figura 63**). Sin embargo, en los años 1996, 1997, 2000 y el 2007 se registraron los valores más bajos para el polígono que define las diez primeras millas náuticas. Y los valores más altos fueron observados para los años 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2008 y 2011. Por otra parte, más allá de las 30 a 40 millas náuticas de la costa (hacia la zona oceánica) se registraron valores elevados a intermedios en la densidad de huevos de anchoveta, incluso hubieron años en que estas densidades fueron mayores a las registradas en la zona costera, como fue el año 1996, 2000 y 2005.

El análisis de frecuencia para las variables densidad de huevos de anchoveta, la longitud, la temperatura y salinidad superficial del mar son presentadas en la **Figura 64**. La variable densidad de huevos presenta un típica distribución



Poisson, que corresponde a la ocurrencia de valores discretos que ocurre en la naturaleza como es el número de huevos durante un periodo definido de tiempo o en un área determinada, con la presencia de muchos valores cero y muy pocos valores altos. En cambio, la variable longitud presenta una distribución casi normal, con una pequeña simetría negativa hacia la derecha (**Figura 64b**), con un promedio en los 70.9°W y con el primer y tercer quintil observados en los 71.2°W y los 70.6°W, respectivamente. La temperatura presenta una distribución normal, con un promedio en los 16°C y el primer y tercer quintil observado en los 15.1 y 16.8°C, respectivamente (**Figura 64c**). En cuanto a la salinidad, presento una distribución normal, casi similar a la temperatura, con un valor promedio de 34.8 y el primer y tercer quintil fue observado en los 34,6 y los 34,9 psu, respectivamente (**Figura 64d**).

Al asignar la nueva variable polígono para la procedencia espacial de los huevos de anchoveta puede observarse las diferencias significativas que existen en el patrón temporal de la densidad de huevos para cada área paralela a la costa (**Figura 65**). Para algunas áreas, como aquellas que están cerca de la costa se observan patrones similares pero con diferentes escalas de variación. Sin embargo, aquellas áreas que están más alejada de la costa, muestran una mayor variabilidad temporal, con periodos que marcan una tendencia a la disminución como es el periodo que va desde el año 1999 al 2002, y una tendencia al aumento para el periodo que va desde el 2002 hasta el 2005, para posteriormente disminuir durante el periodo 2002 al 2009. Ya al final del periodo analizado, la tendencia de la densidad de huevos de anchoveta presenta un aumento en la gran mayoría de las áreas analizadas (**Figura 65**).

El resumen de los resultados de los ajustes de los modelos aditivos generalizados mixtos para cada configuración de modelo planteado es presentado en las **Tablas 22 y 23**. Los efectos principales de cuatro variables (fecha, latitud:longitud,



temperatura y salinidad) y una variable aleatoria (estación) para el modelo planteado (ec. 4) fue significativo. El mismo nivel de significancia fue estimado para el modelo modificado (ec. 5) que incorpora el patrón temporal para cada área generada paralela a la costa. Los predictores incorporados en el modelo (ec. 4) presentaron un comportamiento no-lineal, confirmado a través de la prueba F (**Tabla 22**). La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en la **Figura 66**. Se puede observar la existencia de un efecto positivo sobre la densidad de huevos para el periodo que va desde 1995 hasta el 2005. Posteriormente, se observó un efecto negativo en la densidad de huevos y al final de periodo analizado la tendencia se revierte con un fuerte aumento en el año 2011 (**Figura 66a**). El efecto suavizado para la interacción latitud y longitud muestra que se producen efectos positivos muy cercanos a la costa, ubicados principalmente al norte de los 19°S, otro foco en la latitud de los 21°S y el último en los 23°S (**Figura 66b**). Estos tres principales focos corresponden a zonas de máxima concentración de huevos de anchoveta, es decir el proceso de desove se vincula más a la zona costera que a la oceánica. En cuanto a las variables ambientales, la temperatura presenta una típica forma de domo, en donde los extremos se observan efectos negativos en la densidad de huevos y en la parte central los efectos tienden a ser positivos, entre los 15 y los 17°C (**Figura 66c**). En cambio, la salinidad presenta efectos en torno al cero para valores inferiores a los 35 psu, para valores superiores, el efecto en la densidad de huevos tienden a ser positivos (**Figura 66d**).

En la **Figura 67** se muestra las estimaciones de largo plazo suavizadas (efecto temporal) para cada área geográfica paralela a la costa (ec. 6), algunas de estas tendencias muestran similares patrones, como es el caso del área 3, 4, 5 y 6. En efecto, muchas de las tendencias tienen un máximo entre los años 2005 y 2006. Posteriormente, estas tendencias muestran una caída significativa en el año 2009, siendo la más pronunciada en el área 4. Sin embargo, en las áreas 1 y 2 el patrón



temporal muestra una tendencia creciente durante todo el periodo analizado. Aplicando este mismo procedimiento de modelación aplicado anteriormente para las variables ambientales, se obtienen las tendencias en el largo plazo para las variables ambientales (**Figura 68 y 69**). Para el caso de la temperatura (**Figura 68**), se observaron patrones similares para algunas áreas en particular, pero en general se ven algunas diferencias. En todas las áreas se observó claramente el efecto del fenómeno El Niño 1997, para posteriormente mostrar una tendencia decreciente hasta alcanzar el menor nivel entre los años 2006 y 2007, siendo estos años donde se registraron las temperaturas más frías del periodo analizado. Entre los años 2008 y 2009 se vuelve a registrar un máximo en las temperaturas, siendo más pronunciado para el área 1. Al final del periodo analizado, las temperaturas vuelven a disminuir, en general, para todas las áreas analizadas el patrón temporal indica una disminución de los valores registrados (**Figura 68**).

Para la salinidad (**Figura 69**), no se observaron patrones similares en las diferentes áreas como fue observado para la temperatura, sin embargo, en todas las áreas analizadas se registró el aumento de las salinidades durante el fenómeno El Niño 1997. Posteriormente, la tendencia de largo plazo en algunas áreas costeras tiende a aumentar durante el periodo 2000-2006 y en las áreas oceánicas la tendencia tiende a disminuir hasta alcanzar el menor nivel entre los años 2006 y 2007. Al final del periodo analizado, para todas las áreas analizadas la tendencia de largo plazo tiende a aumentar (**Figura 69**) inversamente a como lo hace la temperatura (**Figura 68**).

Las correlaciones de las tendencias de largo plazo registradas para las variables densidad de huevos de anchoveta, la temperatura y la salinidad superficial del mar son mostradas en la **Tabla 24**. Altas correlaciones negativas son observadas en las áreas cercanas a la costa para las variables densidad de huevos y la temperatura, es decir, cuando disminuye la temperatura la densidad de huevos



aumenta. Sin embargo, para las áreas oceánicas se observaron correlaciones positivas, en que ambas tendencias siguen un mismo patrón y en las áreas intermedias las correlaciones fueron bajas. Por el contrario, las correlaciones fueron bajas entre la densidad de huevos de anchoveta y la salinidad, salvo algunas áreas donde se observaron algunas correlaciones significativas como fue el caso del área 2 y 6.



VIII. DISCUSIÓN

La anchoveta se caracteriza por presentar un comportamiento reproductivo con una marcada estacionalidad. El patrón normal de la actividad reproductiva en la Zona Norte abarca 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 período de plena o de máxima actividad de desove en la Zona Norte se inicia durante las semanas de julio, y alcanza los mayores valores en el bimestre agosto-septiembre.

Según el seguimiento del IGS, la actividad presentó el descenso normal hacia otoño, sin embargo en este año se observó un periodo de baja actividad ovárica (reposo reproductivo relativo) que se prolongó inusualmente con IGS bajos hasta mediados de julio. A fines de julio, el indicador incrementó abruptamente señalando el inicio del evento reproductivo, pero con un IGS que se ubicó en el límite inferior de los registros reportados en años anteriores. En agosto y septiembre, el IGS se normalizó a niveles máximos históricos indicando la plena actividad de desove. En octubre, el IGS presentó una tendencia al descenso.

De acuerdo al análisis histológico, la anchoveta inició el periodo de máxima intensidad de desove (MID) a fines de julio e inicio de agosto, y se prolongó con IAD relativamente altos hasta la última semana de octubre, con máximos en agosto y en septiembre.



La permanencia de hembras en reposo durante las semanas de junio y julio señaló en este año una condición inusual de baja actividad ovárica que significó un retraso en el inicio del evento reproductivo principal, que se manifestó de manera abrupta a fines de julio y se mantiene hasta la última semana de octubre, respecto a lo observado en años anteriores para la anchoveta en la Zona Norte.

Un intenso evento frío “La Niña” 2010-2011 afectó a la región ecuatorial desde mediados de 2010 y finalizó el mes de junio de 2011, según indica el Índice Ecuatorial Multivariado (**MEI**) (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/rank.html>). En junio de 2011 la región ecuatorial entró rápidamente en una breve fase neutra (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_disc_jun2011/), que duró sólo hasta el mes de agosto e inmediatamente se desarrolló una nueva condición fría “La Niña” de intensidad débil a moderada que se mantuvo hasta abril de 2012 (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_disc_may2012/).

El evento frío 2010-2011 afectó a la zona norte de Chile sólo en el segundo semestre de 2010, con un máximo de anomalías de **TSM** negativas en los dos últimos meses de ese año. Lo anterior se puede señalar debido a que las series de tiempo de la anomalía de temperatura superficial del mar (ATSM) satelital para la zona (2002-2011) estuvieron dentro de un rango de variación que indica una condición normal a partir de febrero de 2011, incluso con una tendencia hacia una situación cálida (Reyes & Pizarro, 2011). Para el mes de abril y mayo de 2011, los resultados del crucero asociado al estudio de jurel en la misma zona norte señalaron una condición de normalidad desde el punto de vista de la distribución y valores de temperatura y salinidad superficial (Reyes, 2011).

Las mismas series de tiempo de **ATSM** satelital para la zona de estudio, mostraron que en agosto y septiembre de 2011, momento de realización del crucero MPH, hubo valores negativos cercanos a 1°C, principalmente en el sector



oceánico desde los 19° a 28°S de latitud. No obstante lo anterior, ya hacia el mes de diciembre, las **ATSM** obtenidas con datos de cruceo indicaron que tal condición había finalizado (Castillo *et al*, 2012).

De la distribución de **ATSM** con datos del cruceo MPH se desprende que hay un generalizado predominio de valores bajo el promedio que, si bien no son significativos ($<1^{\circ}\text{C}$ de diferencia), salvo algunos focos en el sector oceánico, muestran la tendencia hacia una situación ambiental fría en la zona. Así también, la distribución de la variable anomalía de salinidad superficial señala un claro predominio de valores negativos los que, a diferencia de las **ATSM**, son significativos pues están en el rango de 0,1 a 0,2 y abarcan un área amplia del sector oceánico. Las variables temperatura y salinidad, al estar bajo el promedio histórico, indican, por lo tanto, una menor participación de agua Subtropical en la capa superficial del océano en la zona de estudio, que sería característico de una situación fría por efectos regionales.

Cabe destacar que en la vertical se registró información contradictoria, por un lado las anomalías de la profundidad de la isoterma de 15°C permanecen dentro de un rango de normalidad ($< 10\text{ m}$), distribuyéndose tanto valores negativos como positivos de esta variable en toda la zona de estudio. Sin embargo, las secciones de Arica y punta Lobos, señalan por su parte anomalías de temperatura y salinidad de $-1,5^{\circ}\text{C}$ y $-0,2$, respectivamente, en algunos tramos de la sección dentro de los primeros 50 m superficiales, como así también en la sección de Mejillones pero sólo en la variable temperatura. Tal condición sugiere también una menor participación de agua subtropical (**AST**) que se ubica a nivel superficial en toda la zona de estudio. En la sección de Mejillones, por su parte, la presencia de anomalías positivas de salinidad $> 0,1$ asociadas a la ubicación vertical del núcleo de agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**) señalaría una mayor presencia de ésta masa de agua en la sección. En las otras dos secciones hacia el norte, los valores



pequeños de anomalía negativa en ambas variables no permiten concluir una menor presencia de **AESS** a ese mismo nivel. Por lo tanto, al menos en el área comprendida entre Arica a punta Lobos, se observan condiciones frías y de baja salinidad a nivel subsuperficial debido a una menor participación de **AST** (Blanco *et al.*, 2002).

En relación a la distribución del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto (**OD**) en los cruceros desde el año 2007, los años 2008 y 2009 fueron clasificados bajo una “condición local normal”, sin embargo éstos no tuvieron el mismo comportamiento en dicha variable. En este sentido, hubo en general una notoria menor profundidad en el año 2009 respecto del 2008, y no hubo una clara diferencia entre el año 2009, con los años fríos 2007 y 2011. Sólo el sector costero presenta una característica en la distribución de esta variable, que es una menor profundidad de este límite superior, tal como se observó en los años fríos de 2007 y 2011, en relación a los considerados años neutros. En el sector oceánico en cambio, aunque en el año 2008 se observa una tendencia general a una mayor profundidad en relación a los periodos fríos 2007 y 2011, esta tendencia no se aprecia en el año 2009. Por lo tanto, no habría un comportamiento del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto que sea claramente distinto entre periodos fríos y neutros, como si se ha observado en los periodos cálidos cuando este límite se profundiza notoriamente (Morales *et al.* 1999, Blanco *et al.*, 2002). En consecuencia, esta variable estaría fuertemente determinada por procesos locales y no regionales en las condiciones ambientales frías y neutras. Lo anterior tienen un sentido si el **AST** en los eventos “La Niña” fuera reemplazado por agua Subantártica (**ASA**), la cual también tiene altos valores de oxígeno disuelto (**OD**) y con ello no se altera mayormente la estructura vertical de esta variable.



La variable densidad superficial indica que procesos de surgencia débiles a moderados se presentaron durante el crucero desde Arica a Iquique y desde Antofagasta al sur, siendo particularmente esta última área, señalada como la de un máximo relativo de intensidad de surgencia dado que ésta, es la única zona del sector costero con valores de concentración de **OD** menores a 4 mL/L en superficie. De la carta de **OD** superficial se destacan los altos valores de oxígeno, > 5 mL/L, presentes en general en toda la zona de estudio, lo que indicaría una baja participación de agua Ecuatorial Subsuperficial en la mezcla aportada por los procesos de surgencia a la superficie. Sin embargo, en la columna de agua en el sector costero, la isolínea de 1 mL/L se ubicó a menos de 30 m, lo que muestra que el **AESS** se aproxima a niveles más someros y aporta nutrientes a la capa productiva. Esta distribución coincide con lo descrito para el periodo frío de 1996 (Morales *et al.*, 1999).

La capa de mezcla (**CM**) se caracterizó por ser delgada, en general con espesores menores a 10 m, lo que señalaría una baja acción del viento sobre la capa superficial. Cabe mencionar, sin embargo, que el crucero se puede realizar con condiciones de viento que no superen los 20 nudos. Es así como en el área al sur de Mejillones, se presentaron dificultades de operación del buque por esta situación, debiéndose suspender el muestreo en al menos 3 ocasiones, por lo tanto esto debe considerarse en la interpretación de los resultados obtenidos del espesor de la **CM**. Los mayores espesores de la **CM** de esta área son, en este sentido, coincidentes con el área de mayor turbulencia de la zona. Por otra parte, los datos de transporte Ekman (**TE**) con datos de crucero al sur de Mejillones y los de **TE** de la serie costera de Antofagasta, confirman que en la segunda quincena de agosto de 2011, se midieron los más altos valores de transporte, lo que a su vez se refleja en la distribución de las variables en aquella área y que muestra las mayores intensidades relativas de la surgencia.



El Índice de surgencia (**IS**) al sur de Mejillones del actual periodo de estudio, fue mayor al observado en el año 2007, momento en que la zona norte se encontraba con una intensa condición fría (-2 a -3°C). Lo mismo ocurre respecto del año 2009 en toda la zona. El año 2008, seguido del 2004 y 2005, son los que registran los más altos **IS** de los seis últimos cruceros MPH. Por lo tanto, el efecto del viento observado durante el actual crucero no sería el único factor del enfriamiento encontrado en la capa superficial de la zona, ya que los procesos de surgencia se presentan como los habituales, e incluso de una menor intensidad que en años anteriores señalados como bajo condiciones normales. La serie de viento costera mostrada como **TE**, por su parte, no señala que los vientos en las localidades de Iquique o Antofagasta, hayan tenido alguna intensidad mayor en igual periodo en los años anteriores, que diferencien este último año y que se presenten como posible causa local de la condición fría observada.

Entre las latitudes 20° y 22°S se presenta una intrusión de agua oceánica más cálida debido a la surgencia menos intensa y en particular entre los 21° y 22°S hubo un transporte débil hacia la costa, lo que se evidencia tanto por los vientos de la serie costera como por los datos de crucero. Esta intrusión de agua oceánica se reflejó en la distribución de cloa y feop en la transecta de punta Arenas, que presentó núcleos más cercanos al borde costero en comparación a las otras secciones.

La distribución de **TSM** satelital por semana mostró que durante todo el período de muestreo no se presentaron frentes térmicos costeros importantes a lo largo de la costa que evidencien procesos de surgencia de intensidad alta. En particular, las menores **TSM** de la zona de estudio y que fueron observadas desde Antofagasta al sur, ocurren sólo durante la primera semana de crucero, pero a lo largo del mes, se registra un aumento generalizado de las **TSM** tanto en esa área como en toda la zona, siendo más notorio desde Mejillones al norte hacia la



cuarta semana. La distribución de clorofila satelital es consistente con la baja intensidad de la surgencia, pues muestra aislados focos muy costeros de moderada a alta concentración del pigmento, principalmente las dos últimas semanas del mes. En estas imágenes se observa que en las dos primeras semanas se presentan los mayores focos de concentración $> 5 \mu\text{g/L}$ desde Iquique hasta Antofagasta. La cuarta semana es la de menor concentración de cloa de todo el período.

Las imágenes de anomalía de altura del mar satelitales, por su parte, registraron una baja variabilidad en estos procesos de mesoescala ya que hay una escasa variación de ubicación de los giros, con un amplio predominio de anomalías negativas todo el mes y donde en las tres primeras semanas se ve favorecido un transporte geostrofico hacia el sur en el sector costero de toda la zona. Las mayores concentraciones de cloa satelital en el sector oceánico, observados parcialmente en la segunda semana debido a la presencia de nubes, sería consecuencia del intenso giro ciclónico centrado en los 20°S y 74°W que aportaría agua subsuperficial, área que sin embargo queda al oeste de la zona abarcada por el crucero.

En general, las concentraciones pigmentarias discretas estuvieron altas, con valores mayores a $1 \mu\text{g/L}$, con núcleos costeros que rara vez sobrepasaron las 30 m de espesor desde la superficie. Sin embargo, en el área entre los 23° y 25°S , y especialmente en la sección de Antofagasta, las concentraciones fueron las mayores tanto a nivel superficial como subsuperficial, pues en ella se registró excepcionales valores del pigmento integrado que superaron los 500 mg/m^2 . Esta área recién señalada, que es donde se observaron los mayores valores de transporte Ekman, presentó una mayor extensión pigmentaria hacia el oeste, como también un mayor espesor del núcleo productivo en la columna de agua, alcanzando los 50 m.



La serie de cloaint de los cruceros MPH indica que los periodos más productivos han sido aquellos de 2004, 2005 y 2011, lo que está relacionado con valores $> 100 \text{ mg/m}^2$ ampliamente distribuidos en el sector costero a diferencia de los otros años donde estuvieron muy focalizados. Esto no se reflejó tan claramente en las imágenes de satélite que muestran un decrecimiento general de los pigmentos desde el año 2008 al 2010, pero con un leve aumento para el 2011.

Entre los años 2004 y 2011, la condición local en la zona norte de Chile al momento de la realización del crucero MPH ha fluctuado en general entre neutro y frío, dándose las mayores concentraciones de clorofila (datos de terreno) de la serie durante los cruceros de 2005 y 2011 con condición fría, y 2004 con condición neutra, pero con anomalías negativas no significativas. Lo anterior se relaciona que durante los periodos fríos en la zona norte se darían mejores condiciones para la proliferación fitoplanctónica debido a que, como se ha observado en periodos fríos “La Niña” frente al Perú, la nutriclina ha sido más somera originando con ello una mayor disponibilidad a los nutrientes (Graco *et al.*, 2007). Sin embargo, se ha observado que bajos condiciones frías locales más intensas aumenta también la turbulencia, desfavoreciendo la actividad biológica (Montecino *et al.*, 2006) originando concentraciones relativamente bajas de cloa. Es así como en el año 2007, cuando se dieron las mayores anomalías negativas de temperatura de la serie 2002-2011, las concentraciones de cloa del crucero MPH fueron en general bajas. En este mismo sentido, Montecino *et al.* (2006) indican que una mayor concentración de clorofila se da, en general, en periodos de transición más largos.

Durante la prospección se determinó la presencia de huevos de *E. ringens* en 292 estaciones de un total de 730 realizadas (40%), con una abundancia igual a $13.915 \text{ huevos/ } 0,05 \text{ m}^2$. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 48



ejemplares (DS = 135,5), cifra 58,3% menor respecto a la obtenida en invierno de 2009, período donde se detectaron más dispersos (DS = 288,9), situación que señala una importante y significativa actividad reproductiva en la zona de estudio. El área prospectada fue de 34.736 mn². El área de desove estimada correspondió a 15.771 mn², constituyéndose en la segunda de las más importantes después de la obtenida en invierno de 2002.

En relación a la intensidad y extensión espacial del desove, las densidades promedio por estaciones positivas y totales, muestran una situación diferente para ambos índices. Es así, como la intensidad del desove, experimentó con respecto al invierno de 2009, una importante disminución igual a 53%, exhibiendo la cobertura geográfica del desove un significativo incremento igual a 217%.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta Carrizalillo (26°00'S), y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 80 mn al oeste de punta Pinto (18°40'S), caleta Ligate (20°30'S), caleta Las Barrancas (23°30'S) y punta Tres Picos (24°20'S). En términos generales, la densidad promedio de las estaciones positivas por transecta para los huevos de anchoveta, tendió a disminuir de costa a mar afuera y de norte a sur.

Con respecto a la modalidad de postura, ésta fue costera, concentrándose más del 94% de los huevos de anchoveta dentro de las primeras 45 millas. En general, la distribución de huevos de anchoveta es muy amplia en comparación a años anteriores, con expansiones hacia el océano en las zonas extremas (Tal Tal y Arica). No obstante lo anterior, los focos de desove más importantes (>300 huevos/0,05m²) se localizaron en el sector costero frente a Arica e isla Alacrán, a 1mn frente a caleta Camarones, a 15 mn frente a caleta Chica (19°20'S), a 35 mn al oeste de caleta Yapes (20°40'S), a 1mn frente a punta Patache, punta Lobos,



punta Chileno y punta Arenas ($21^{\circ}40'S$), frente a bahía Moreno ($23^{\circ}40'S$) y punta grande Sur ($25^{\circ}10'S$), cuyas abundancias en conjunto representaron el 48% respecto del total de huevos de anchoveta cuantificados. El resto de los registros positivos exhibieron bajas abundancias, las que fluctuaron entre 1 y 292 huevos/ $0,05\text{ m}^2$. En este contexto, la estación con la densidad más importante (> 1.480 huevos), se localizó a 1 mn frente a isla Alacrán ($18^{\circ}30'S$).

En relación al número de huevos el invierno de 2011, presento un porcentaje de cambio igual a 196% con respecto al crucero MPH precedente, constituyéndose en el tercer registro más importante de la serie 1992 - 2011.

Al comparar los índices de biomasa desovante estimada con el método multinomial y Lo GLM y el índice de huevos, se aprecia que ambos indicadores siguen trayectorias similares, siendo mayor el ajuste con el modelo de Lo GLM, ya que si bien no es estadísticamente correcto en la asignación de edades, el modelo multinomial depende demasiado de factores asociados (abundancia de huevos, número de estaciones positivas, hora de los muestreos, hora pico de desove, desviación estándar del pico de desove etc.), y es justamente por esto, que no funciona muy bien en los años con bajas abundancias de huevos.

Los huevos de anchoveta se distribuyeron a lo largo de toda zona, principalmente a lo largo del sector costero, pero en algunas áreas se extendió hacia el sector oceánico más allá de las 60 mn, como ocurre frente a Arica, desde Iquique a punta Lobos y desde Antofagasta al sur.

La distribución de huevos en la zona parece estar asociada, principalmente, a los procesos de transporte, tanto para ubicarse en la costa como en el sector oceánico. Es así como en las áreas donde los huevos ocupan el sector oceánico



se dieron procesos de surgencia más intensos en comparación con el resto de la zona, lo que señala transporte superficial hacia el oeste.

En términos de las temperaturas a 10 m promedio del crucero, que son las utilizadas en los cálculos de edad de los huevos, el año 2011 se encuentra dentro de los años fríos, después del fuerte evento “La Niña” del 2007 (**Figura 70**). El área de desove presentó una distribución bastante amplia.

La frecuencia de desove de anchoveta estimada para el invierno de 2011 es muy similar a la encontrada durante el año 2007 y 2008. Sin embargo, se debe tener cautela al comparar con años previos ya que existen diferencias metodológicas importantes a partir del 2007, debido al avance que significa el establecer siete categorías de FPO. La sucesión de los estadios de degeneración de los FPO es un proceso continuo con un solapamiento entre los estadios contiguos, lo cual es indicador de la variabilidad natural en el proceso degenerativo y probablemente en la variabilidad de la hora de desove. De acuerdo a los resultados para anchoveta de la zona norte, los primeros cuatro estadios tienen una duración inferior a 24 h, lo que es coincidente con lo reportado por Alday *et al.* (2008) para *Engraulis encrasicolus*. Para los siguientes estadios se necesitaría adoptar ciertas asunciones para clasificarlas en cohortes de desove, debido al fuerte solapamiento de las distribuciones horarias de los estadios. Por tanto el uso de FPO menores a 24 horas (1 día) es más objetivo y confiable para la estimación de fracción desovante. Un avance durante este año es la utilización de los estadios de Núcleo Migrante (EMM 5), Hidratado (EMM 6) y En Desove (EMM 7) como pertenecientes a el grupo de hembras que desovarán dentro de las próximas 24 horas, por tanto se puede utilizar como otro estimado y combinarlos con el grupo de desove de la noche anterior (FPO I al IV).



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

Somarakis *et al* (2004) encuentra una relación lineal entre el área de desove y la biomasa desovante estimada, que en el caso de la zona norte de Chile también se verifica, mostrando sin embargo mayor dispersión. El año 2011 se encuentra dentro de la tendencia general (**Figura 71**). Esta relación implica un uso denso-dependiente del hábitat de desove por parte de la anchoveta, es decir, es probable que cuando la biomasa por unidad de área en la zona de desove excede cierto umbral, los peces tienden a esparcirse sobre una mayor área, para evitar interacciones intraespecíficas como competencia trófica y/o canibalismo de huevos (Somarakis *et al.*, 2004).

El coeficiente de variación asociada a la biomasa estimada es de las más bajas de la serie histórica, lo que se transmite desde la varianza asociada a la Producción diaria de huevos (P_o), producto de un número mayor de puntos para el ajuste, debido a un alto número de huevos distribuidos en una gran área.

Aún no se tiene una explicación para los cambios en la localización de las áreas de desove de la anchoveta de la zona norte. Las variables estudiadas hasta el momento (Temperatura, salinidad, oferta de alimento, profundidad de la



termoclina) no explican las zonas de desove. En otras palabras, para la zona norte aún no se tiene una explicación para las “preferencias” de las hembras por el hábitat de desove. Sin embargo, la extensión de las áreas de desove (en términos de millas náuticas cuadradas) presenta una estrecha relación con las capturas totales del año (**Figura 72**), estando el año 2011 en la tendencia general. Esta relación se explicaría por los cambios en las áreas de desove en función de la disponibilidad o abundancia de anchoveta en la zona norte, asumiendo que la captura total del año es un buen indicador de la abundancia/disponibilidad. Es decir, cuando la abundancia/disponibilidad es alta, la anchoveta tiende a desovar en una zona más amplia en comparación a años de menor abundancia/disponibilidad, lo que implica una utilización denso-dependiente del hábitat de desove por la anchoveta.

De manera general, se observó que los huevos de la especie mostraron un comportamiento espacial costero en que las mayores agregaciones se encuentran en las 10-15 primeras millas de la costa. No obstante lo anterior, algunos autores indican que en invierno las reparticiones espaciales del ictioplancton se encuentran en posiciones más oceánicas debido a una mayor cobertura territorial. En el presente crucero, los huevos de anchoveta presentaron una preferencia por las isotermas de 14 y 15°C, lo que difiere a lo mencionado por Braun *et al.*, (2008) 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. Asimismo, los principales focos del ictioplancton se asociaron a fuertes diferenciales térmicos, en este sentido Silva *et al.*, (2003) encontraron significativas relaciones entre la distribución espacio-temporal de los adultos de la especie con gradientes térmicos relevantes. Por otra parte, la distribución espacial de los últimos años indicó que existen dos sectores principales, el primero está localizado en los alrededores del puerto de Arica y tiene una baja extensión espacial y el segundo núcleo se ubicó en las proximidades de Punta Lobos. Cabe destacar que Pizarro *et al.*, (1998)



plantearon que la desembocadura del río Loa en las cercanías de Punta Lobos, es un sector de alta producción biológica y mencionan que frente a la desembocadura del río Loa en el norte de Chile, entre los 20°30'S-21°45'S, se han encontrado históricamente concentraciones importantes de huevos y larvas de la especie.

El patrón de distribución de los centros de gravedad indicó que se posicionaron mayoritariamente en las primeras millas de la costa, no obstante lo anterior, se apreció que entre el 2004-2007 los CG tienden a localizarse en sectores más oceánicos. Sin embargo, en los años 2008 y 2009 los CG vuelven a posicionarse en sectores costeros. En el año 2011, el CG vuelve a posicionarse en un sector más oceánico a unas 30 mn de la costa frente al río Loa. También es importante señalar que en el año 2007, debido a la influencia del evento “La Niña” el centro de gravedad se desplazó hacia el norte, lo que concuerda con Yáñez *et al.*, (1993) que al analizar la distribución de anchoveta y sardina española en la zona norte mencionaron un desplazamiento de las especies hacia el sur cuando la zona de estudio se ve influenciada por el evento ENOS.

Al emplear modelos aditivos generalizados quedó en evidencia la relación no lineal entre los factores de localización y oceanográficos y la presencia y densidad de huevos de anchoveta en la zona norte del país. El modelo propuesto permiten explicar una fracción de la variabilidad en los datos, vale decir existe una ganancia en el modelo que incorpora las covariables latitud, longitud, salinidad y temperatura superficial del mar frente a uno sin incorporar dichas variables explicatorias. No obstante el índice de calidad del ajuste, total de devianza explicada, en general es bajo, situación esperable debido a la alta variabilidad entre la variable modelada y sus covariables. Sin embargo y aún con niveles bajos de ajuste, el modelo desarrollado permite describir el comportamiento de la densidad de huevos en función de las covariables incorporadas en el análisis y



ratificadas por la significancia estadística, a demás de incorporar de forma conjunta en el modelamiento la densidad de huevos en las estaciones positivas y la presencia recurrente de estaciones con densidades cero.

El efecto de las funciones suavizadas indica que si bien el desove se produce en todo el rango latitudinal analizado, el área al norte de los 23°S presenta condiciones más favorables para la densidad de huevos. Respecto de la longitud, se observa que éste es un proceso costero, en efecto longitudes localizadas al este de los 71° W tienen un impacto positivo gradual en la densidad de huevos. En cuanto a las condiciones oceanográficas, temperaturas entre los 15° y 17°C presentan un efecto positivo sobre éstas; mientras que salinidades en el intervalo entre los 34,4 y los 35,3 psu no presentan un claro efecto sobre la densidad de huevos. Asimismo, el análisis integrado de los cruceros estacionales, indica que las mayores densidades medias correspondieron a los años 1997, 2000 2002, 2004, 2005 y el 2011, este último año con una muy alta proporción de estaciones con huevos, comparada con el promedio histórico.



IX. CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis histológico, la anchoveta inició el periodo de máxima intensidad de desove (MID) a fines de julio e inicios de agosto, y se prolongó con IAD relativamente altos hasta la última semana de octubre, con máximos en agosto y en septiembre.
- La permanencia de hembras en reposo durante las semanas de junio y julio señaló en este año una condición inusual de baja actividad ovárica que significó un retraso en el inicio del evento reproductivo principal, que se manifestó de manera abrupta a fines de julio y se mantiene hasta la última semana de octubre, respecto a lo observado en años anteriores para la anchoveta en la Zona Norte.
- El crucero MPH se realizó a comienzos del evento La Niña 2011-2012 que tuvo intensidad débil a moderada.
- La información oceanográfica y/o satelital señaló que la zona norte de Chile registró durante el período del crucero una condición fría y de baja salinidad que afectó tanto a la capa superficial como, al menos, los primeros 50 m de la columna de agua. La menor participación en la mezcla del agua Subtropical sería una consecuencia de la condición La Niña, lo que habría dado paso a una mayor participación de agua Subantártica (ASAA), pues la estructura de la distribución de oxígeno disuelto en la vertical no se vio modificada.



- De la comparación de la información actual con la de los cruceros MPH anteriores se desprende que la profundidad de la capa de mínimo de oxígeno disuelto no muestra un comportamiento que caracterice los periodos fríos, siendo determinada durante estos periodos, y los neutros, por procesos principalmente locales. La surgencia de observó de intensidad débil a moderada, estando las menores entre Iquique y Mejillones y las más intensas al sur de Antofagasta.
- La capa superficial registró altos valores de oxígeno disuelto (OD), consistente con la participación de ASAA excepto en las áreas de surgencia más intensa. Dado que los Indices de Surgencia del periodo de muestreo 2011 son menores que los registrados en períodos neutros anteriores es discutible si el viento, como forzante local, no sería un factor del enfriamiento y de la baja salinidad que es observada en esta oportunidad en la zona. Los giros de mesoescala tuvieron una escasa variación de ubicación y un amplio predominio de anomalías negativas durante el periodo de muestreo.
- En lo que respecta a clorofila, las concentraciones pigmentarias discretas fueron en general altas. El área de Antofagasta tuvo las mayores concentraciones del pigmento integrado y notoriamente un mayor espesor del núcleo productivo. Comparativamente, los periodos más productivos, desde el punto de vista de la clorofila integrada, han sido los años 2004, 2005 y 2011 los que se corresponden con condiciones neutras y frías débiles.



- La distribución de huevos de anchoveta es muy amplia en comparación a años anteriores, con expansiones hacia el océano en las zonas extremas (Tal Tal y Arica)
- Se determinó la presencia de huevos de *E. ringens* en 292 estaciones de un total de 730 realizadas (40%), con una abundancia igual a 13.915 huevos/ 0,05 m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 48 ejemplares (DS = 135,5), cifra 58,3% menor respecto a la obtenida en invierno de 2009, período donde se detectaron más dispersos (DS = 288,9), situación que señala una importante y significativa actividad reproductiva en la zona de estudio.
- El área prospectada fue de 34.736 mn². El área de desove estimada correspondió a 15.771 mn², constituyéndose en la segunda de las más importantes después de la obtenida en invierno de 2002.
- La intensidad del desove, experimentó con respecto al invierno de 2009, una importante disminución igual a 53%, exhibiendo la cobertura geográfica del desove un significativo incremento igual a 217%.
- El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta Carrizalillo (26°00´S), y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 80 mn al oeste de punta Pinto (18°40´S), caleta Ligate (20°30´S), caleta Las Barrancas (23°30´S) y punta Tres Picos (24°20´S).



- En términos generales, la densidad promedio de las estaciones positivas por transecta para los huevos de anchoveta, tendió a disminuir de costa a mar afuera y de norte a sur.
- Con respecto a la modalidad de postura, ésta fue costera, concentrándose más del 94% de los huevos de anchoveta dentro de las primeras 45 millas.
- La distribución de huevos de anchoveta es muy amplia en comparación a años anteriores, con expansiones hacia el océano en las zonas extremas (Tal Tal y Arica). No obstante lo anterior, los focos de desove más importantes (>300 huevos/0,05m²) se localizaron en el sector costero frente a Arica e isla Alacrán, a 1mn frente a caleta Camarones, a 15 mn frente a caleta Chica (19°20´S), a 35 mn al oeste de caleta Yapes (20°40´S), a 1mn frente a punta Patache, punta Lobos, punta Chileno y punta Arenas (21°40´S), frente a bahía Moreno (23°40´S) y punta grande Sur (25°10´S).
- En relación al número de huevos el invierno de 2011, presento un porcentaje de cambio igual a 196% con respecto al crucero MPH precedente, constituyéndose en el tercer registro más importante de la serie 1992 - 2011.
- La producción diaria de huevos estimada para el modelo de Lo es de 49,65 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 19%. En el modelo multinomial la estimación es de 42,08 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 18%.



- El análisis histológico de los ovarios indicó que el 100% de las hembras se encontraban activas. El comportamiento reproductivo de la anchoveta evidencia que el Crucero se efectuó durante el máximo proceso de desove.
- Combinando el grupo de hembras que desovaré dentro de las próximas 24 horas, con el grupo de desove de la noche anterior, la fracción diaria de hembras desovantes se estima en 0,27 con una varianza de 0,00028 y un coeficiente de variación de 6,1%.
- La fecundidad media poblacional resulta de 11458 ovocitos, con una varianza de 304037 y un coeficiente de variación de 4,8%.
- La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó un promedio de 0,51, una varianza igual a 0,00085 y un coeficiente de variación de 5,8%.
- El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 23,45 gramos, con una varianza de 0,316 y un coeficiente de variación de 2,4%.
- La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 795.056 ton, con una varianza de 5,1495E+10 y un coeficiente de variación de 28,5%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 673.857 ton con una varianza de 3,3928E+10 y un coeficiente de variación de 27,3%.



X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alday, A; A. Uriarte; M. Santos; I. Martín; A. Martínez and L. Motos. 2008. Degeneration of postovulatory follicles of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). *Scientia marina* 72(3): 565-575.
- Alheit, J. V.H. Alarcón and B. J. Macewicz. 1984. Spawning frequency and sex ratio in the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. *CalCOFI Rep.*. Vol. XXV, 1984.
- Alheit, J. 1988. Reproductive biology of sprat (*Sprattus sprattus*): factors determining annual egg production. *Journal de Conseil International pour l'Exploration de la Mer*. 44:162-168.
- Armstrong, M., A., P. Shelton; I. Hampton; G. Jolly; and y. Melo. 1988. Egg production estimates of anchovy biomass in the southern Benguela system. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 29: 137-157.
- Ayon, P. Y B. Buitron. 1997. Estimación de la biomasa desovante del stock norte-centro de la anchoveta por "el Método de Producción de Huevos", durante el invierno 1996. En *Crucero de Evaluación de la Biomasa Desovante de la Anchoveta*. BIC Humboldt 9608-09. IMARPE-PERU. CEE-VECEP ALA 92/43. Informe N° 123. 13-19
- 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. 2006. Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage, *Scientia marine*, 70S2, 105-122.
- Bellido, J.M., G.J. Pierce & J. Wang. 2001. Modelling intra-annual variation in abundance of squid *Loligo forbesi* in Scottish waters using generalised additive models. *Fisheries Research* 52: 23-39.
- 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.
- 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., Stratoudakis, Y., Coombs, S., Angelico, M., Lago de Lanzos, A., Porteiro, C., Sagarminaga, Y., Santos, M., Uriarte, A., Cunha, E., Valdez, L. and Borchers, D. 2007a. Sardine spawning of the European Atlantic coast: Characterization of and spatio-temporal variability in spawning habitat. *Progress in Oceanography*, 74: 210-227.
- Bernal, M., Ibaibarriaga, L., Lago de Lanzos, A., Lonergan, M., Hernández, C., Franco, C., Rasines, I., Valdes, L. and Borchers, D. 2007b. Using multinomial models to analyse data from sardine egg incubation experiments; a review of advances in fish egg incubation analysis techniques. *ICES Journal of Marine Science* (advance access). doi:10.1093/icesjms/fsm164
- 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 hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. *J. Geophys. Res.*, 106, C6, 11451-11467.
- Blanco J. L., M. Carr, A. Thomas and P. Strub, 2002. Hydrographic conditions off northern Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño events. *J. Geophys. Res.*, 107, C3.
- 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 bioceanográficas 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 FIP N°2004-04, Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 154 p + Tablas, figuras y anexo.
- Braun, M., V. Valenzuela, H. Reyes, M. Pizarro, J. Letelier, G. Claramunt, E. Díaz, G. Herrera, J. Sánchez, J. Saavedra y V. Catasti. 2008. Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2007 Informe Final FIP N° 2007-01. Instituto de Fomento Pesquero. 156 pág + Tablas y Figuras. Valparaíso.
- Breslow, N.E. & D.G. Clayton. 1993. Approximate inference in generalized linear mixed models. *J. Am. Statist. Ass.*, 88: 9-25.



- Cañón, J. R. 1986. Variabilidad ambiental en relación con la pesquería pelágica de la zona norte de Chile. In: “La pesca en Chile”, P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso: 195 – 205.
- Carpenter, J. H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. And Oceanogr.*, 10: 141-143.
- Castillo, J. y O. Guzmán. 1985. Variaciones de la distribución espacial de la sardina española y jurel durante El Niño 1982-83. *Invest. Pesq. (Chile)*, 32: 79-93.
- Castillo J., F. Leiva, H. Reyes, B. Leiva y C. Lang. 2012. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2012. Informe de avance Proyecto SUBPESCA. Inst., Fom., Pesq., Valparaíso, Chile
- Claramunt, G.; G. Herrera y P. Pizarro. 1994. Producción potencial anual de huevos por tallas en *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) del norte de Chile. *Rev. Biol. Mar.* 29(2):211-233.
- Claramunt, G., G. Herrera, J. Pizarro, P. Pizarro, R. Escribano, M. Oliva, A. Olivares, C. Guerra y A. Zuleta. 1996. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el “Método de Producción de Huevos” en la I y II Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 95-01. Fondo de Investigación Pesquera. Universidad “Arturo Prat” Iquique. 49p+anexos.



- Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Pizarro, J., Escribano, E., Oliva, M., Olivares, A., Guerra, C., Zuleta, A. 1997. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de la producción de huevos en la I y II Regiones. Informe Final FIP 96-01. Informes Técnicos FIP – IT/96-01,75 p.
- Claramunt G., L Cubillos, M. Braun, R. Serra, M. Canales, J. Sánchez, A. Flores, P. Moreno, K. Riquelme, C. Castillo, C. Valero. 2007. Mejoramiento del método de producción diaria de huevos aplicado en pelágicos pequeños. Informe Final FIP. 233 pág.
- Claramunt, G., L. Cubillos, M. Braun, R. Serra, M. Canales, J. Sánchez, A. Flores, P. Moreno, K. Riquelme, C. Castillo y C. Valero. 2007. Mejoramiento del método de producción diaria de huevos aplicado en pelágicos pequeños. Informe final FIP N° 2006-38.
- Cochran, W.G. 1977. Sampling techniques. 3rd edition. Wiley and Sons. New-York, 413 p.
- Córdova J., F. Leiva, Leiva, H. Reyes & R. Bahamonde. 2011. Evaluación hidroacústica de jurel entre la XV y III regiones, año 2011. Informe de Avance Proyecto FIP 2011-06. Inst., Fom., Pesq., Valparaíso, Chile.
- Cressie, N.A.C. 1991. Statistics for spatial data. John Wiley & Sons. New York, 920p.
- Cubillos, L., Castro, L., Oyarzún, C. 2005. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004. Informe Final FIP 2004-03.



- Ducet, N., P.Y. Le Traon, & G. Reverdin. 2000. Global high-resolution mapping of ocean circulation from TOPEX/Poseidon and ERs-1 and -2, J. Geophys. Res., 105, 19,477–19,498.
- Eastman, J.R. 1997. IDRISI for windows: User's Guide, Version 2.0. Clark University, Worcester, MA, USA, 346 pp.
- Eastman, J. R., 2003. IDRISI Kilimanjaro. Guide to GIS and Image Processing. Clark Labs, Clark University. Worcester, Massachussets. 01610. USA. 396 pp.
- Eilers, P.H.C., Marx, B.D. 1996. Flexible smoothing with B-splines and penalties (with discussion). Statistical Science 11:89-121.
- Flores, A.; G. Claramunt y L. Castro. 2008. Fecundidad y tamaño de ovocitos de *Engraulis ringens* de la zona norte de Chile. ¿Efecto de La Niña?. XXVIII Congreso de Ciencias del Mar, Viña del mar, Chile. p. 135
- Frontier, S. 1966. Zooplancton de la región Nosy-Bé I (Programa des recortes et techniques d'étude. II). Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cahorstom (Oceanog.), 4(3):3-37.
- García, M. 1993. Fluctuaciones ambientales y su relación con pesquerías pelágicas del Pacífico suroriental. Tesis para optar al título de Ingeniero Pesquero, Esc. Cs. del Mar, UCV. Valparaíso. 104 pp.
- Goovaerts, P. 1997. Geostatistics for Natural Resources Evaluation (Applied Geostatistics Series). Oxford University Press. New York.



- Graco M., J. Ledesma, G. Flores y M. Girón. 2007. Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú Rev. Peru Biol. 14(1): 117-128.
- Hansen, R., W. Madow, y W. Huwitz. 1954. Sample survey methods and theory. Vol.I and II.Methods and applications. J. Wiley and Sons. 564 p.
- Hastie, T. J. and Tibshirani, R.J. 1990. Generalized Additive Models, Chapman & Hall, London.
- Hormazábal, 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.
- Hormazábal, 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. 1985. Preservation of northern anchovy in formaldehyde solution. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 63-65.
- Hunter, J.R. and B.J. Macewicz. 1985. Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin: Vol 83 N° 2. 119-136.
- Hunter, J. R. and 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. Leon. 1981. The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin, U.S. 79(2):215-230.
- Hunter, J.R. & B.J. Macewicz. 1985. Measurement of Spawning frequency in Multiple Spawning Fishes. *In: An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern Anchovy, Engraulis mordax*. R. Lasker (Ed), NOAA-NMFS, Tech. Rep., 36: 79-94.
- Hunter, J.R., N. Lo and R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. *In: An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern Anchovy, Engraulis mordax*. R. Lasker (Ed), NOAA-NMFS, Tech. Rep., 36: 67-77.
- Ihaka, R and Gentleman, R. 1996. R: A language for data analysis and graphics. Journal of Computational and Graphical Statistics. 5:299-314.
- Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura & S. W. Wright. 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: methods. Monographs on Oceanographic Methodology. SCOR and UNESCO.
- Krzanowski, W. 1998. An Introduction to Statistical Modelling. Arnold, London.
- Lin, X. & Zhang, D. 1999. Inference in generalized additive mixed models by using smoothing splines. *J. R. Statist. Soc.*, 61: Part 2, 381-400.
- Lo, N.C.H. 1997. Empirical analyses of the precision of regression estimates of daily egg production and egg mortality of pelagic fish for daily egg production method. *Ozanografika*. 2: 71-89.



- Lo, N. 1985. A model for temperature – dependent northern anchovy egg development an automatic procedure for the assignment of egg to staged eggs. NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 43 – 50.
- Lohrenz, S. E., D. Wiesenburg, I. P. Depalma, K. S. Jhonson y D. E. Gustafson, Jr. 1988. Interrelationships among primary production, chlorophyll, and environmental conditions in frontal regions of the western Mediterranean Sea. Deep-Sea. Res. 35(5):793-810.
- Macewicz, B. J.; J.J. Castro; C. E. Coteró and J.R.Hunter. 1996. Adult reproductive parameters of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. CALCOFI-REP, 1996, vol 37, pp. 140-151.
- Macewicz, B.J. and J.R.Hunter, 1993. Spawning frequency and fecundity of Jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 34: 112-121.
- Maravelias, C.D., D.G. Reid, E.J. Simmonds, and J.Haralabous. 1996. Spatial analysis and mapping of acoustic survey data in the presence of high local variability: geostatistical application to North Sea herring (*Clupea harengus*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53: 1497-1505.
- Maundre, M.N. & A.E. Punt. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fisheries Research 70: 141–159.



- McCullagh, P. And Nelder, J.A. 1989. Generalized Linear Models (2nd Edition), Chapman & Hall, London.
- Microimages. 1997. TNTmipsThe Map & Image Processing System 5.8, User's Guide and Technical References. MicroImages, Inc, Nebraska, USA.
- Martínez, C., L. Caballero, M.G. Böhm, J. Oliva, R. Gili, V. Bocic, P. Barría y R. Serra. 1992. Diagnóstico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1991. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. Chile. 51 p.
- Martínez, C., U. Parker, L. Caballero, M.G. Böhm, J. Oliva, S. Peña, R. Gili, H. Hidalgo, V. Fernández, P. Barría y R. Serra. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1992. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. 135 p.
- Martínez. C., L. Caballero, U. Parker, M.G. Böhm, J. Oliva, V. Fernández, S. Peña, R. Pili, H. Hidalgo, P. Barría, R. Serra y M. Nilo.1994. Diagnóstico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. Chile 135 p.
- Martínez, C, L. Caballero, U. Parker, M.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 1994. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. Chile. 135 p.



- Miranda, A., Cal, R.M. and 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.
- Montecino C., M. A. Paredes, P. Paploni & J. Rutlant. 2006. Revisiting chlorophyll data along the coast in north-central Chile, considering multistate environmental variability. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 213-223.
- Morales, C.E., S. Hormazábal y J.L., Blanco. 1999. Interannual variability in the mesoescala distribution of the depth of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18-24S): Implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. *Journal of Marine Research* 57, 909-932.
- Motos, L. 1994. Estimación de la biomasa desovante de la población de anchoa del golfo de Viscaya, *Engraulis encrasicolus*, a partir de su producción de huevos. Bases metodológicas y aplicación. PhD Thesis, Leioa, Spain.
- 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.
- NODC. 1991. Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National oceanographic data Center. NOAA. USA.



- Oliva, J., M. Braun, J. Córdova, J. Castillo, V. Cataste, V. Valenzuela, O. Rojas, J. Blanco y C. Martínez. 2000. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II regiones 1999. Instituto de fomento pesquero. Informe final. Proyecto FIP 99-10. 134 p.
- Oliva J., M. Braun, O. Rojas, J. Castillo y J. Blanco. 1998. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones (1997). Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 97-01. 133 p + figuras y tablas.
- Oliva J., C. Montenegro, M. Braun, O. Rojas, E. Díaz, V. Catasti, H. Reyes, P. Barría, R. Serra, G. Claramunt, G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, R. Escribano y M. Oliva. 2001. Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2000. Instituto de Fomento Pesquero. Preinforme final. FIP N° 2000-06. 116 p + anexos.
- Oliva, J. H. Reyes, V. Baros, E. Díaz, C. Montenegro, V. Catasti, G. Claramunt, G. Herrera, J. Pizarro, P. Pizarro y S. Soto. 2003. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2002. Instituto de Fomento Pesquero. Informe final. FIP N° 2002-10. 87 p + anexos.
- Oliva, J., H. Reyes, V. Baros, E. Díaz, C. Montenegro, V. Catasti, G. Claramunt, G. Herrera, J. Pizarro, P. Pizarro y S. Soto. 2003. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2002. Informe Final Proyecto FIP N° 2002-10. Instituto de Fomento Pesquero. 89 pág. + Tablas y Figuras. Valparaíso.



- Oliva J., J. Barañados y M. Tirado. 1989. Determinación de la fecundidad y frecuencia del desove de la sardina (*Sardinops sagax*), 1986. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número Especial): 341-348.
- Oliva J., 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. Díaz, C. Montenegro, V. Catasti, G. Claramunt, G. Herrera, J. Pizarro, P. Pizarro y S. Soto. 2003. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2002. Instituto de Fomento Pesquero. Preinforme final. FIP N° 2002-10. 87 p + anexos.
- Parker, R.L., Rice, J.A. 1985. Discussion on “some aspects of the spline smoothing approach to nonparametric regression curve fitting” (by B.W. Silverman). Royal Statistical Society Series B 47:40-42.
- 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.
- Picquelle, S.J. and G. Stauffer. 1985. Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. In: R. Lasker (ed.), *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax**. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 7-15.
- 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.
- Petitgas, P. 1991. Contributions géostatistiques a la biologie des pêchesmaritimes. Thèse de doctorat, Centre de Géostatistique, Fontainebleau, 211 pp.
- Pizarro J., W. Palma y Claudio Flores. 1998. Validación de la hipótesis de mortalidad por inanición en larvas de *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (Pisces: Engraulidae), utilizando el criterio histológico en un área de surgencia costera en el norte de Chile. En: *Invest. Mar.*, Valparaíso, 26: 97-108.
- Reddy, R., V. Lyne, R. Gay, A. Easton y S. Clarke. 1995. An application of satellite-derived sea surface temperatures to southern bluefin tuna and albacore off Tasmania, Australia. *Sci. Mar.*, 59 (3-4): 445-454.



- Reyes, H.. 2011. Oceanografía física y química. En: Evaluación hidroacústica de jurel entre la XV y III Regiones, año 2011. Informe Final Proyecto FIP 2011-06. Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile.
- Reyes H. y M. Pizarro. 2011. Condiciones hidrográficas, distribución y abundancia de clorofila en la zona norte de Chile en primavera de 2010. En: Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2011. Pre-Informe Final Proyecto FIP 2010-13. Inst. Fom.Pesq., Valparaíso, Chile.
- Reynolds, R. 1982. A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Techival Report NNS-31, National Metereological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- Rivoirard, J. Simmonds. J; Foote, K G. Fernandes, P. Bez, N. 2000.Geostatistics for estimating fish Abundance. Blackwell Science.
- Roa-Ureta, R. & E. Niklitschek. 2007. Biomass estimation from surveys with likelihood-based geostatistics. ICES J. Mar. Sci. 64: 1723-1734.
- 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 Oceanográfico de Chile. (18°21'S – 50°00'S). Volumen I. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. 234 pág.



- Rojas, O. y J. Oliva. 1993. Evaluación del stock desovante de anchoveta de la zona norte por el método de producción de huevos. Programa evaluación directa de recursos pelágicos de la zona norte. IFOP (Chile), 37 pp. + anexos.
- Sánchez, R., M. Pajaro AND G. Macchi. 1996. The application of the daily egg production method to the assessment of the SW Atlantic anchovy (*Engraulis anchoita*) spawning biomass off Argentina. International Council for the exploration of the Sea. Pelagic Fish Committee, CM 1996/h: 29 p.
- Santander, H., J. Alheit y P. Smith. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana *Engraulis ringens* en 1981 por aplicación del Método de producción de huevos. Bol. IMARPE 8(6): 213-248.
- Santander, H., P. E. Smith y J. Alheit. 1982. Determinación del esfuerzo de muestreo requerido para el estimado de producción de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente al Perú. Bol. Inst. Mar. Perú, Callao. 7(1):16p.
- Seabird. 2004. Manual de Proceso de datos de CTD Sea Bird. http://www.seabird.com/pdf_documents/manuals/SBEDataProcessing_5.32a.pdf
- Selman, K. and R. Wallace. 1989. Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. Zoological Science. 6: 211-231.



- Sepúlveda, A., L. Cubillos, S. Núñez, T. Canales, D. Bucarey, A. Rojas, J. Oliva, P. Barría, E. Díaz, V. Baros y H. Miranda. 2000. Antecedentes biológicos del stock desovante de anchoveta y sardina común de la V a IX Regiones. Informe Final FIP 97-04. Informes Técnicas FIP-IT/97-04, 199p.
- Serra, J.R. 1976. Escalas de madurez sexual para sardina española (*Sardinops sagax musica*), y jurel (*Trachurus murphyi*). Investigación Pesquera IFOP (24), 20 págs.
- Seber, G.H.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Hafner Press, N.Y. 506 p.
- 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.



- Smith, P.E. and Hewitt, R.P. 1985. Sea survey design and analysis for an egg production method of anchovy biomass assessment. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 17-26.
- Smith, P.E. y S.L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO, Doc. Téc. Pesca (175):107p.
- 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.
- Soto, S. 2001. Tasa de desarrollo de huevos de *Engraulis ringens* Jenyns en función de la temperatura. Tesis para optar al título de Biologo Pesquero. Universidad Arturo Prat, Iquique.
- 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, 1981. Background papers and supporting data on the International Ecuation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- Wahva, G. 1980. Splines bases, regularization and generalized cross validation for solving approximation problems with large quantities of noisy data. In: Cheney, W. (Ed.) *Approximation Theory III.* Academic Press, New York.
- Wallace, R. and k. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21:325-343.



- Wood, S.N. 2002. Modelling and smoothing parameter estimation with multiple quadratic penalties. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 62:413-428.
- Wood, S.N. 2003. Thin plate regression splines. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 62: 95-114.
- Wood, S.N., 2006. *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. CRC/Chapman & Hall, 416pp.
- Yamamoto, K. and H. Yoshioka. 1964. Rhythm of development in the oocyte of the medaka, *Oryzias latipes*. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 15: 5-19.
- Yáñez, E., A. 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.
- Yáñez E.; C. Canales; M. A. Barbieri; A. González y V. Catasti. 1993. Estandarización del esfuerzo de pesca y distribución espacial e interanual de la CPUE de anchoveta y sardina en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. En: *Invest. Mar., Valparaíso*, 21: 111-132.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A. & Smith, G.M. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Statistics for Biology and Health. Springer.



XI. BASE DE DATOS FIP N° 2011-08

La estructura de las bases de datos, con toda la informaci3n b3sica que se obtuvo durante la ejecuci3n del crucero correspondiente al proyecto FIP 2011 – 08, “Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II regiones, a±o 2011” se encuentra almacenada en registros magn3ticos en formato Excel. 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 realizadas durante el crucero se encuentran en el siguiente archivo: **CRUCE542.XLS**, cuyo formato de codificaci3n de datos meteorol3gicos corresponde a una modificaci3n del formato **NODC**. El siguiente formato est3 compuesto por registros de identificaci3n, meteorol3gicos y registros de informaci3n de profundidad, temperatura, salinidad, densidad (como sigma-t), ox3geno disuelto (de sensor), fluorescencia *in vivo* (de sensor), ox3geno disuelto (discreto Winkler), clorofila-a (discreta) y feopigmentos (discreto):



a) definición de las columnas en el archivo y unidades

Columna	descripción	Unidades
Crucero	número de crucero de IFOP	
país	país	
buque	nombre del buque	
n° Est	número de la estación	
lat(g)	latitud grados Sur	
lat(m)	minutos de latitud	
long(g)	longitud grados Oeste	
long(m)	minutos de longitud	
Año	año	
Mes	mes	
día	día	
Hora	hora local	
Minuto	minuto de la hora	
Profeco	profundidad de ecosonda	metros
Dir Olas	dirección de las olas	grados
Olasalt	altura de olas ver códigos	
Olasper	período olas ver codigos	
Dir Viento	dirección del viento	grados
int Viento	velocidad del viento	nudos
Pres atmof	presión barométrica	milibar
T seco	Temp del Aire (bulbo seco)	°C
% hum rel	Humedad relativa (%)	
Tiempo Pres	tiempo presente	ver códigos
Tipo nube	tipo de nubes observadas	ver códigos
Cant nube	cantidad de nubes	ver códigos
visibilidad	visibilidad	ver códigos
profundidad	profundidad del dato	metros



Columna	descripci3n	Unidades
Temperatura.	temperatura del agua	°C
Salinidad	salinidad del agua	psu
Sigmat	densidad del agua	sigma-t (kg/m ³)
Oxig sensor	ox3geno disuelto de sensor	mL/L
Fluor	Fluorescencia <i>in vivo</i>	volt
OxigW	Ox3geno disuelto discreto Winkler	mL/L
Cloa	Clorofila-a discreta	µg/L
Feop	feopigmentos discreto	µg/L

Observaciones:

C3digos de datos meteorol3gicos en la siguiente hoja.



Códigos de datos meteorológicos

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

ALTURA DE LA OLA DOMINANTE	
CODIGO	Altura en metros
X	X altura no determinada
0	0 a 0.25 m
1	0.25 a 0.75 m
2	0.75 a 1.25 m
3	1.25 a 1.75 m
4	1.75 a 2.25 m
5	2.25 a 2.75 m
6	2.75 a 3.25 m
7	3.25 a 3.75 m
8	3.75 a 4.25 m
9	> 4.25 m

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

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

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

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

OTROS	
Direcciones viento y olas = (en grados verdaderos)	
Intensidad del viento = en nudos (calma=0)	
Cantidad de nubes = de 0 a 8 partes 9 = no observable o no observado.	



2. Datos huevos de anchoveta

La informaci3n asociada a huevos de anchoveta de cada una de las estaciones oceanogr3ficas realizadas durante el crucero se encuentran en el siguiente archivo: **Final huevos 2011.xls**, cuyo formato est3 compuesto por registros de informaci3n de distancia de la costa, fecha y hora de recolecta, temperatura de 10°C, latitud, longitud y n3mero de huevos por estadio de desarrollo.

a) definici3n de las columnas en el archivo y unidades

Columna	descripci3n	Unidades
N° Est.	n3mero de estaci3n	
Dist Costa	distancia de la costa millas n3uticas	
Fecha	d3a, mes, a3o	
Hora	hora, minutos	
T-10m	temperatura 10m de profundidad	Grados celsius
latitud	latitud	decimales
longitud	longitud	decimales
I	N3mero de huevos en estadio I	
II	N3mero de huevos en estadio II	
III	N3mero de huevos en estadio III	
IV	N3mero de huevos en estadio IV	
V	N3mero de huevos en estadio V	
VI	N3mero de huevos en estadio VI	
VII	N3mero de huevos en estadio VII	
VIII	N3mero de huevos en estadio VIII	
IX	N3mero de huevos en estadio IX	
X	N3mero de huevos en estadio X	
XI	N3mero de huevos en estadio XI	
Total Huevos		



3. Datos Adultos de anchoveta

La informaci3n asociada al m3dulo adultos de anchoveta de cada lance de pesca realizado durante el crucero se encuentran en el siguiente archivo: **Adultos MPH 2011.xls**, cuyo formato de registros de informaci3n se detalla a continuaci3n:

HEMBRAS

PAM	Pesquero Alta Mar
MES	Mes del Lance
DIA	Día del Lance
HORA	Horas del lance
Hora fracci3n	Hora y fracci3n de hora
LANCE	Número de lance correlativo
Orden	Número de hembra en el lance
LT	Longitud Total (cm)
PT	Peso Total (g)
PG	Peso ovario (g)
EMMI	Estado Madurez Microsc3pico (Histología) numérico
DIAGN3STICO	Estado Madurez Microsc3pico (Histología) descripci3n
FPO	Folículo Postovulatorio (Estadio del 1 al 7). 999 = Sin FPO

PROPORCION SEXUAL

PAM	Pesquero Alta Mar
MES	Mes del lance
DIA	Día del lance
HORA	Hora del lance
Hora fracci3n	Hora y fracci3n de hora
LANCE	Número de lance correlativo
Orden	Número de hembra en el lance
LT	Longitud Total (cm)
PT	Peso Total (g)
SEXO	1 = Macho; 2 = Hembra

FIGURAS

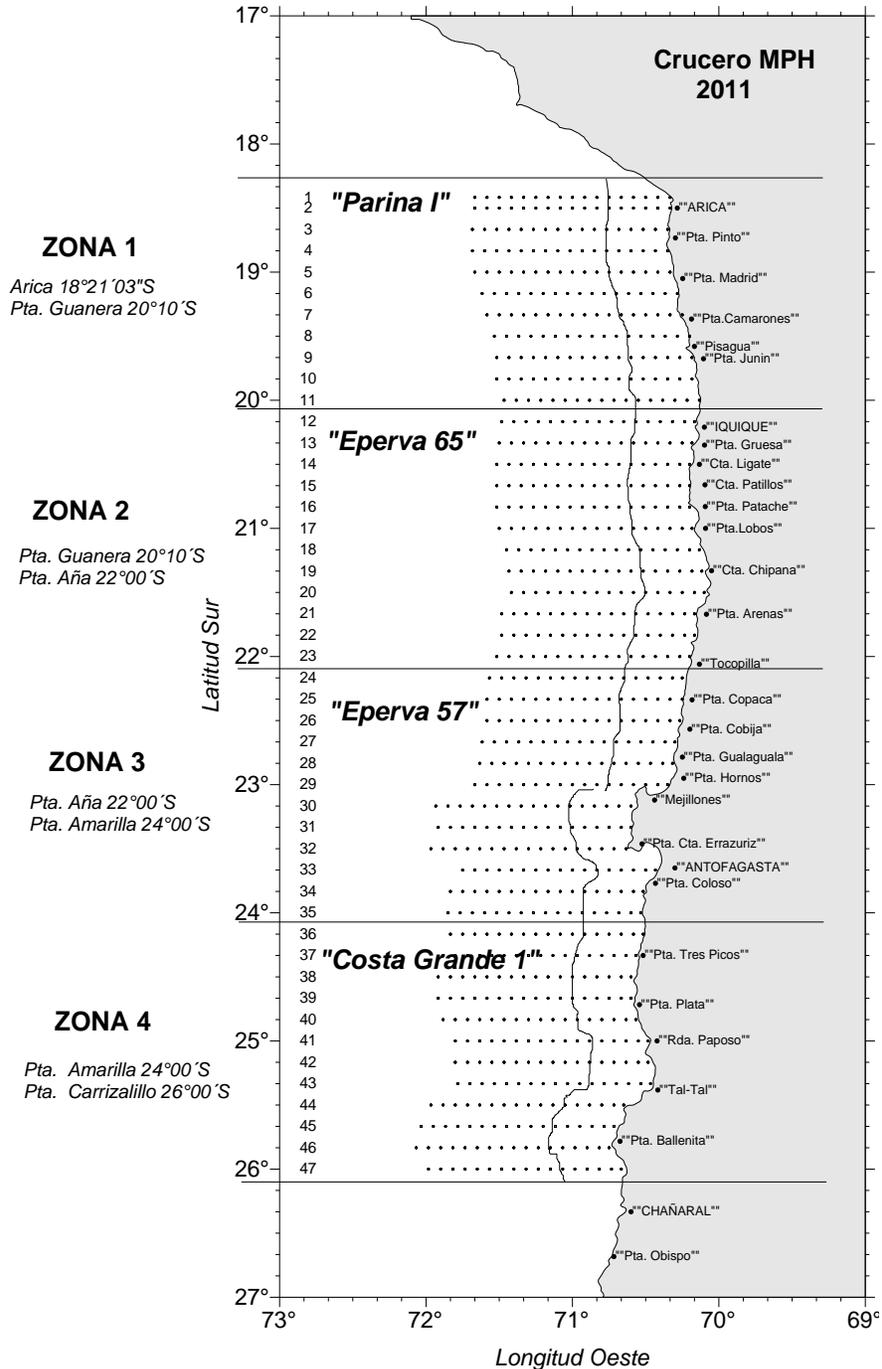


Figura 1. Rango latitudinal de operación de los barcos cerqueros industriales que trabajaron en forma conjunta en la recolección de adultos de anchoveta. Crucero MPH – Invierno 2011.

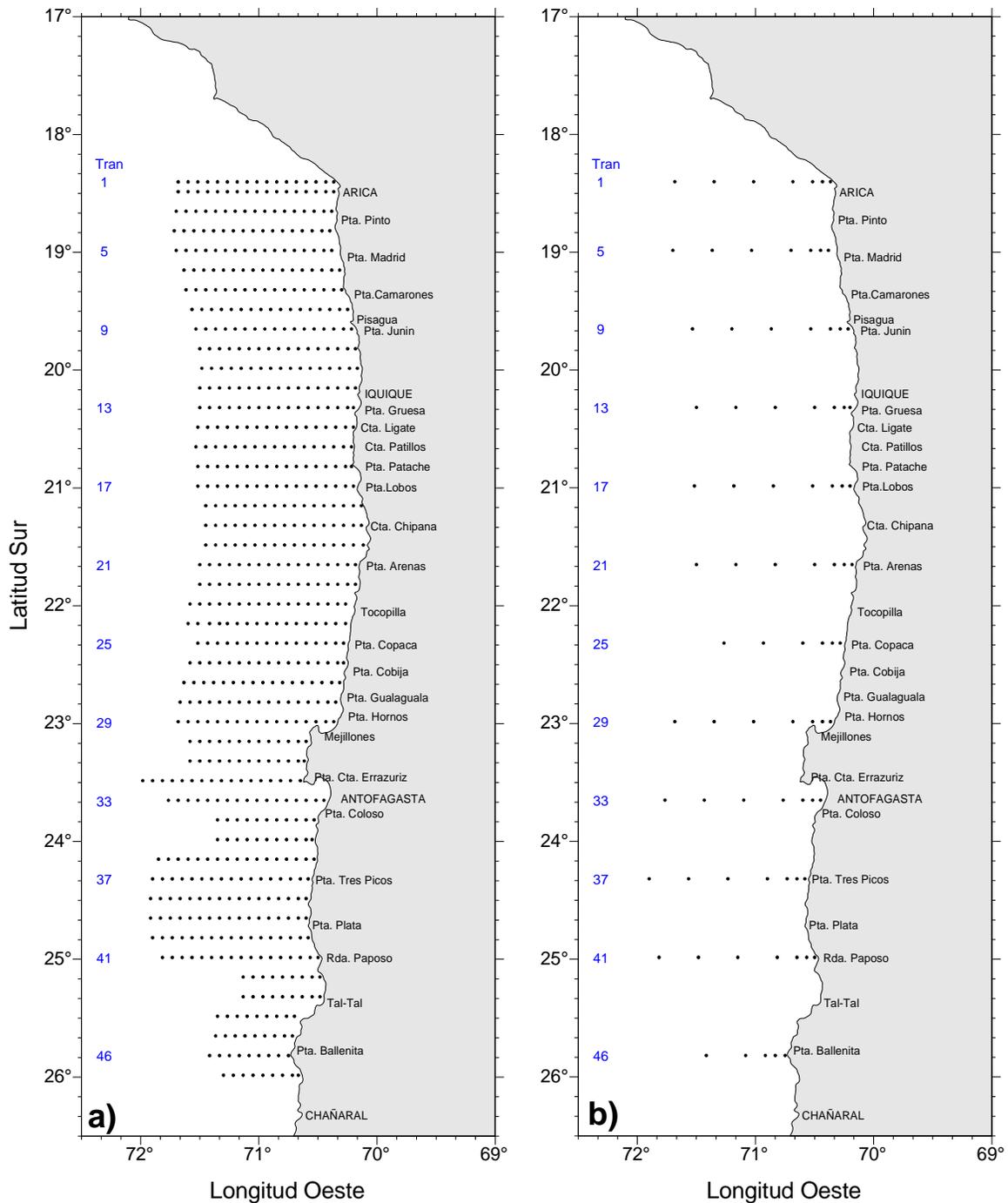


Figura 2. Ubicación geográfica de a) estaciones bio-oceanográficas y b) estaciones con muestreo de clorofila y oxígeno (estaciones oceanográficas profundas). Crucero MPH - Invierno 2011.

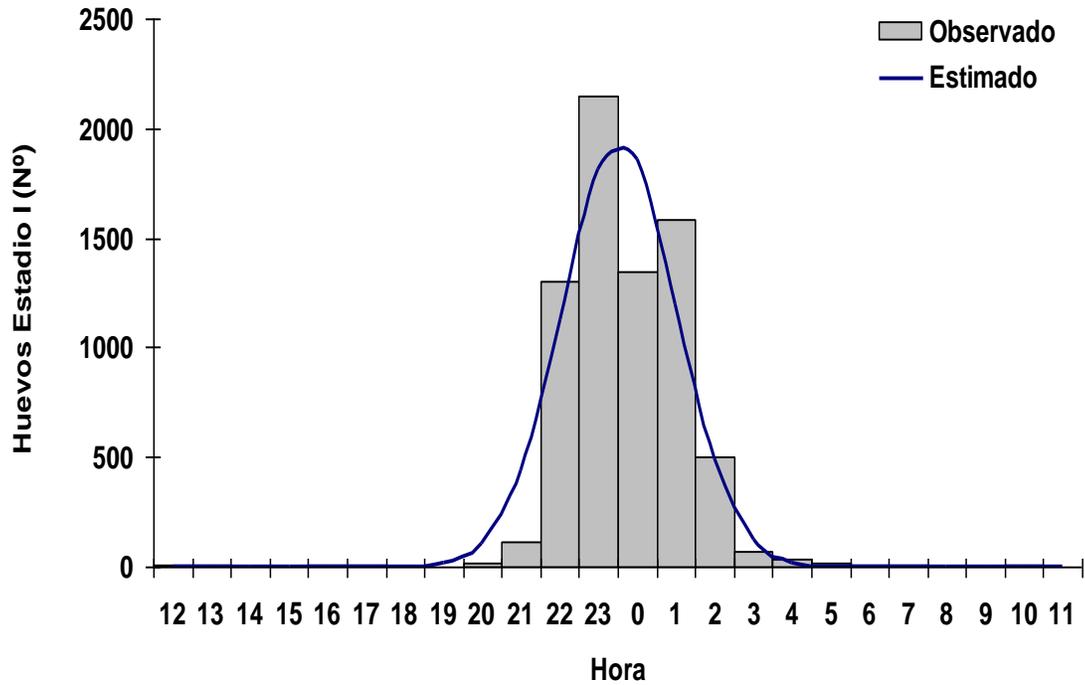


Figura 3. Distribuci3n de frecuencia, N^o de huevos de anchoveta en el estadio I de desarrollo (Recientemente desovados y fertilizados) segun hora de recolecta para el total de cruceros realizados en la zona norte.

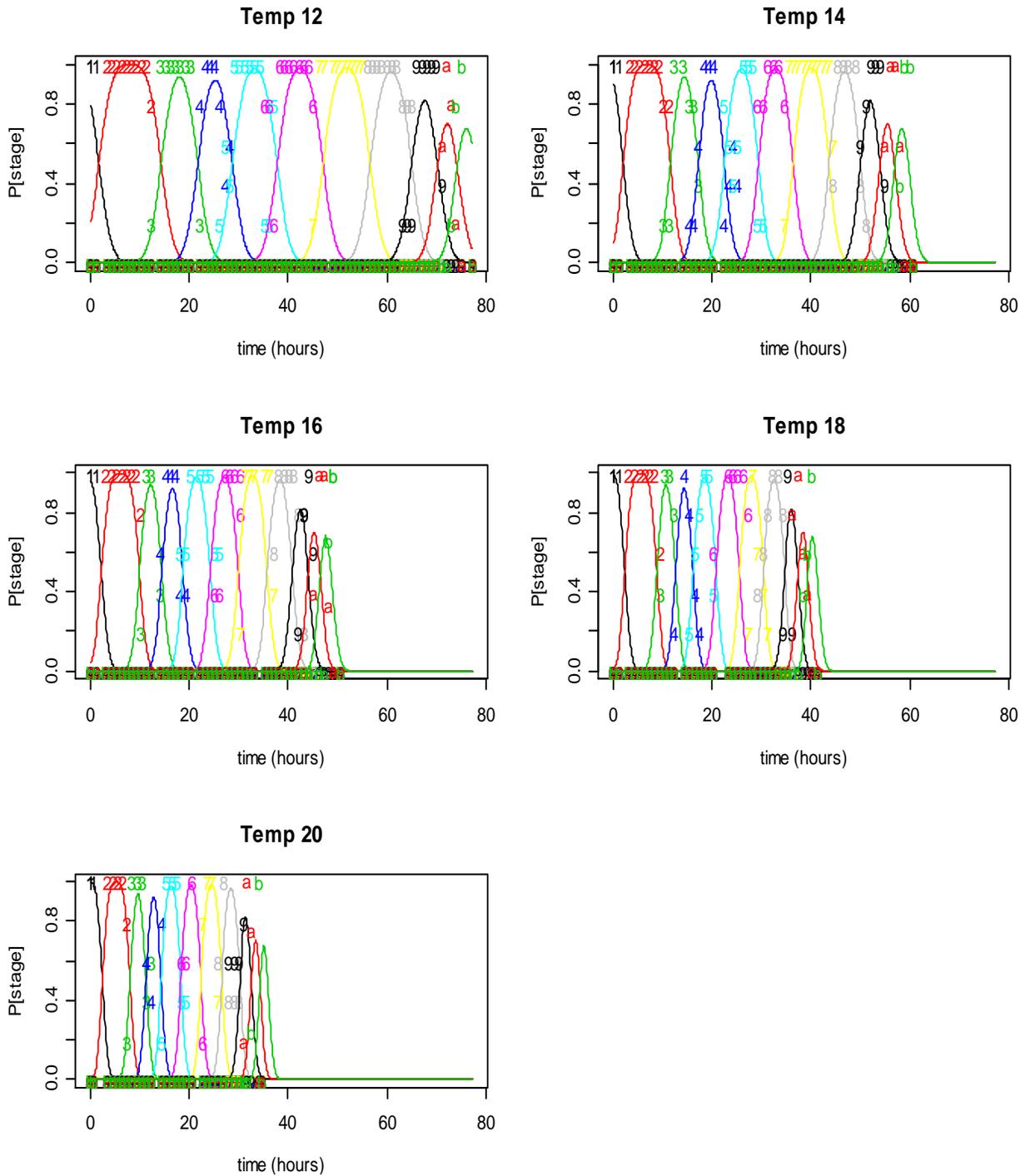


Figura 4. Ajuste del modelo probabilístico multinomial para huevos de anchoveta zona norte a las temperaturas de incubación.

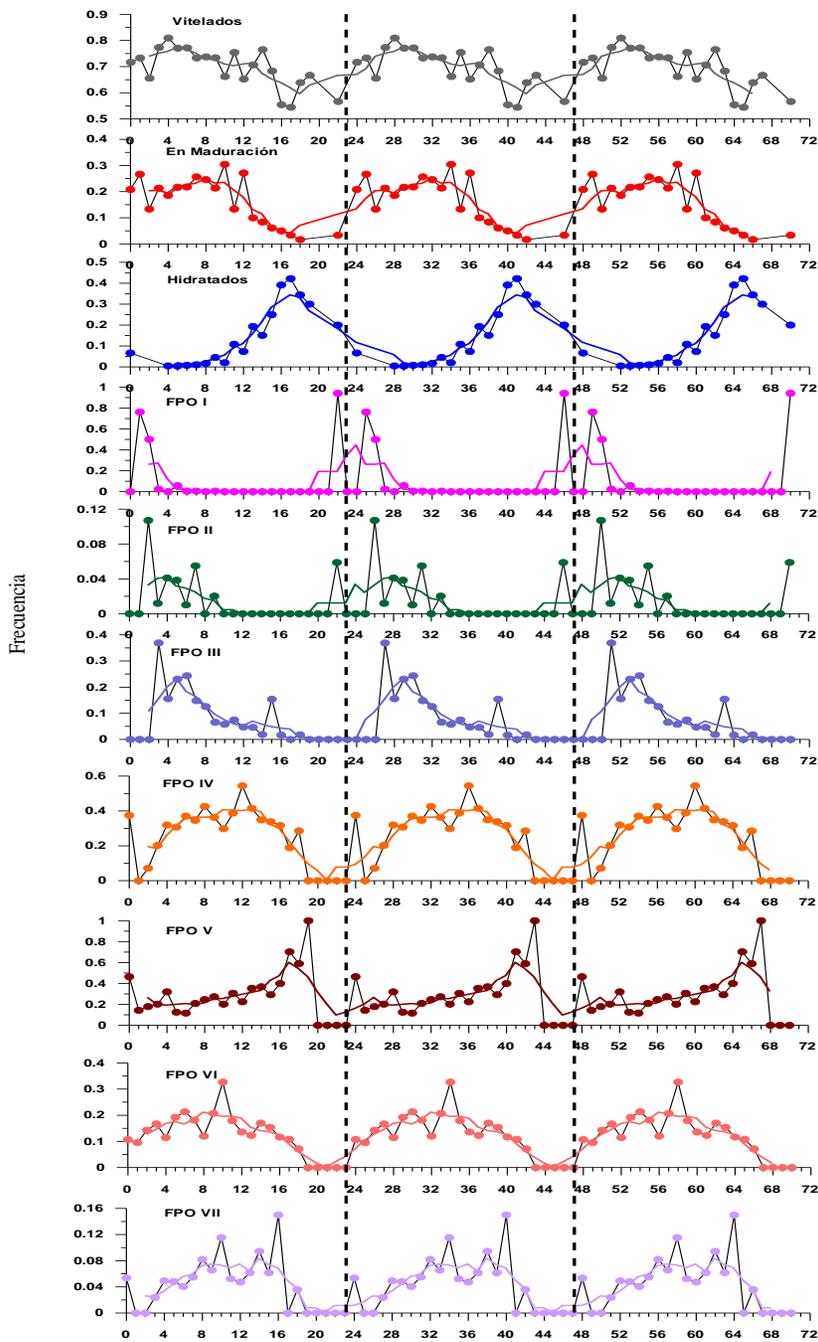


Figura 5. Distribución temporal de los estadios de madurez microscópica y FPO de la zona norte de Chile. Líneas discontinuas representan el pico de desove (23:00 h). Línea representa un promedio móvil (Extraído de Claramunt *et al.*, 2007).

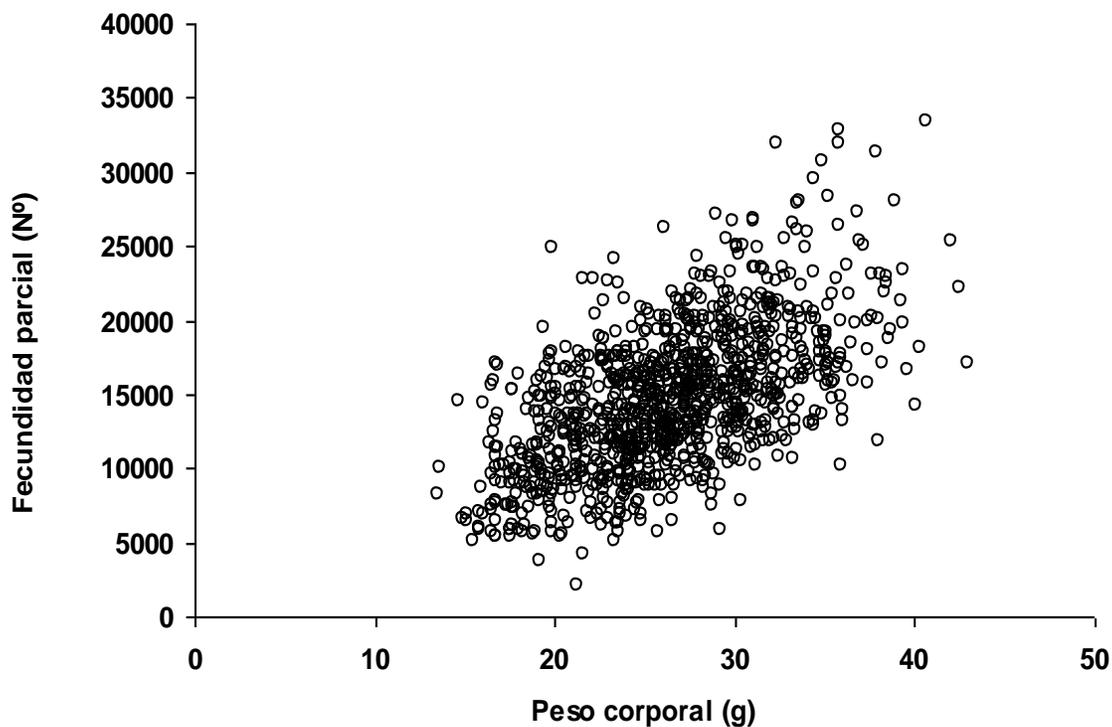


Figura 6. Relaci3n entre el peso corporal (g) y la fecundidad parcial (N⁰) para anchoveta de la zona norte en base a 1035 hembras.

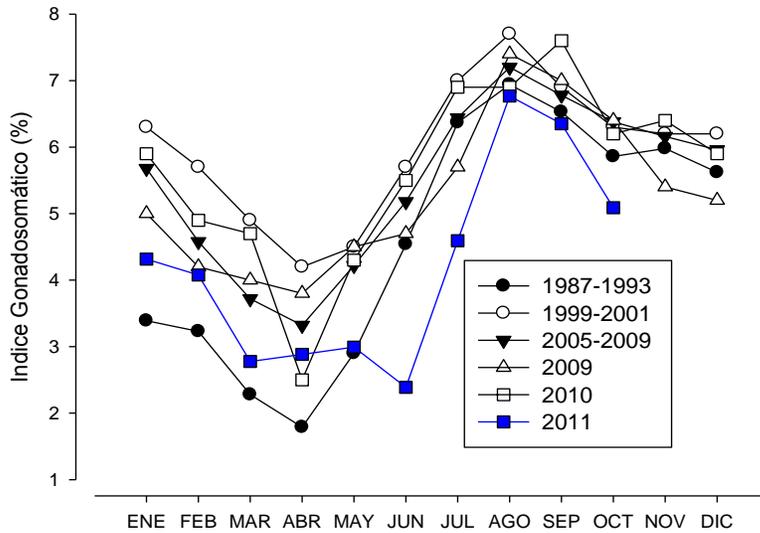


Figura 7. Evolución mensual del índice Gonadosomático de la anchoveta de la Zona Norte.

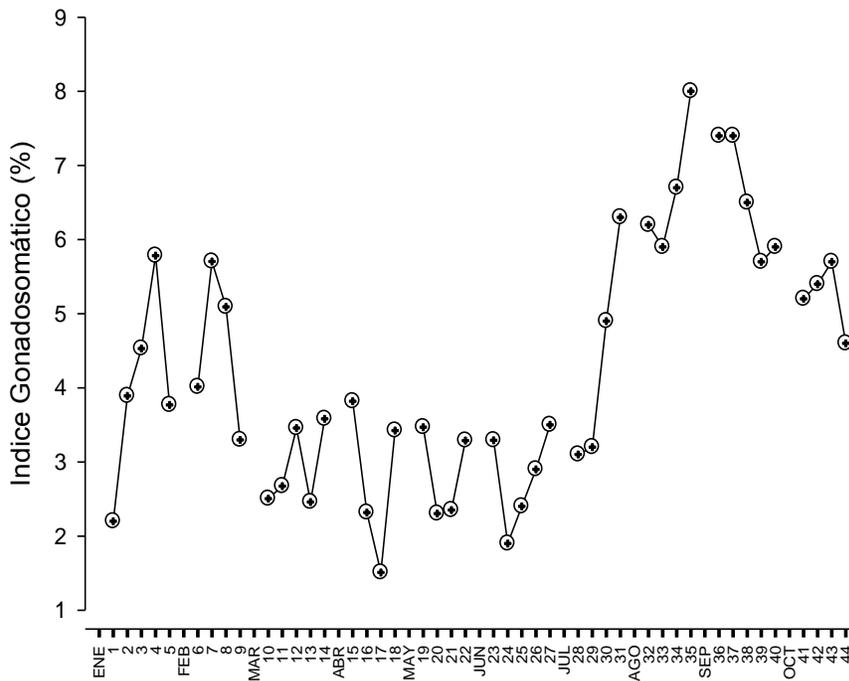


Figura 8. Evolución semanal del Índice Gonadosomático de la anchoveta de la Zona Norte, Año 2011.

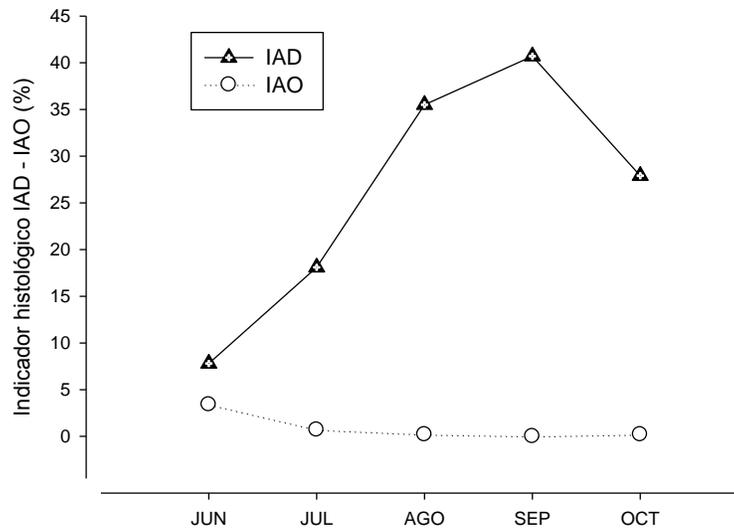


Figura 9. Evolución mensual del Índice de Actividad de Desove (IAD) e Índice de Atresia Ovárica (IAO). Año 2011.

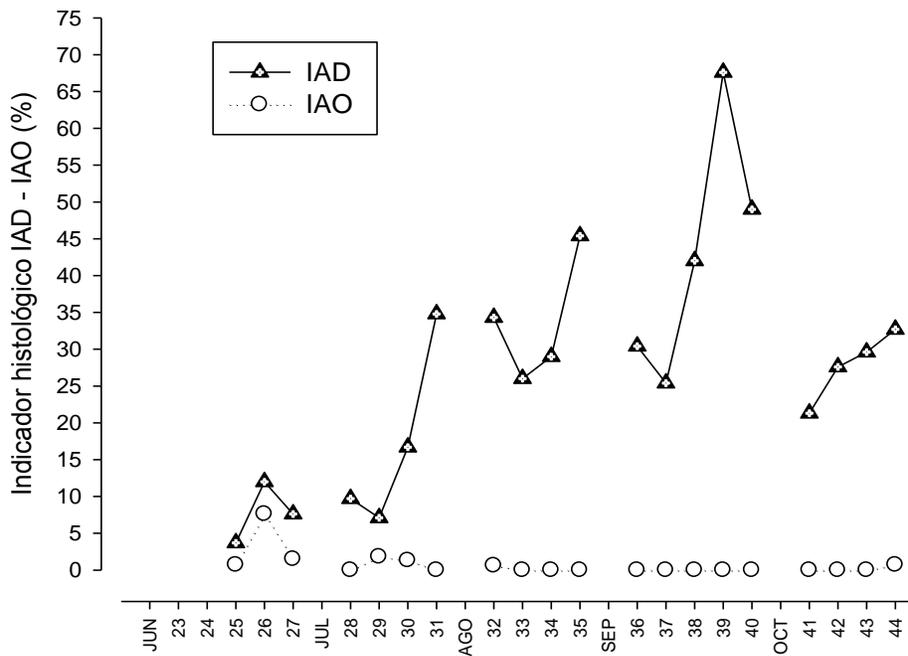


Figura 10. Evolución semanal de los Índices de Actividad de Desove (IAD) y de Atresia Ovárica (IAO). Año 2011.

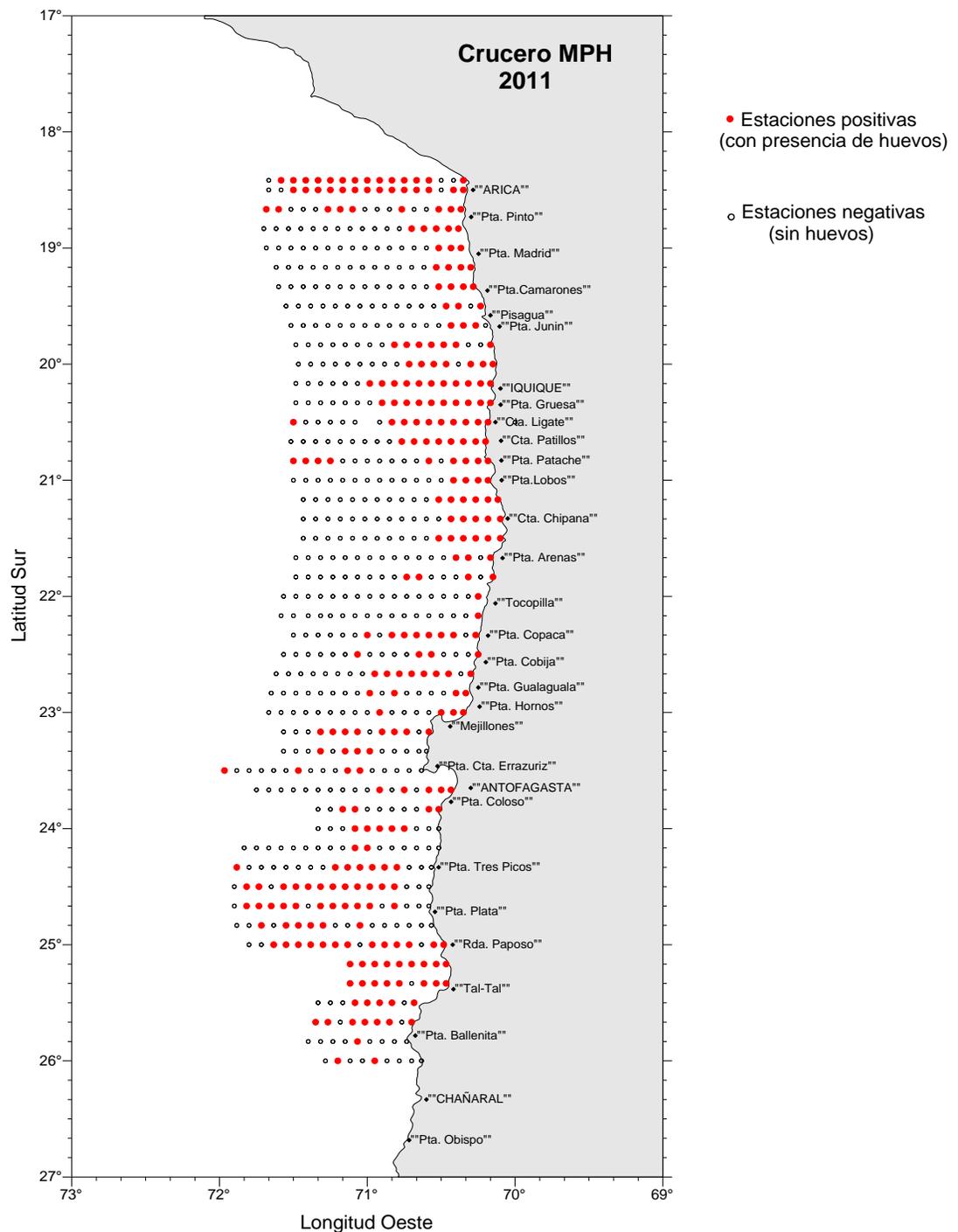


Figura 11. Distribución geográfica de las estaciones positivas y negativas a huevos de anchoveta. Crucero MPH 542 (3) 11 Raulí – Invierno 2011.

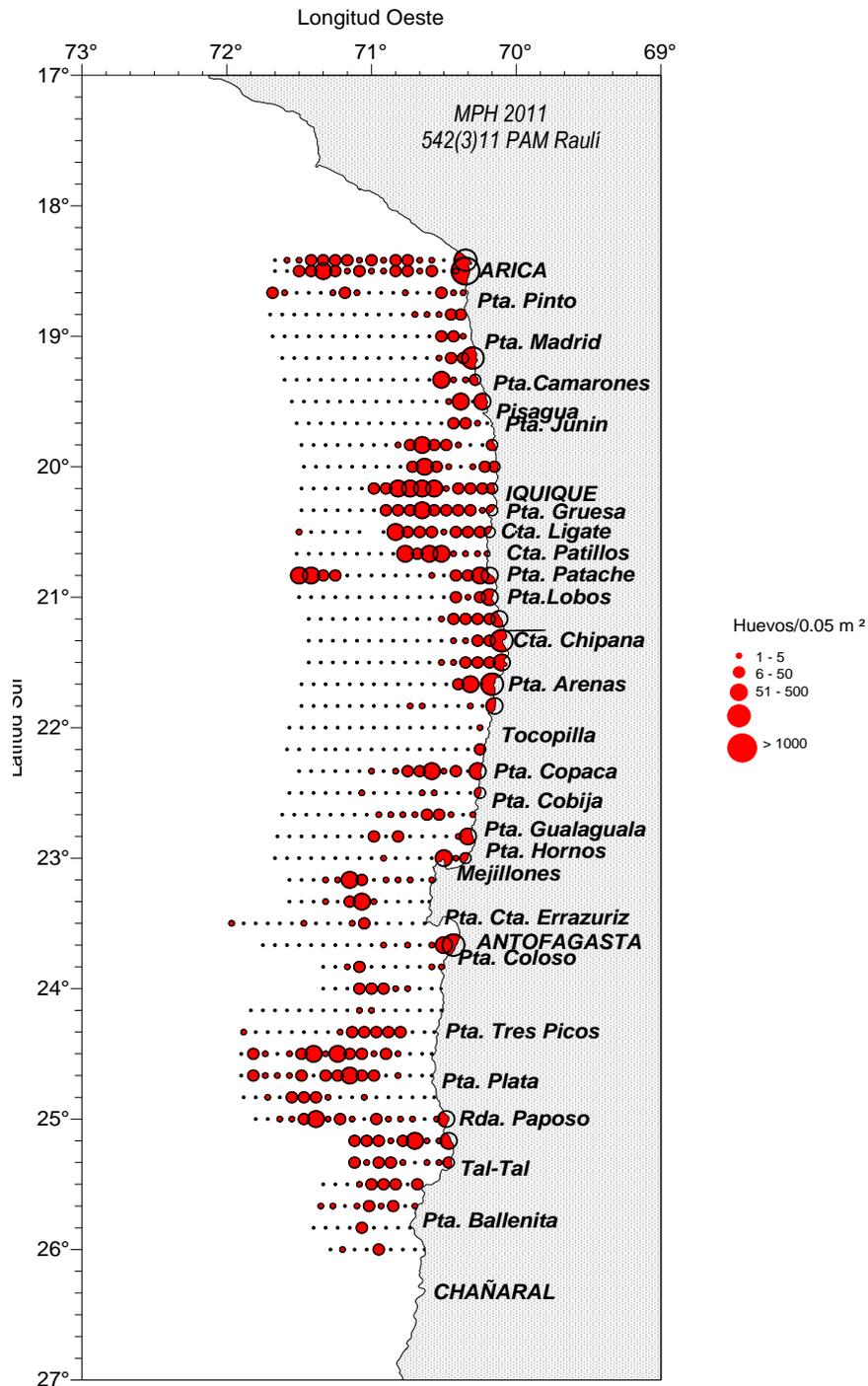


Figura 12. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Crucero MPH-Invierno 2011.

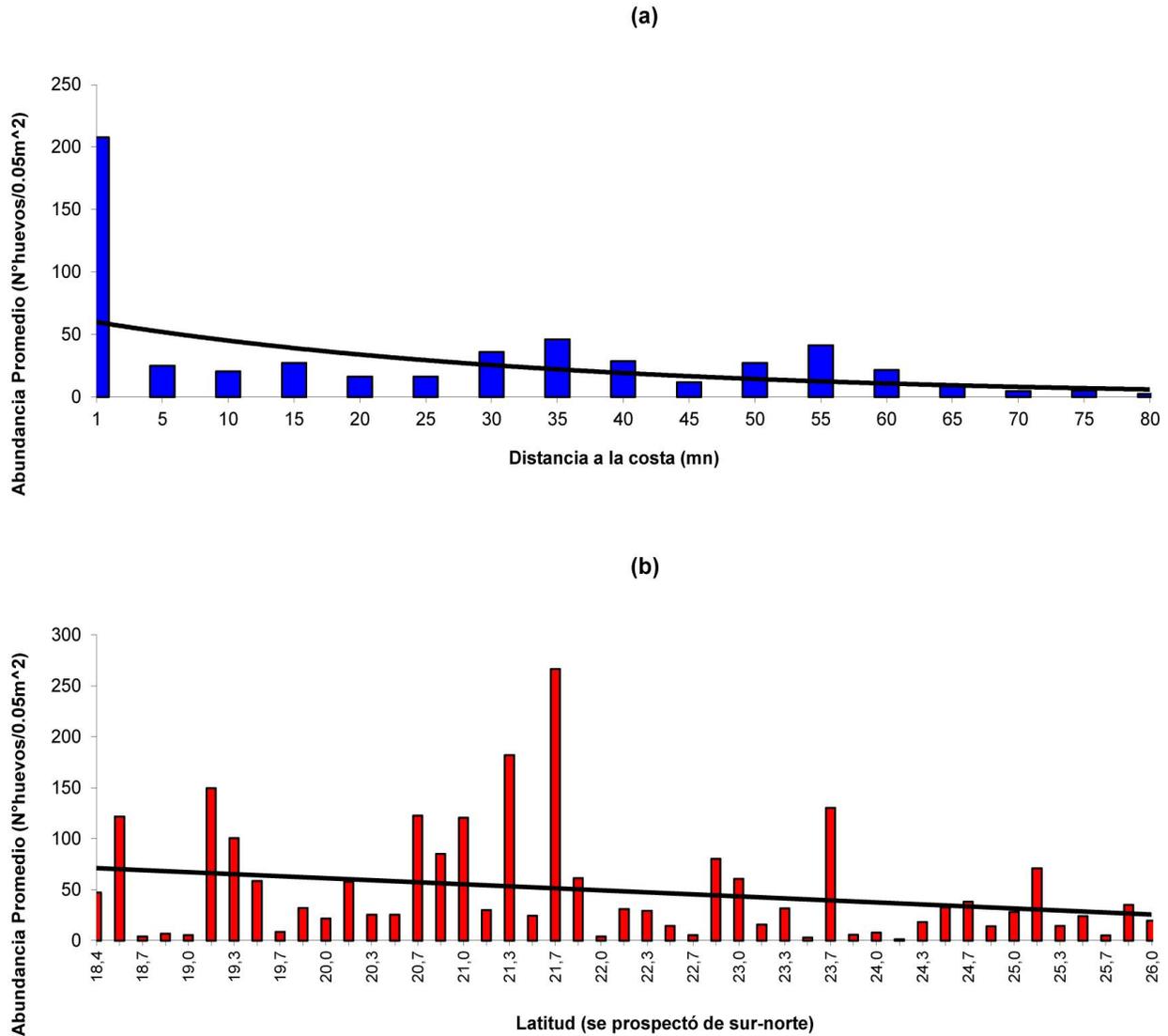


Figura 13. Distribución de la abundancia promedio de huevos de anchoveta con respecto a la distancia de la costa (a) y con respecto a la latitud (b). Crucero MPH-Invierno 2011.

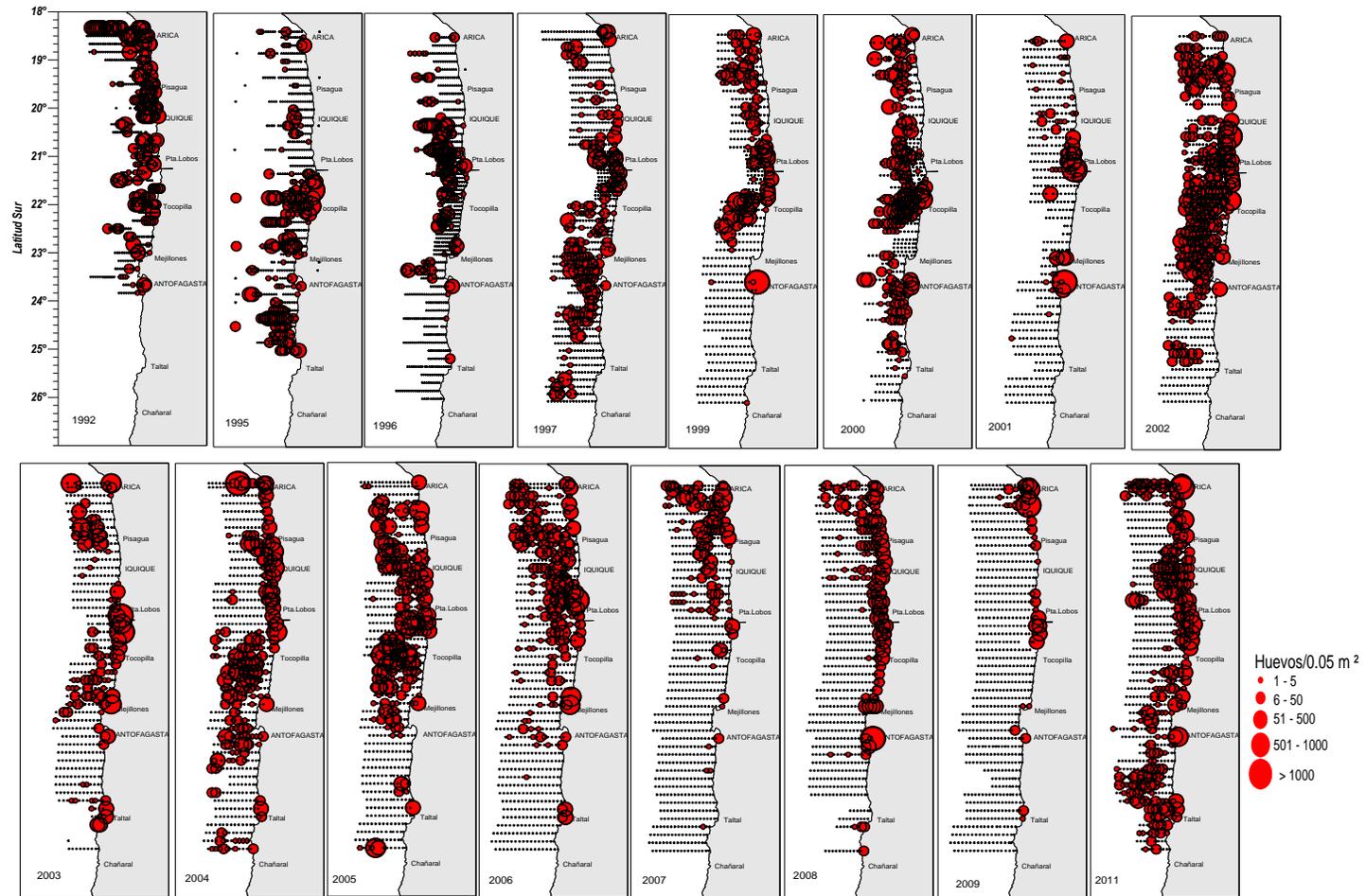


Figura 14. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de Anchoveta. Cruceos MPH Inviernos 1992-2011.

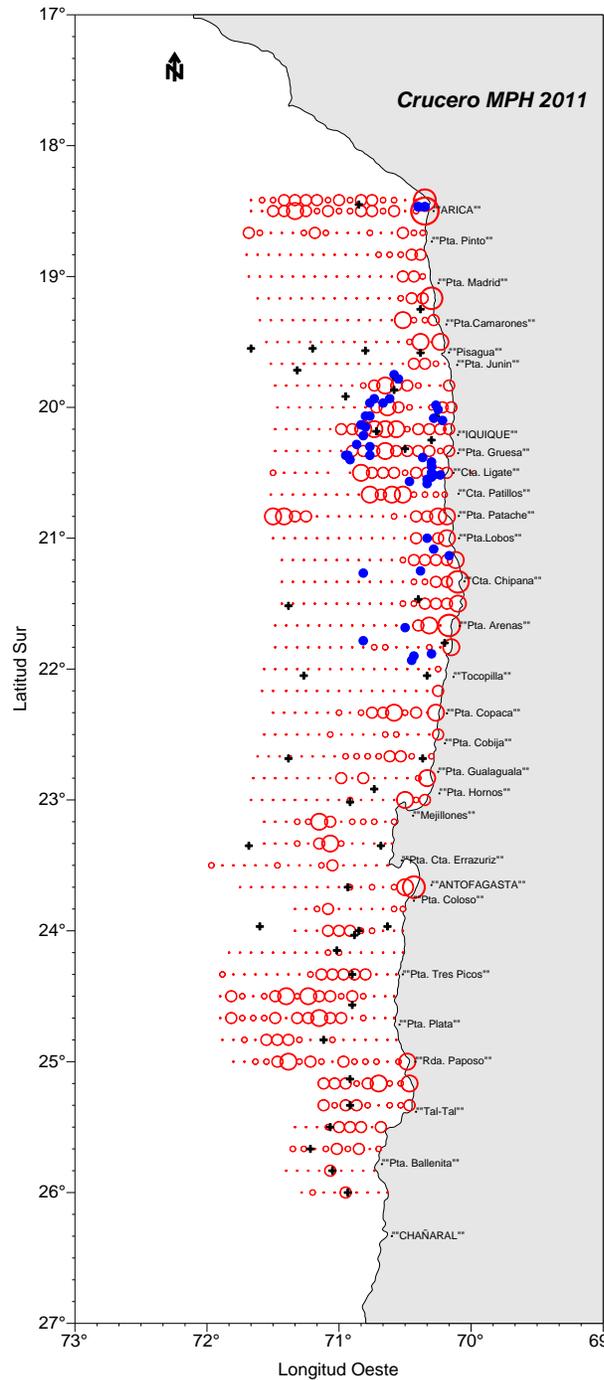


Figura 15. Distribución espacial de los lances de pesca v/s los huevos de anchoveta. Crucero MPH Invierno 2011. Color azul: lances efectivos; color negro: lances no efectivos y color rojo: huevos de anchoveta.

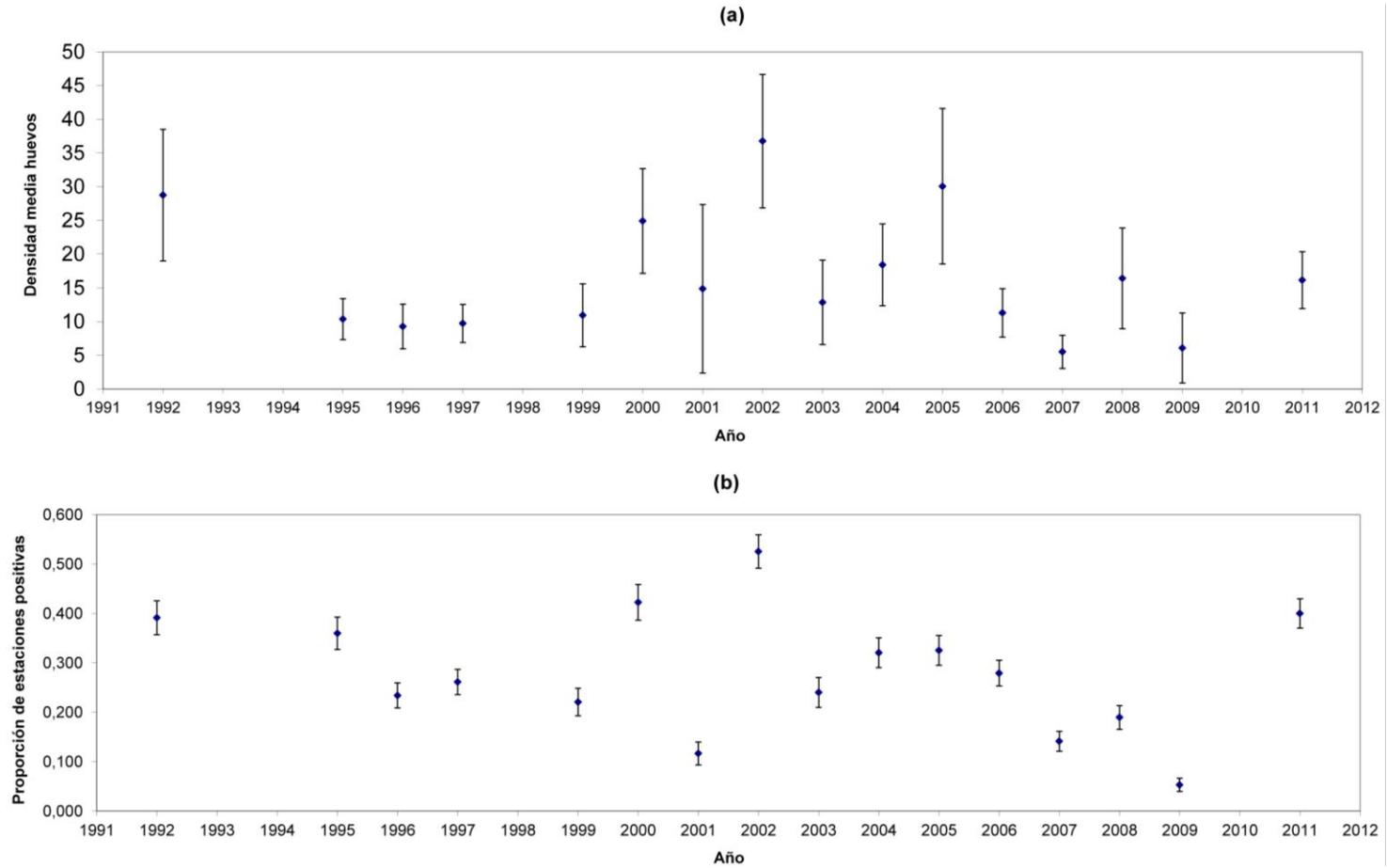


Figura 16. (a) Densidad media de huevos de anchoveta estimada para el período 1992-2011, a través del estimador de la media de una distribución delta y (b) proporción de estaciones positivas (con huevos), período 1992-2011.

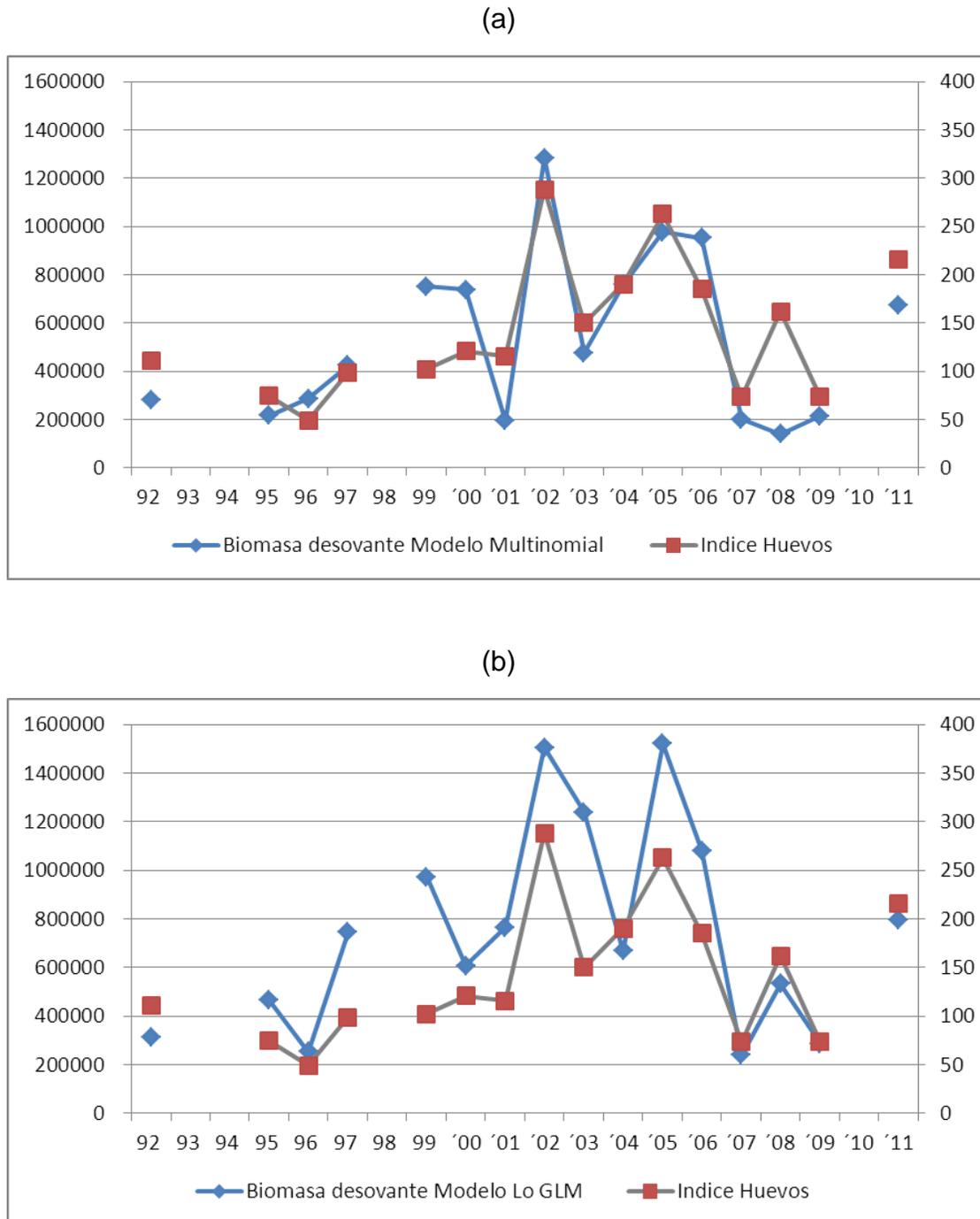


Figura 17. Comparación del índice de huevos y la biomasa desovante estimada con el modelo multinomial (a) y con el modelo de Lo GLM (b).

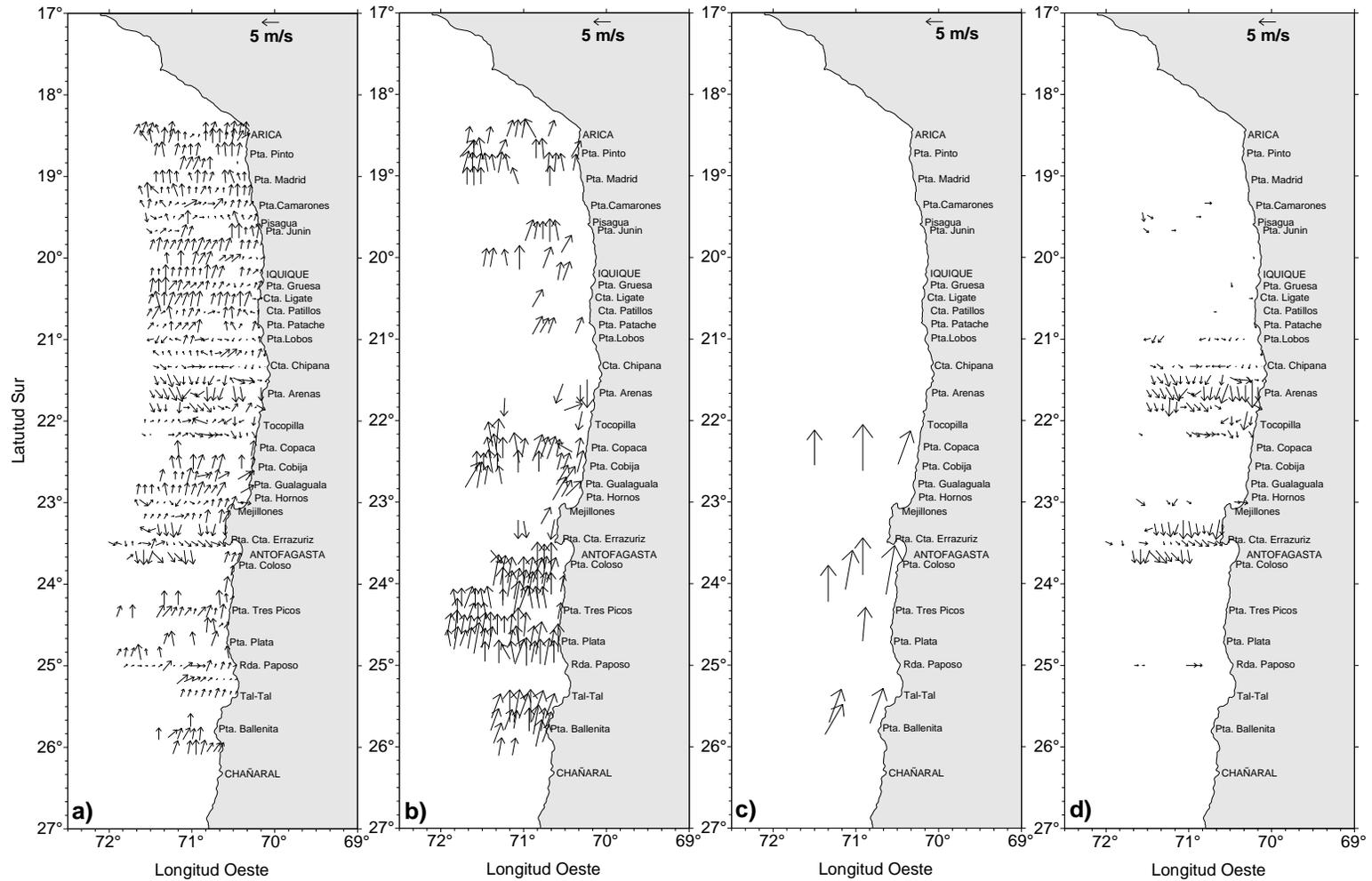


Figura 18. Cartas del viento horario de intensidad a) menor a 5 m/s, b) 5 a 10 m/s, c) mayor a 5 m/s, d) viento con componente norte. Crucero MPH - Invierno 2011.

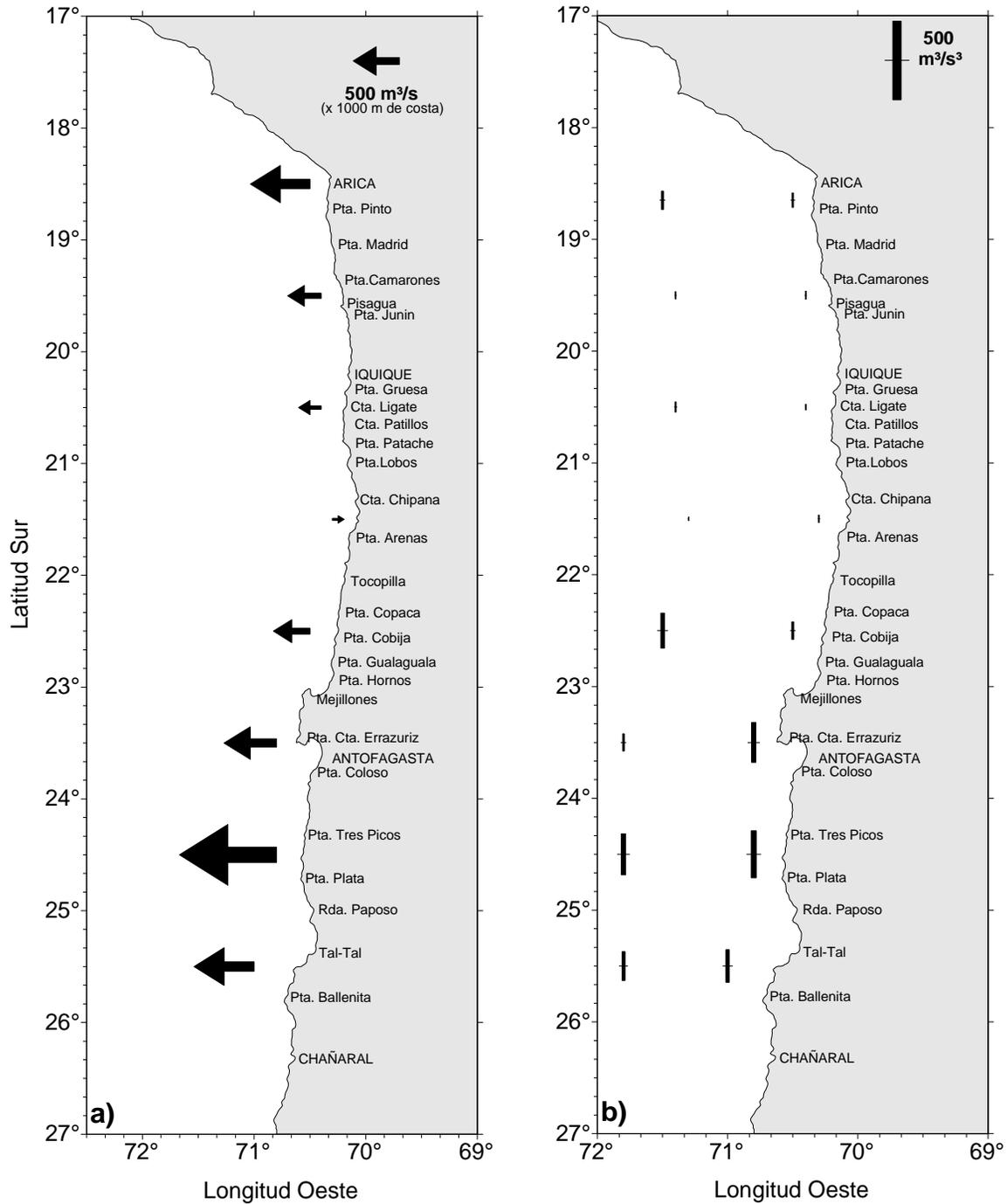


Figura 19. Cartas promedio de los índices de a) surgencia y b) turbulencia. Los promedios se obtuvieron de mediciones del viento de las estaciones dentro de 1° de latitud. Crucero MPH - Invierno 2011.

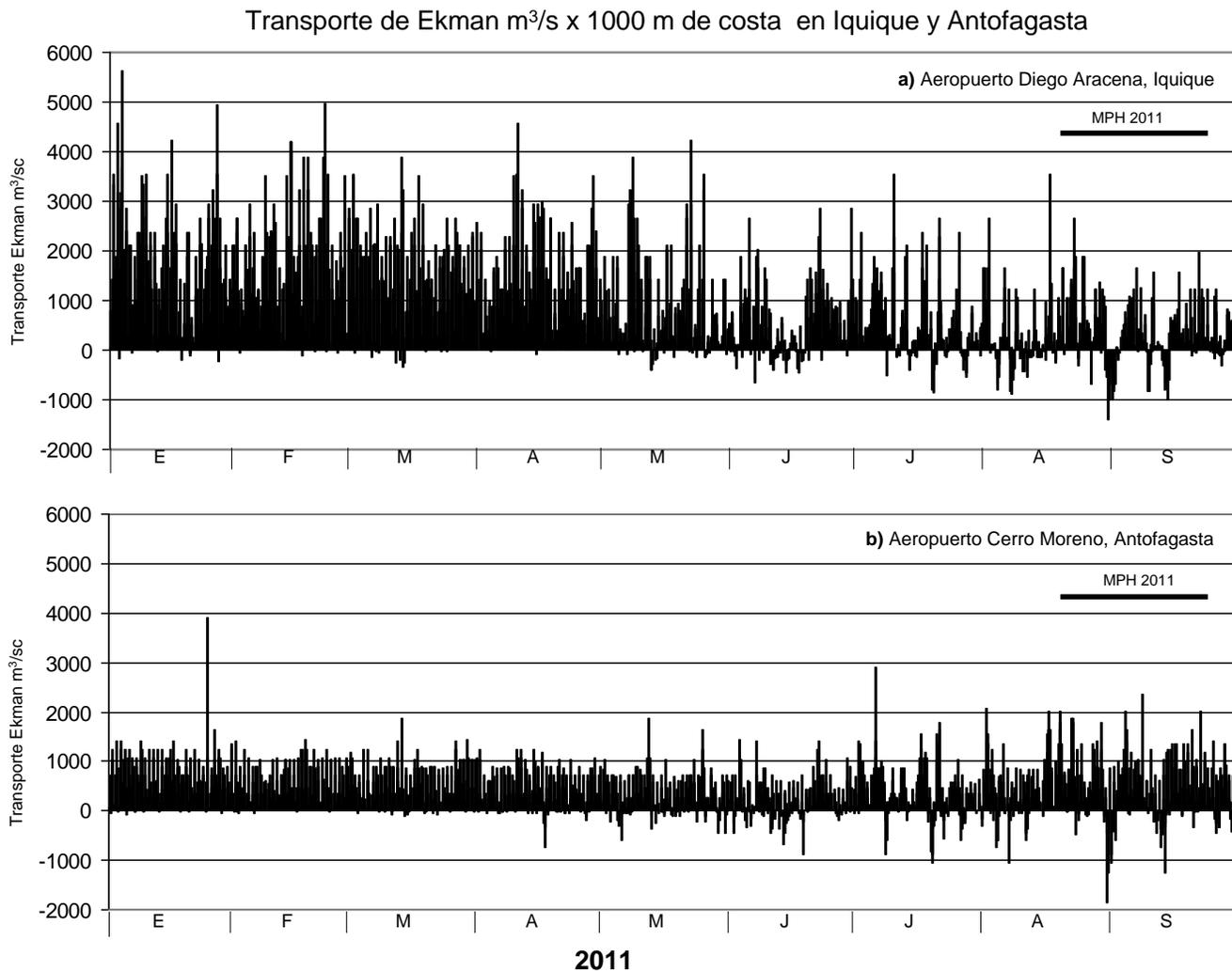


Figura 20. Transporte de Ekman cada 3 horas calculado en base a los datos de viento de los aeropuertos a) Diego Aracena de Iquique y b) Cerro Moreno de Antofagasta entre enero y septiembre de 2011 (Fuente: Dirección Meteorológica de Chile).

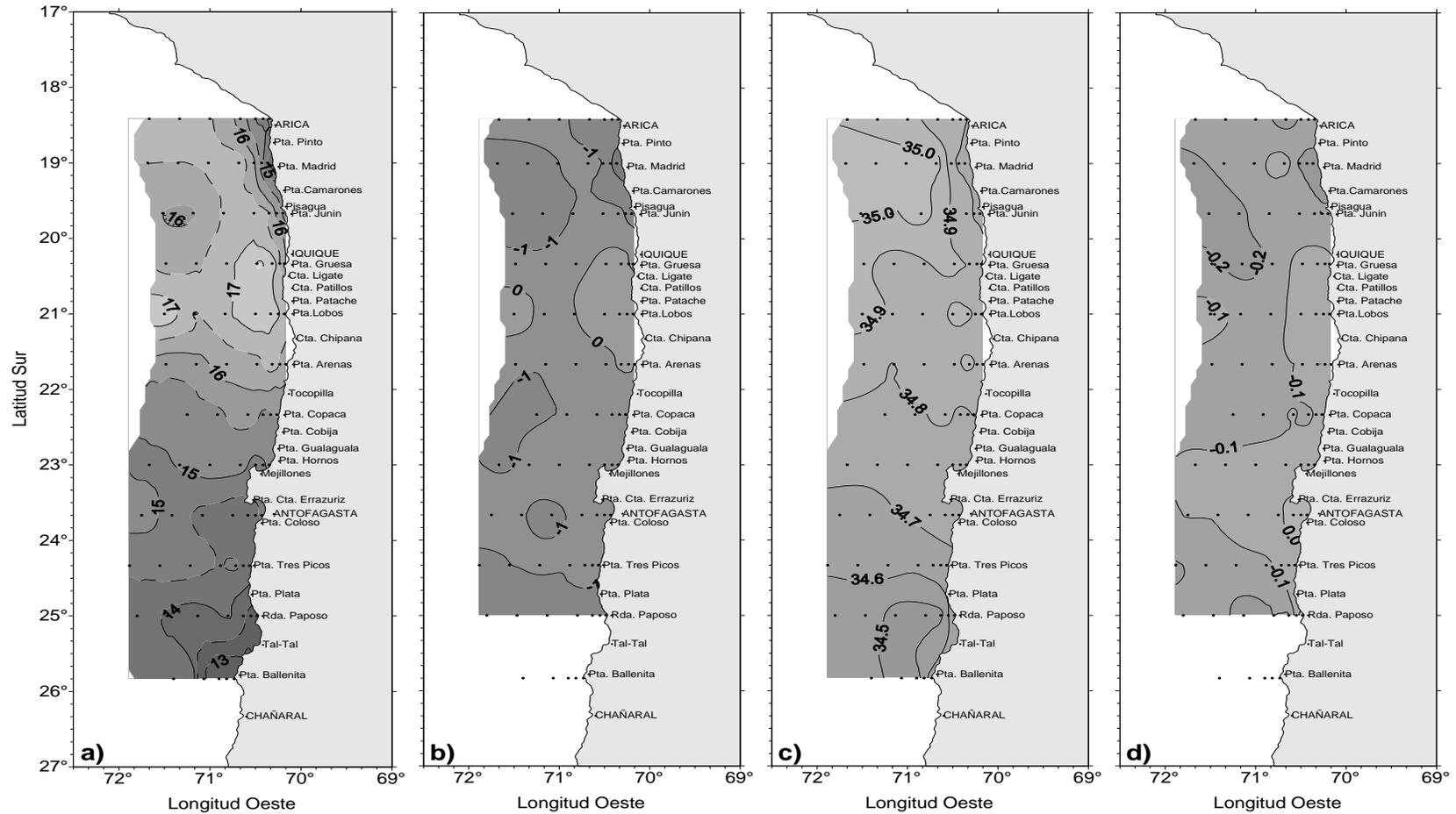


Figura 21. Distribuci3n superficial de a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MPH - Invierno 2011.

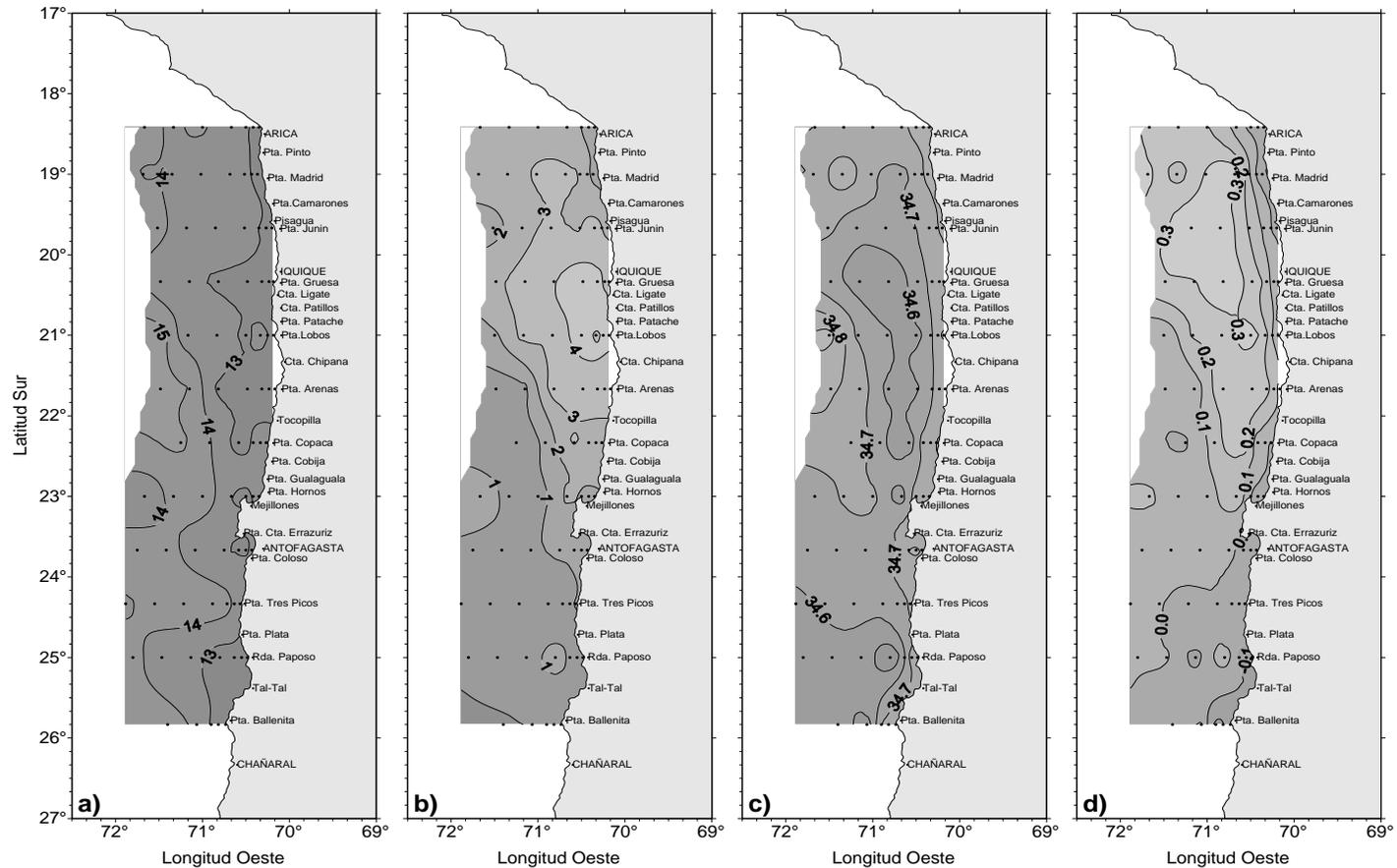


Figura 22. Distribuci3n de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el nivel de 50 m de profundidad, b) diferencia t3rmica ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y el nivel de 50 m, c) salinidad (psu) en el nivel de 50 m de profundidad y d) diferencia de salinidad (psu) entre superficie y el nivel de 50 m. Crucero MPH - Invierno 2011.

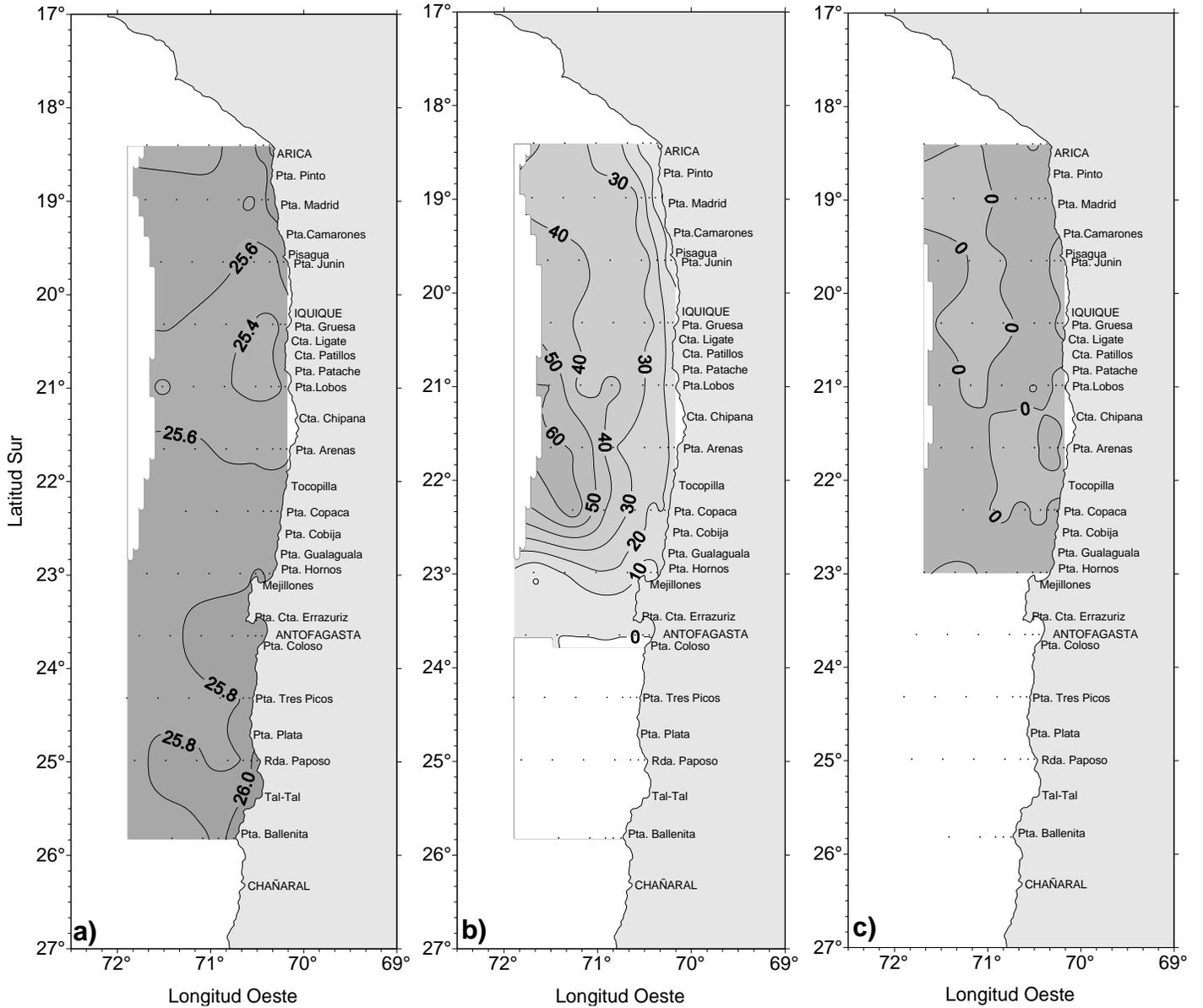


Figura 23. Distribuci3n de a) Densidad superficial ($\sigma\text{-t}$) kg/m^3 , b) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y c) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m). Crucero MPH - Invierno 2011.

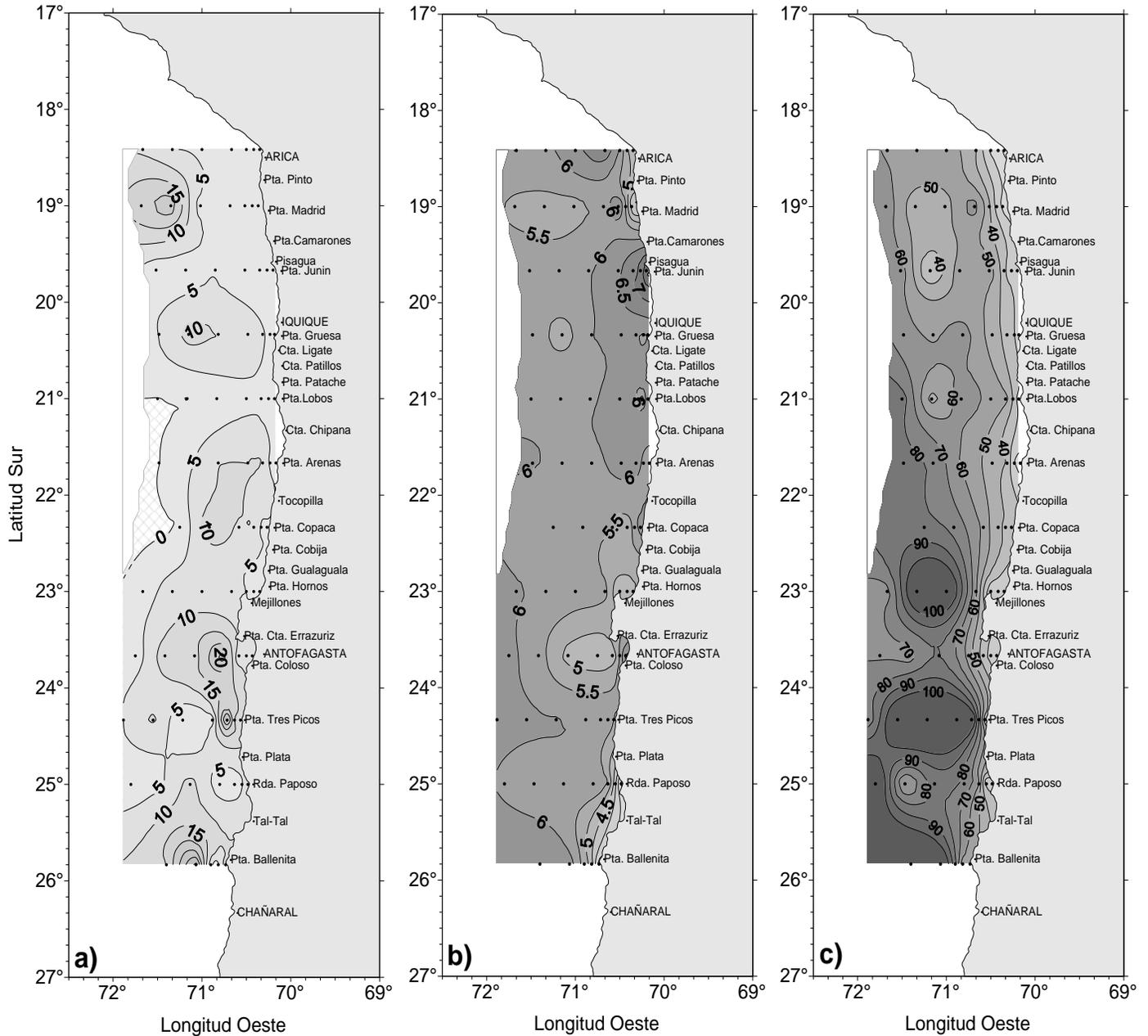


Figura 24. Distribuci3n de a) espesor de la capa de mezcla (m) y b) concentraci3n de oxigeno disuelto superficial (mL/L) y c) profundidad de la isolnea de 1 mL/L de OD. Crucero MPH - Invierno 2011.

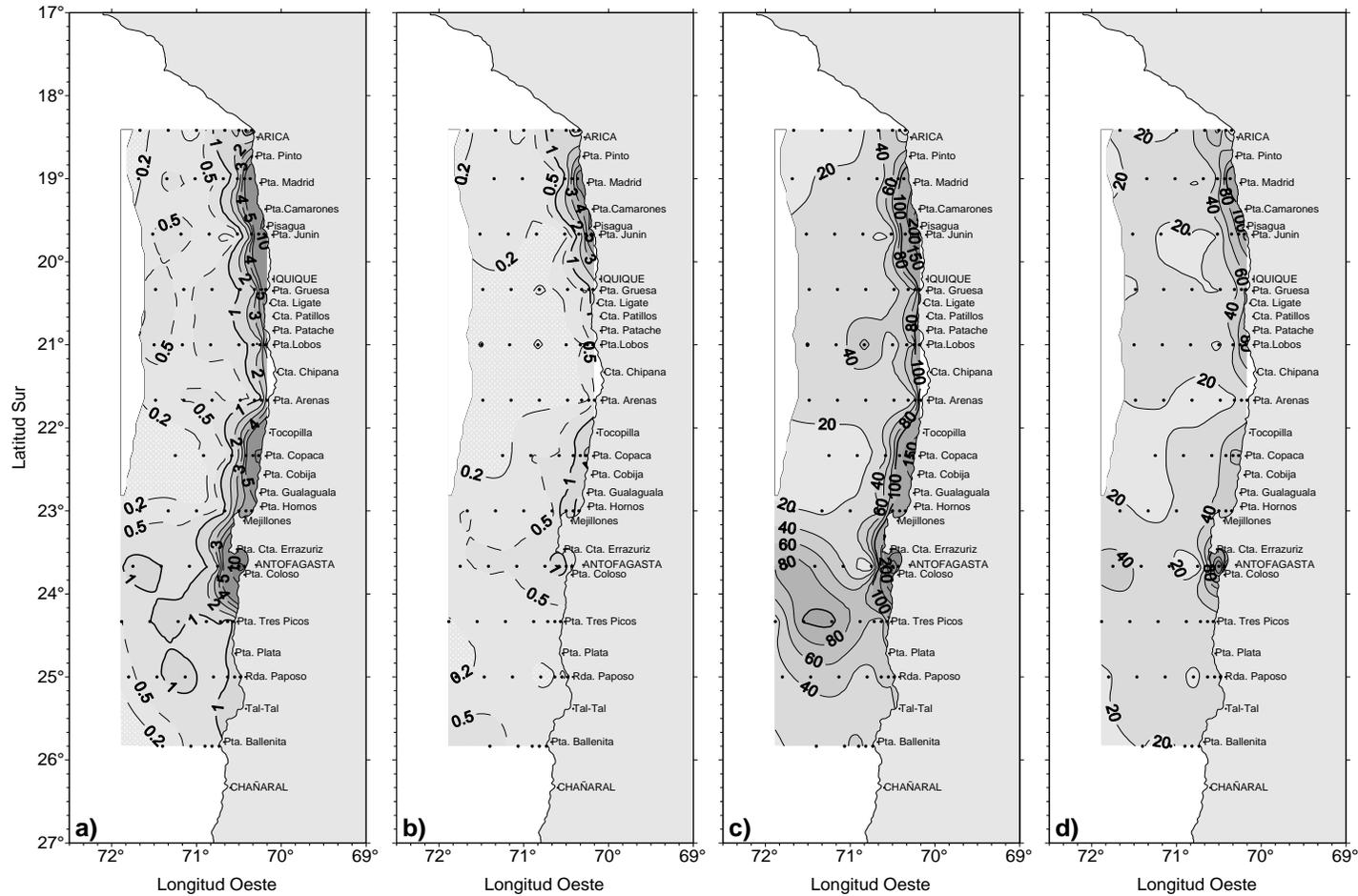


Figura 25. Distribuci3n de a) clorofila a superficial ($\mu\text{g/L}$), b) feopigmento superficial ($\mu\text{g/L}$), c) clorofila integrada (mg/m^2) y d) feopigmentos integrados (mg/m^2) Crucero MPH - Invierno 2011.

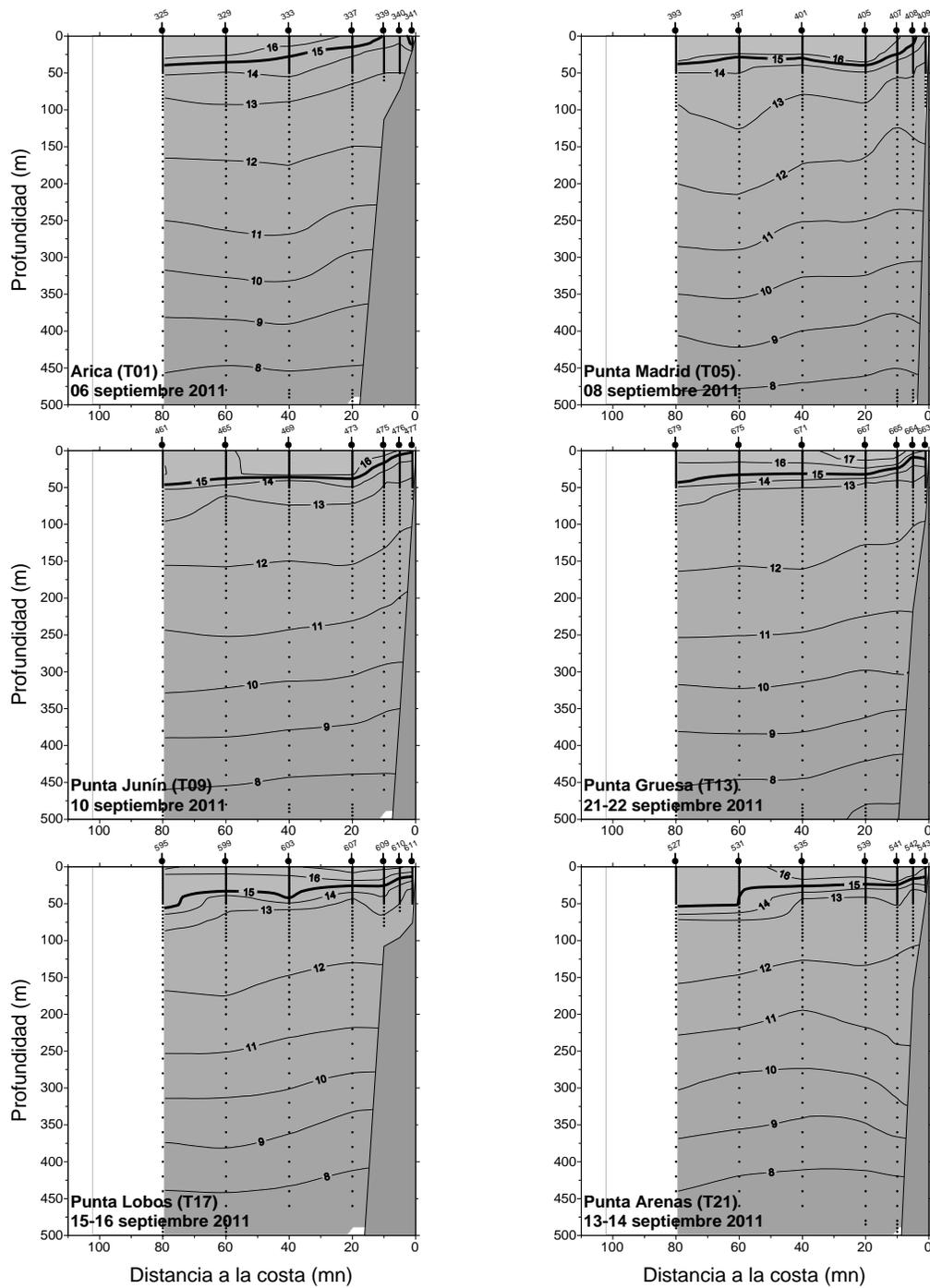


Figura 26. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas oceanogr3ficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - Invierno 2011.

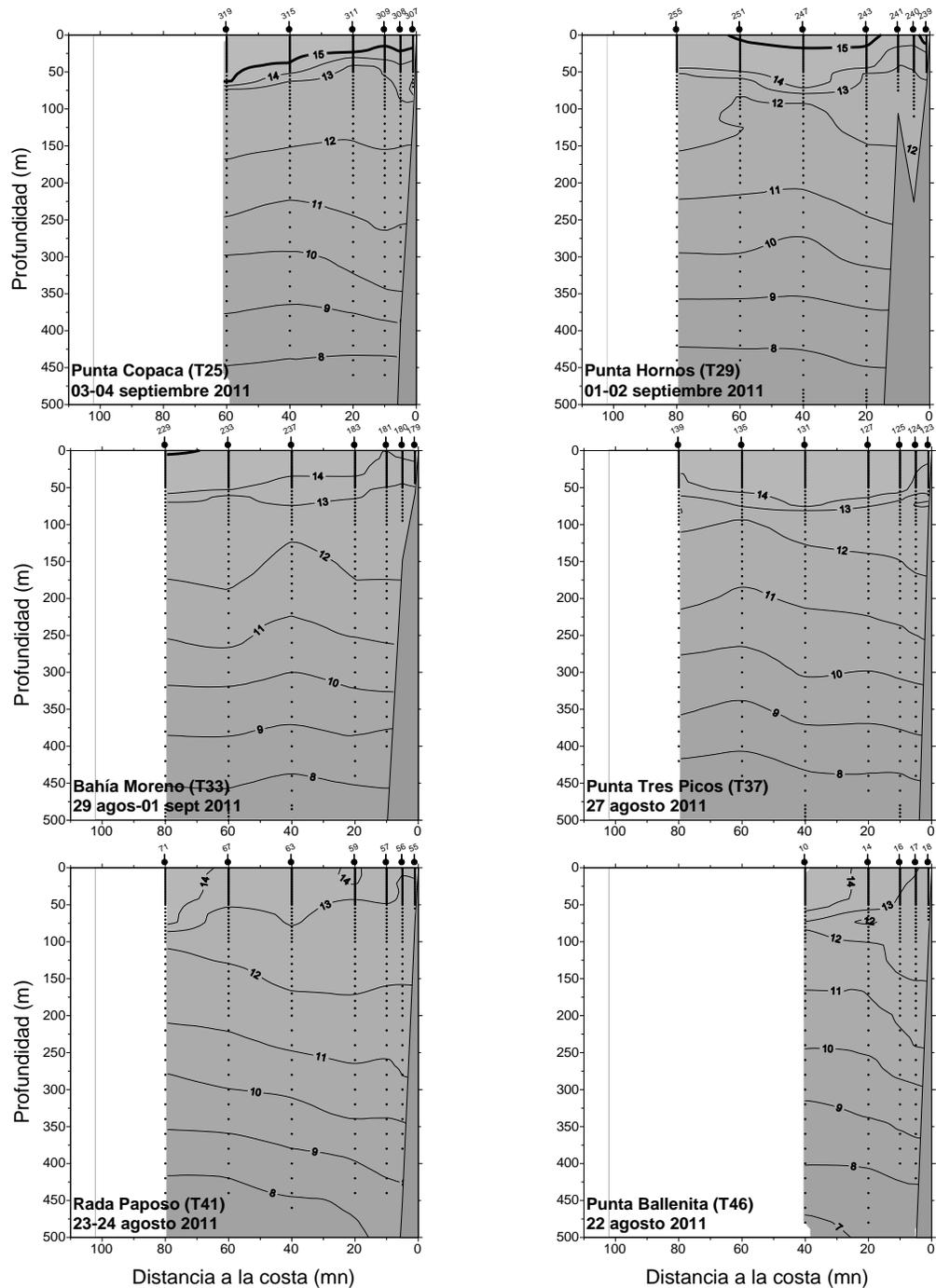


Figura 27. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas oceanográficas 25, 29, 33, 37, 41 y 46. Crucero MPH - Invierno 2011.

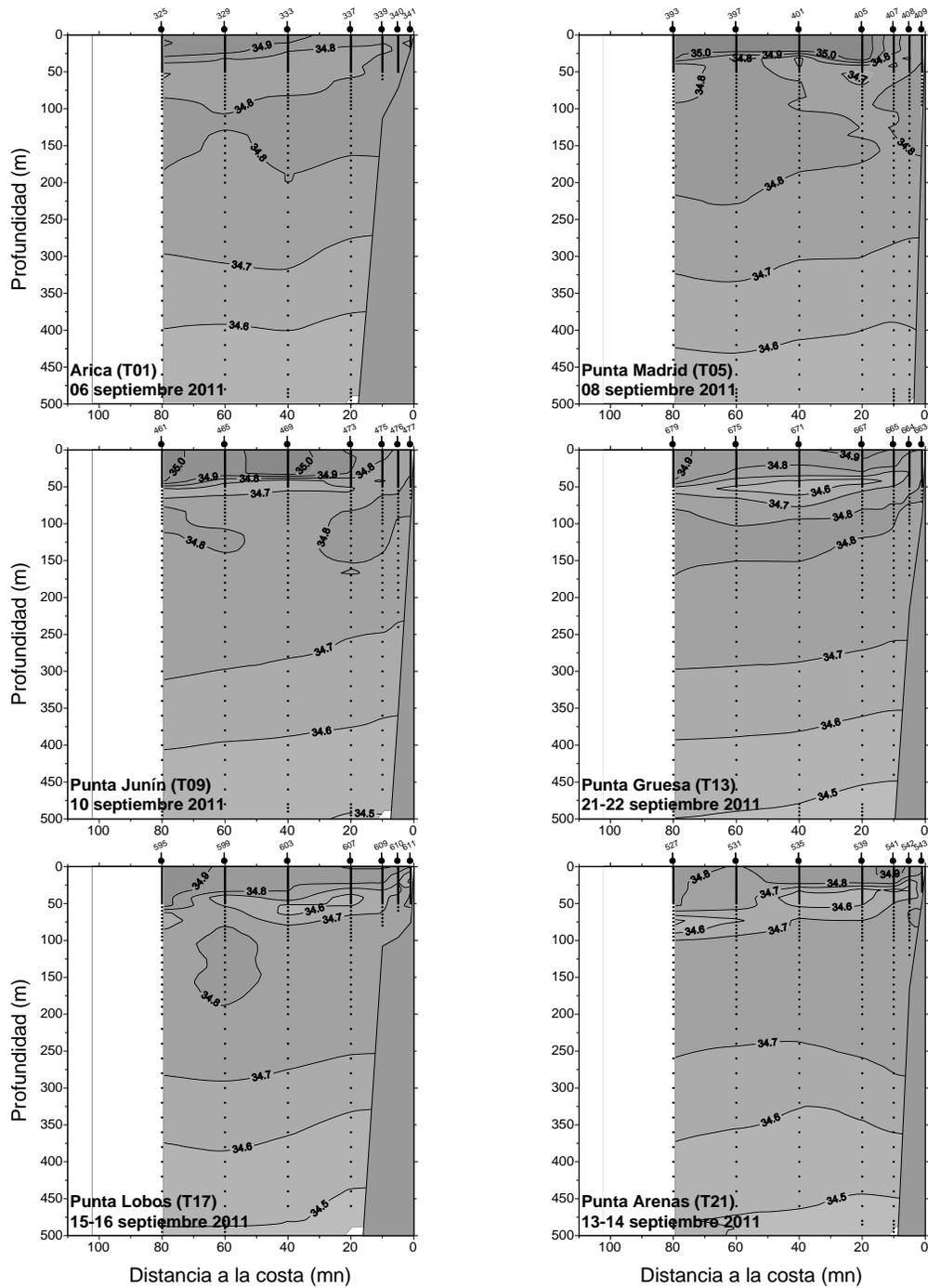


Figura 28. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanogr3ficas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MPH - Invierno 2011.

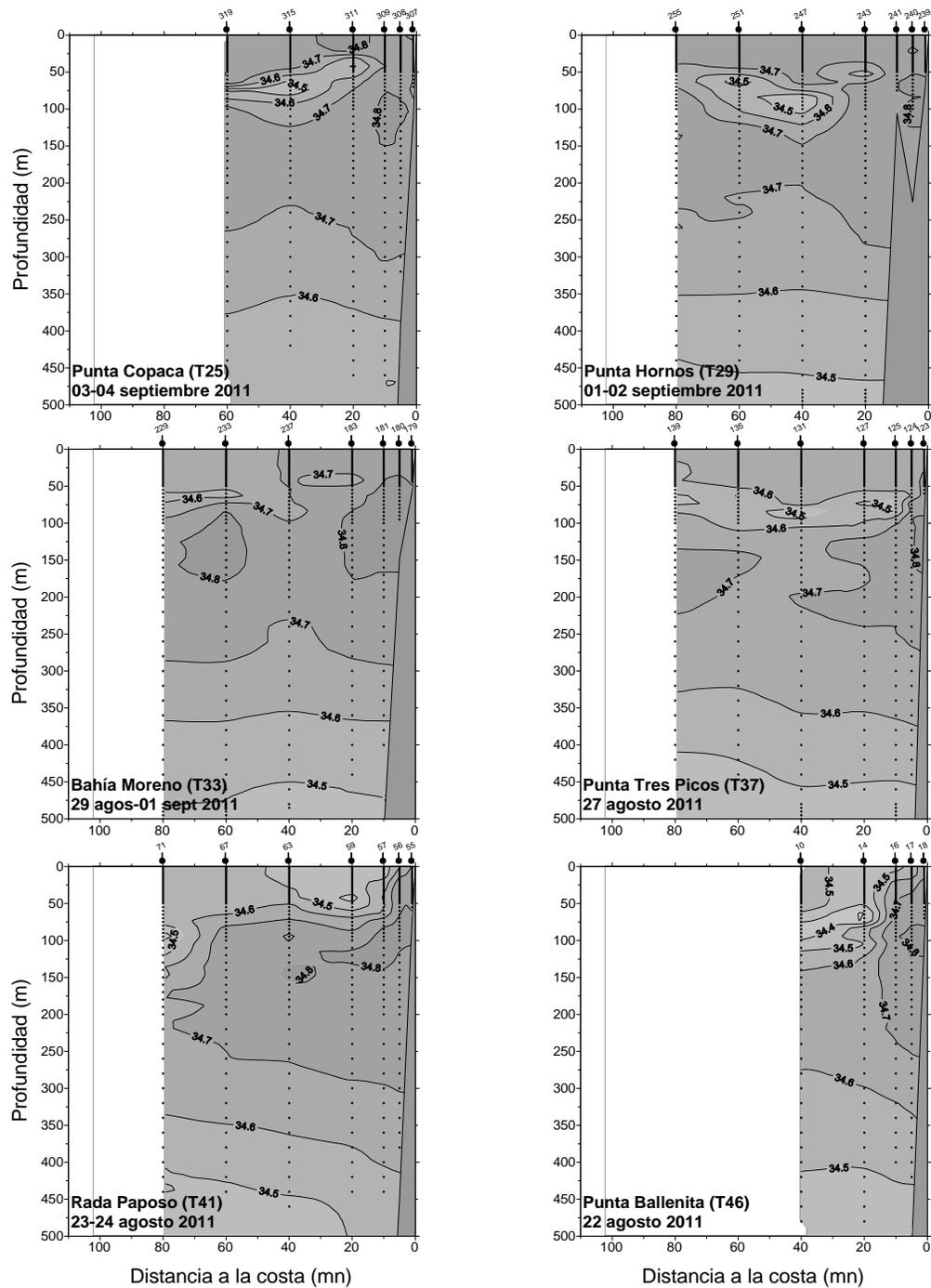


Figura 29. Distribución vertical de salinidad (°C) en las transectas oceanográficas 25, 29, 33, 37, 41 y 46. Crucero MPH - Invierno 2011.

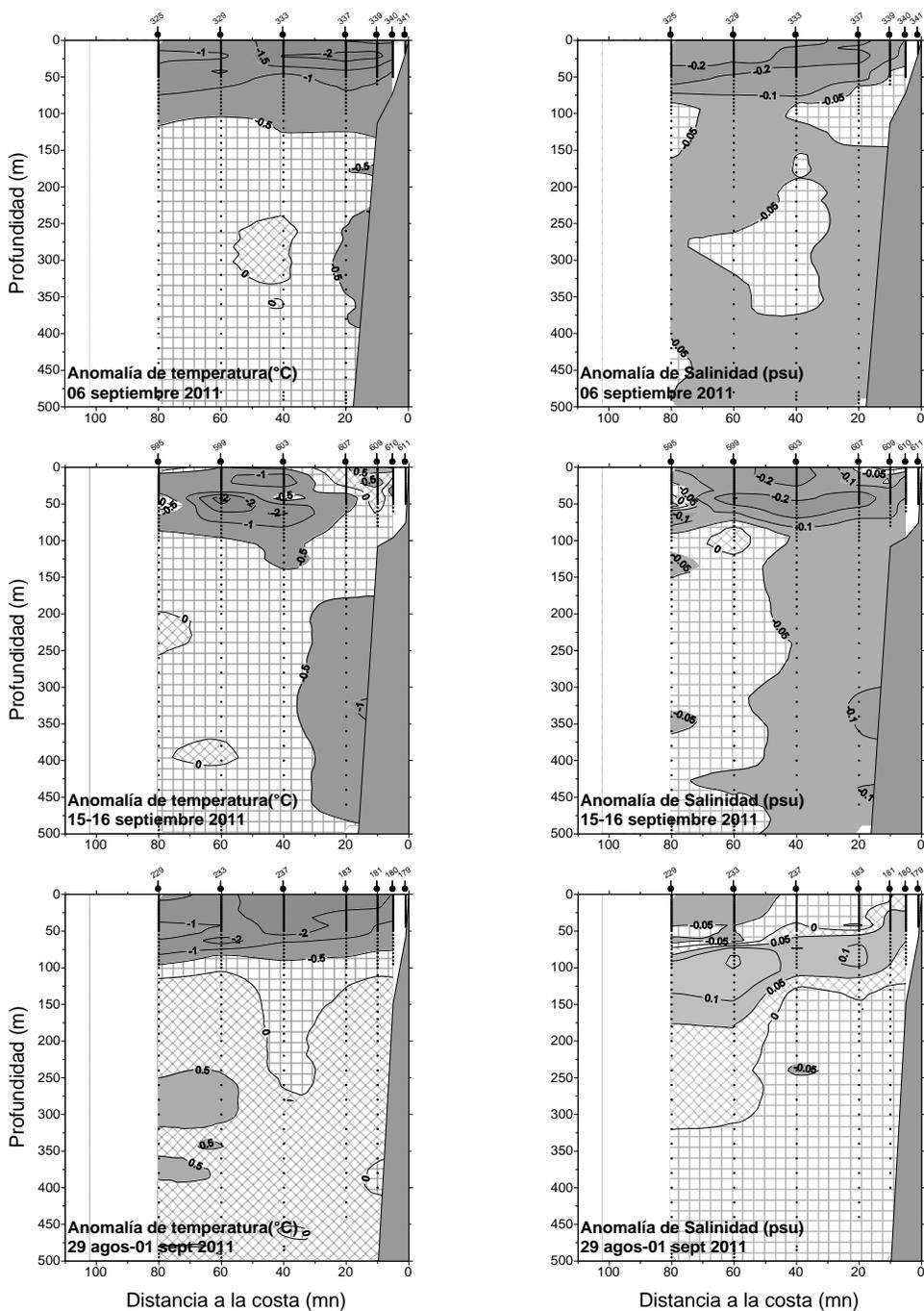


Figura 30. Anomalia vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas: de Arica (18°25'S) (T1), punta Lobos (21°00'S) (T17) y Bahía Moreno (23°40'S) (T33). Crucero MPH - Invierno 2011.

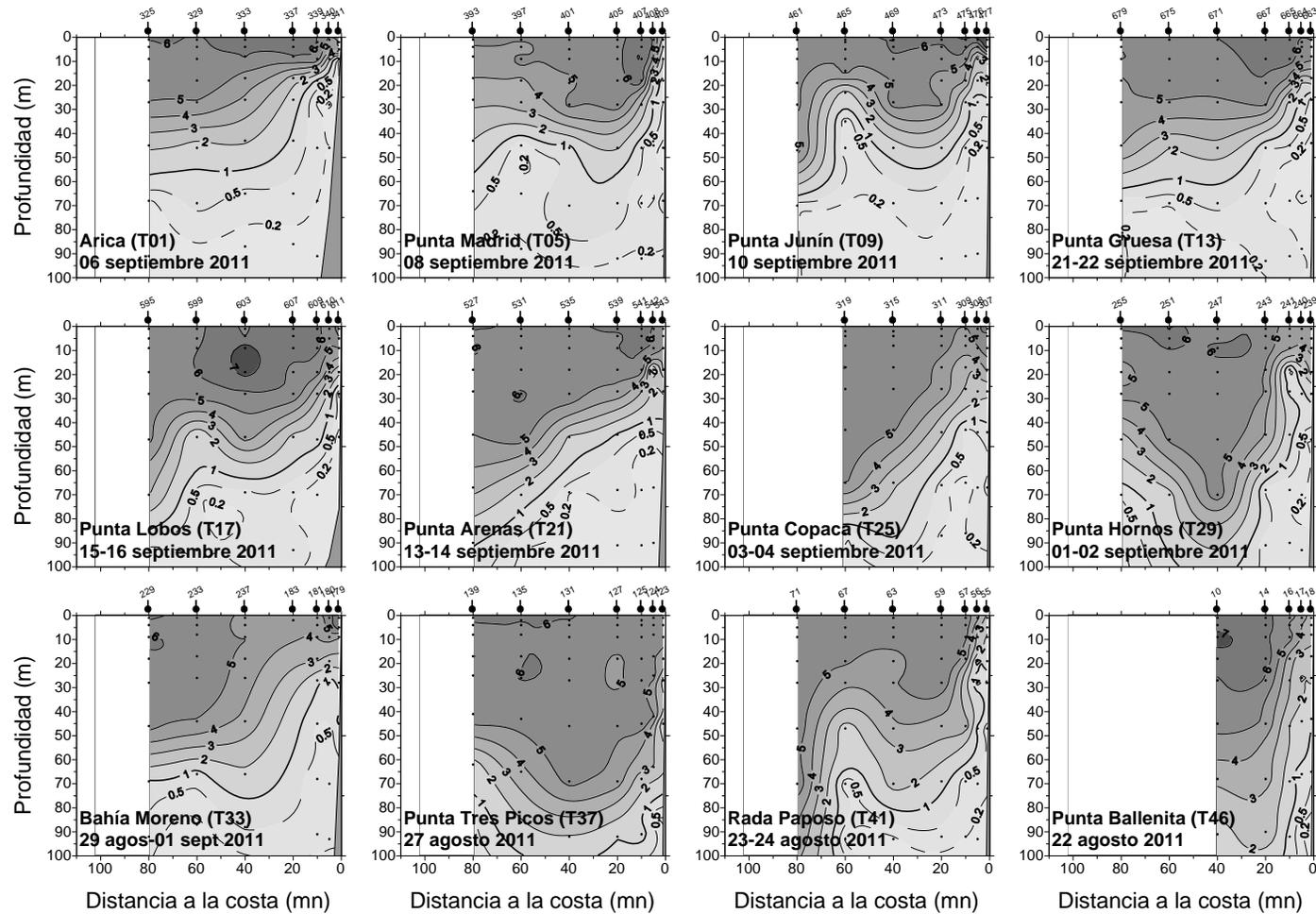


Figura 31. Distribuci3n vertical de oxígeno disuelto (mL/L), transectas 1 a la 46. Crucero MPH - Invierno 2011.

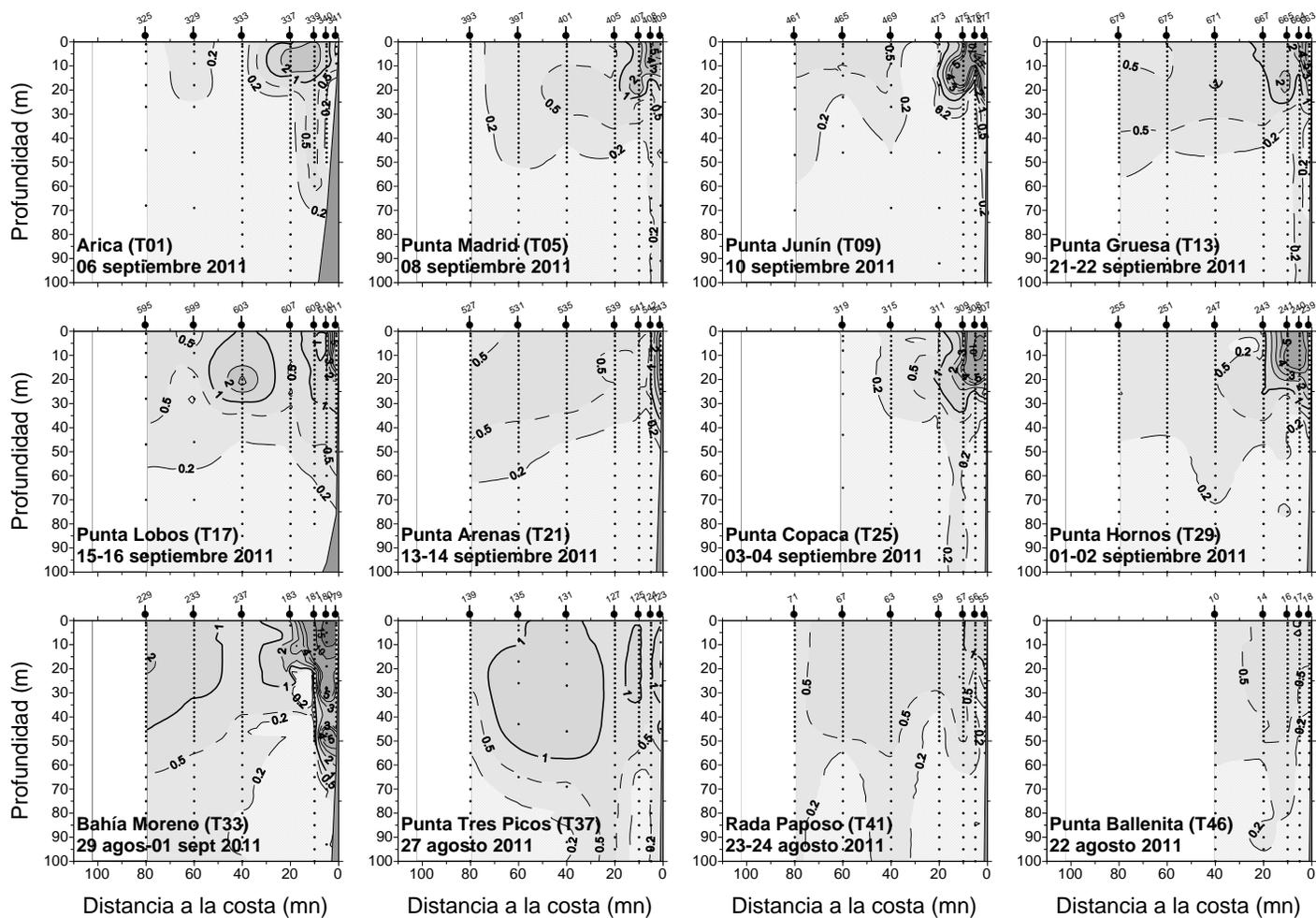


Figura 32. Distribuci3n vertical clorofila-a ($\mu\text{g/L}$), transectas 1 a la 46. Crucero MPH - Invierno 2011.

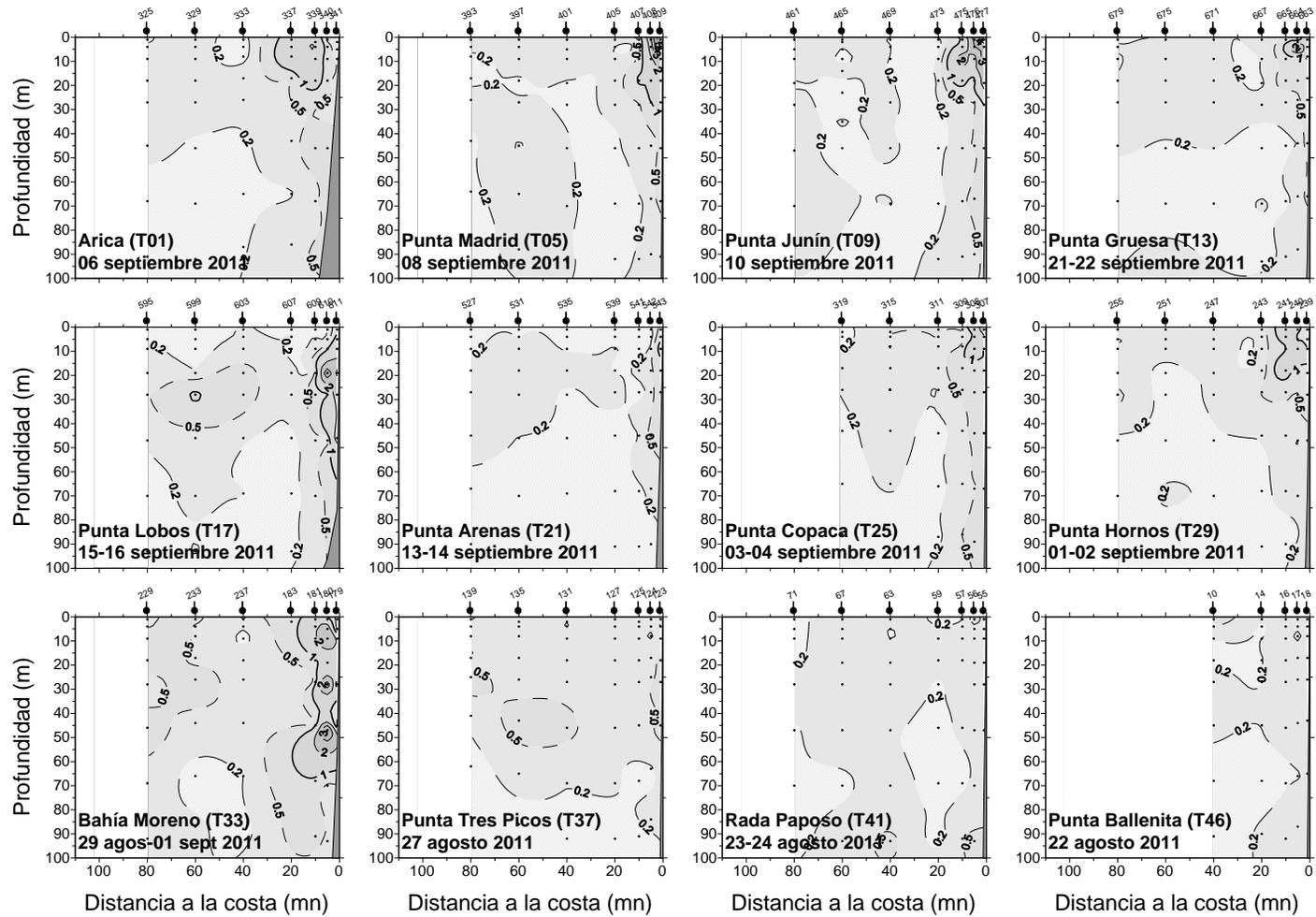


Figura 33. Distribuci3n vertical feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), transectas 1 a la 46. Crucero MPH - Invierno 2011.

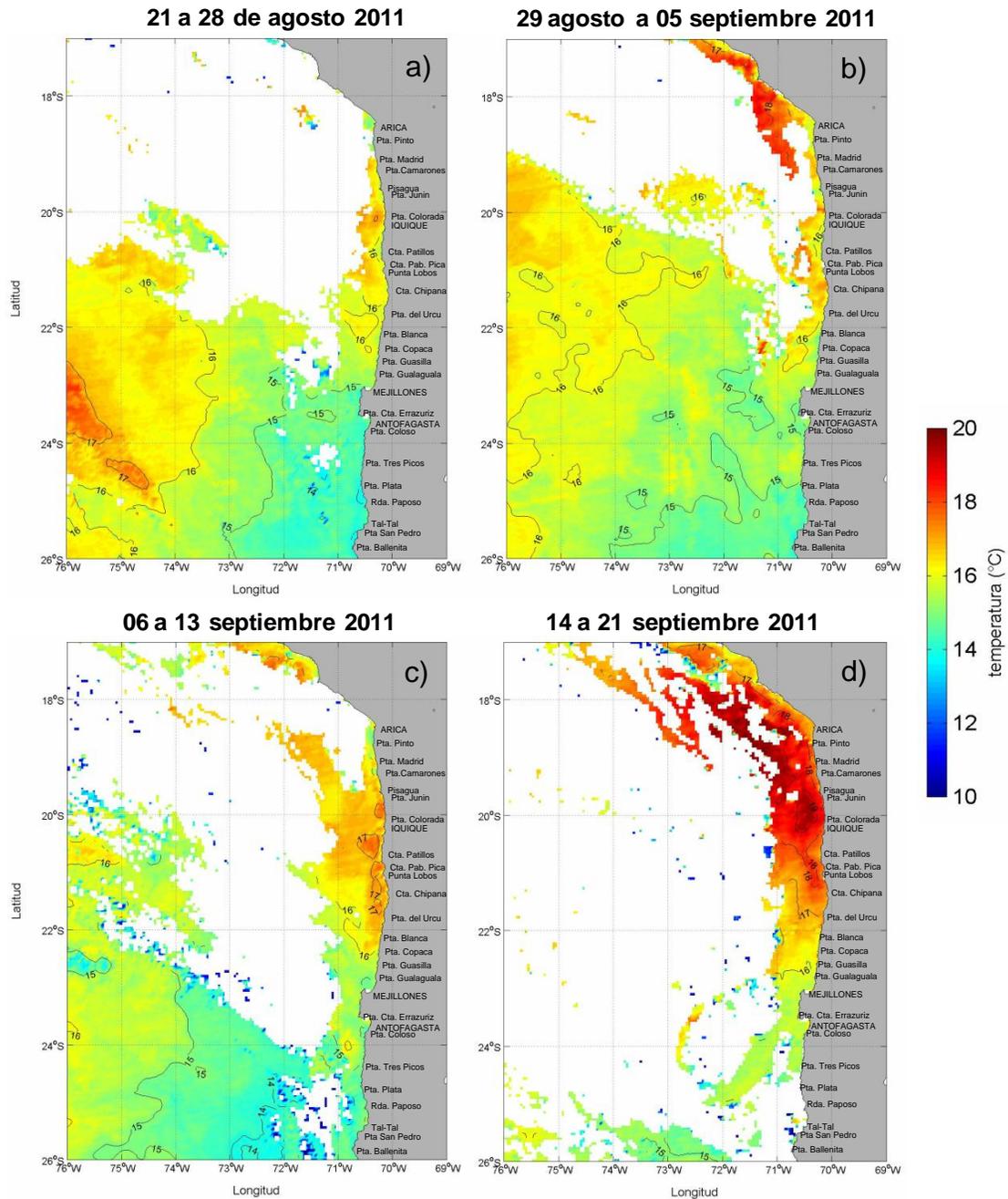


Figura 34. Temperatura superficial del mar (°C) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días (a) 21 y 28 de agosto, (b) 29 agosto y 5 septiembre, (c) 6 y 13 de septiembre y (d) 14 y 21 de septiembre de 2011.

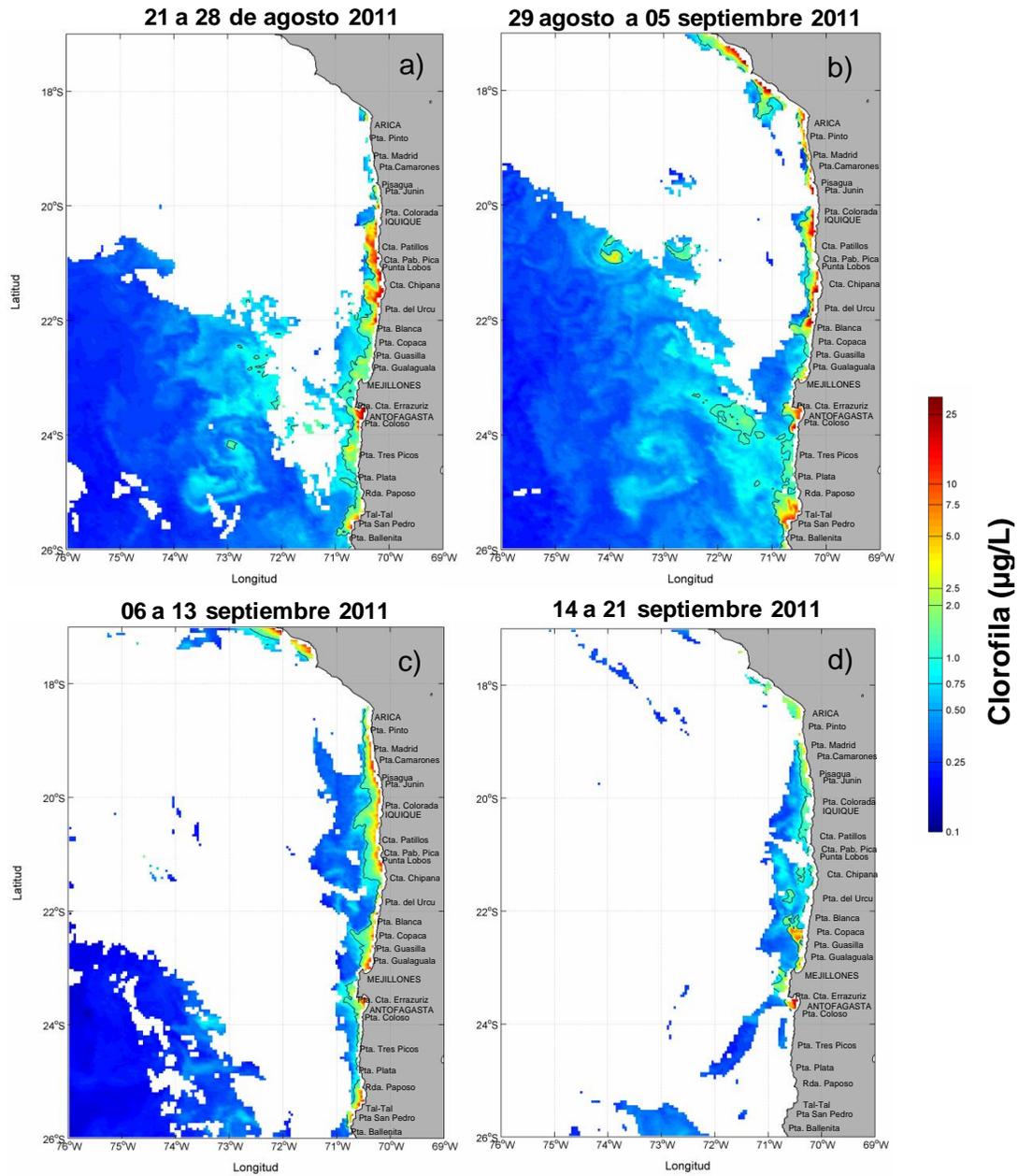


Figura 35. Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días (a) 21 y 28 de agosto, (b) 29 agosto y 5 septiembre, (c) 6 y 13 de septiembre y (d) 14 y 21 de septiembre de 2011. La línea negra marca la isolínea de 1 $\mu\text{g/L}$.

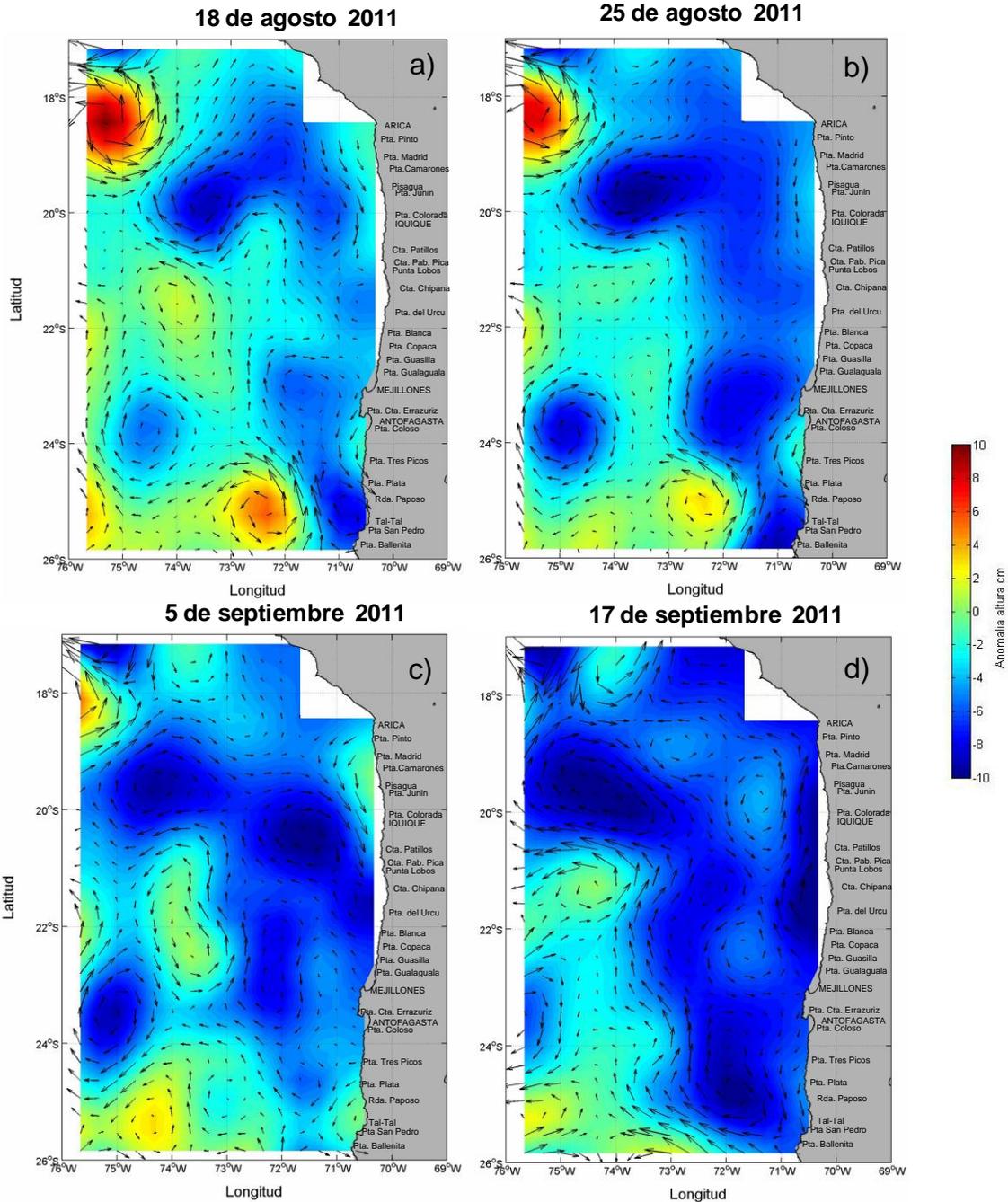


Figura 36. Anomalia del nivel del mar (cm) y velocidad geostrofica (cm/s) provenientes de la combinaci3n de los sat3lites ERS, Topex y Jason, correspondientes a los d1as 18 y 25 de agosto y 5 y 17 de septiembre de 2011.

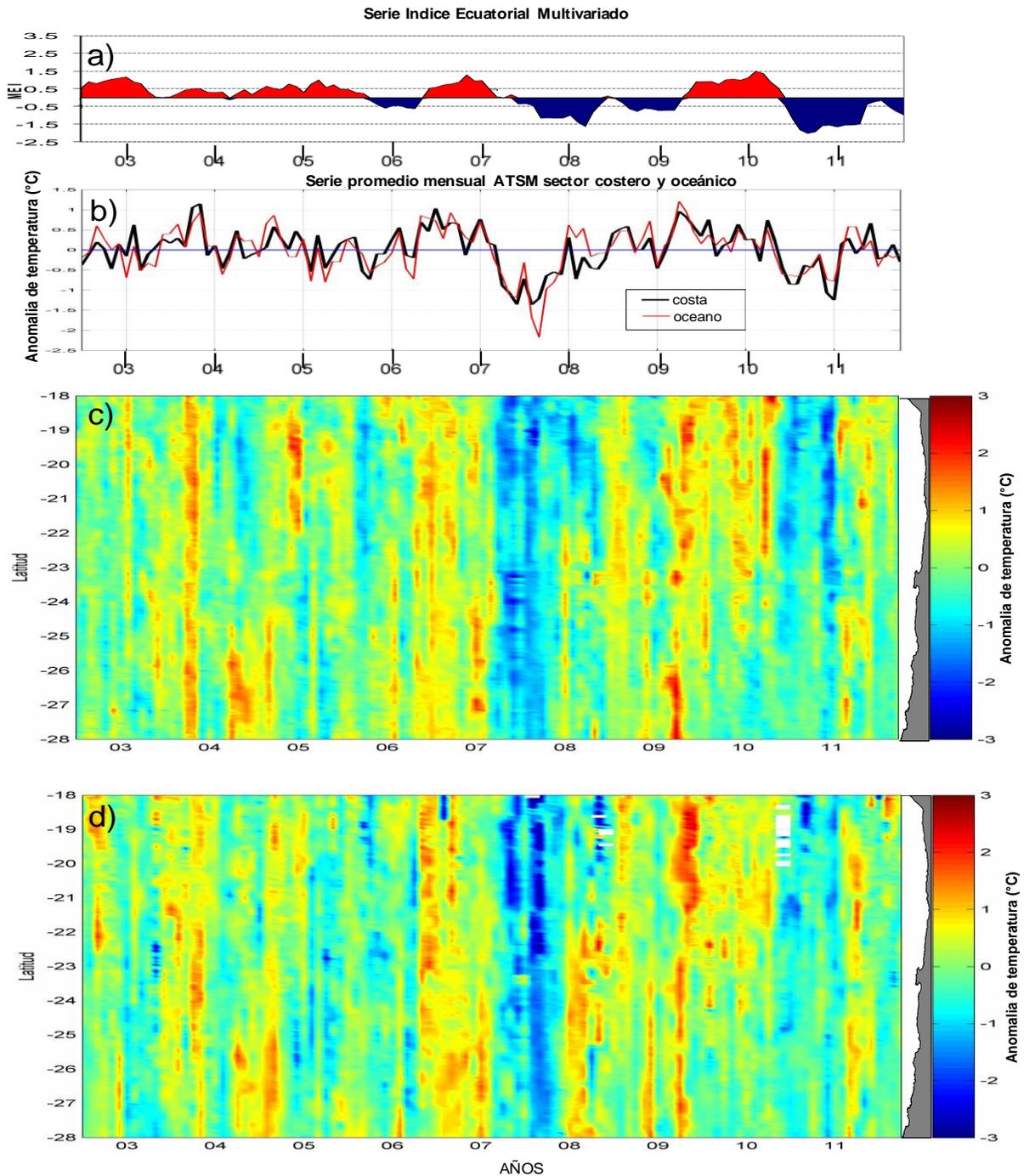


Figura 37. Series de tiempo para el período julio 2002- octubre 2011 de a) Índice Multivariado Ecuatorial (**MEI**), b) promedio de las anomalías de temperatura (°C) por fecha entre las latitudes 18° a 28°S en el sector costero y oceánico; Diagramas Hovmöller para el mismo período y área de la anomalía de temperatura (°C) superficial del mar (satelital) c) costera y d) oceánica.

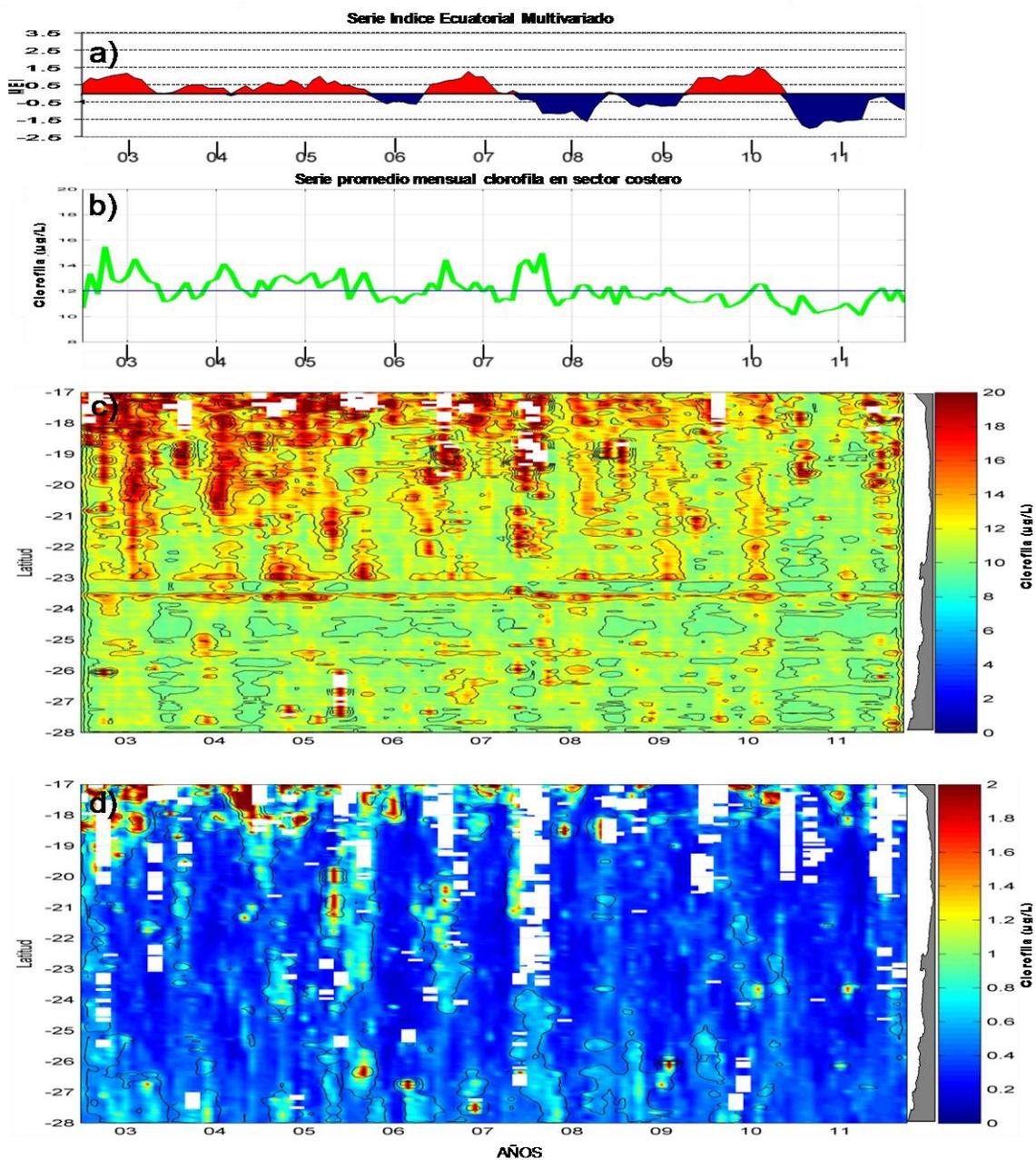


Figura 38. Series de tiempo para el período julio 2002- octubre 2011 de a) Índice Multivariado Ecuatorial (**MEI**), b) promedio de la concentración de clorofila satelital ($\mu\text{g/L}$) por fecha entre las latitudes 18° a 28°S en el sector costero; Diagramas Hovmöller para el mismo período y área de la concentración de clorofila-a satelital (promedio mensual) ($\mu\text{g/L}$) c) costera y d) oceánica.

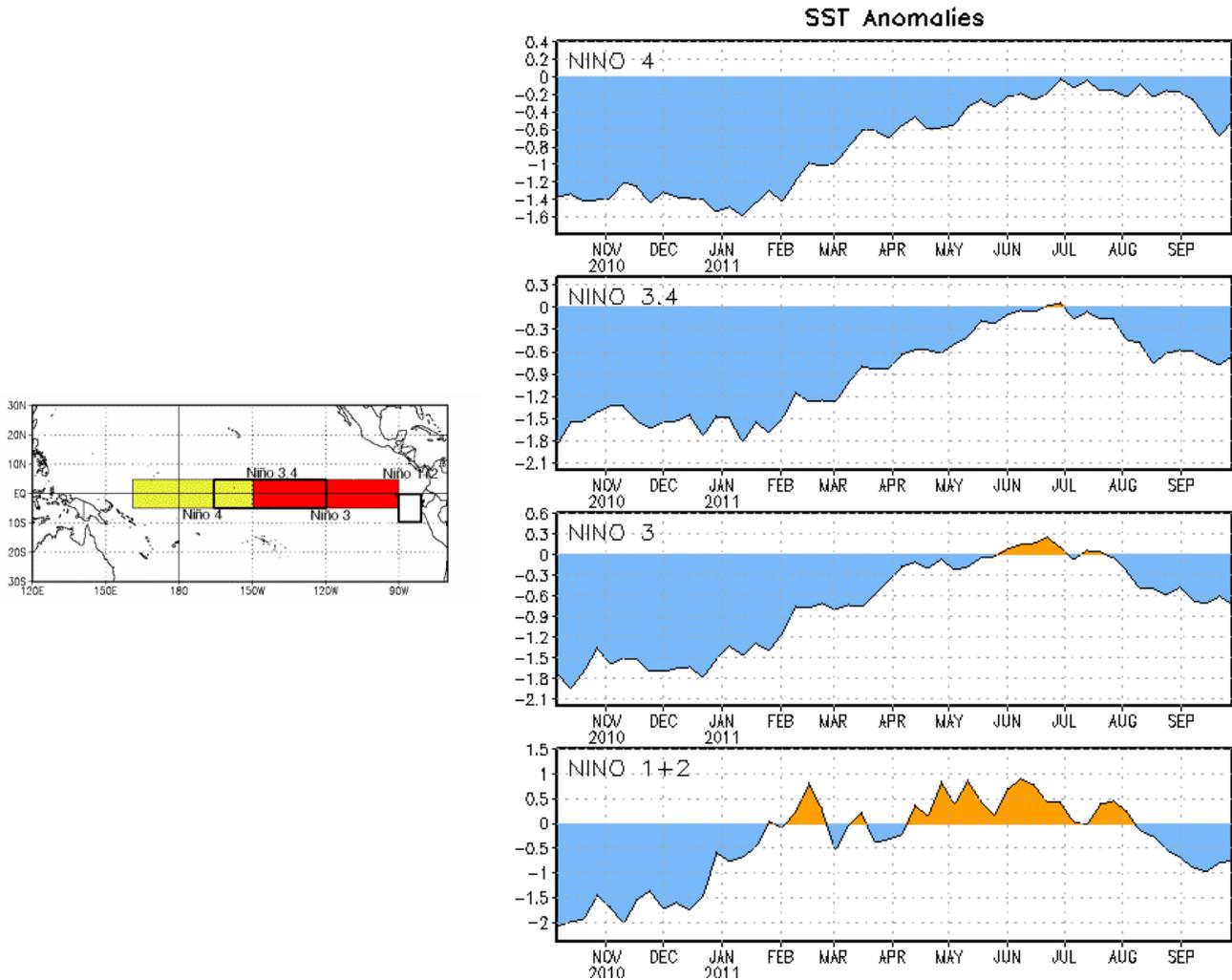
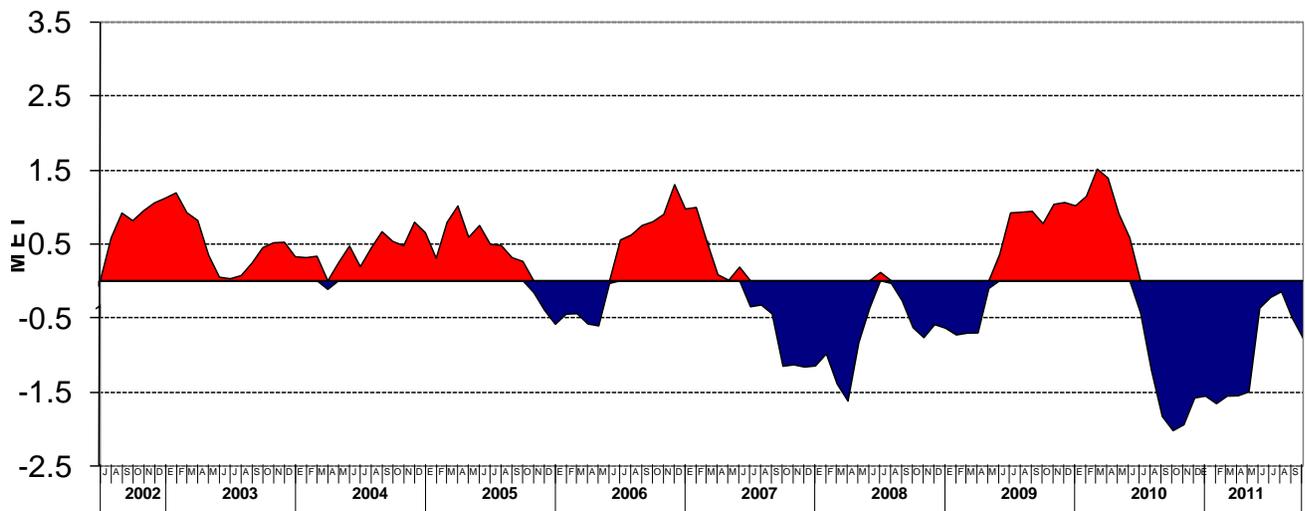


Figura 39. Serie de Tiempo de áreas promediadas para las anomalías en la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de la superficie del océano (SST) en las regiones de El Niño [Niño-1+2 (0° - 10°S , 90°W - 80°W), Niño 3 (5°N - 5°S , 150°W - 90°W), Niño-3.4 (5°N - 5°S , 170°W - 120°W), Niño-4 (150°W - 160°E and 5°N - 5°S)]. Las anomalías de TSM son variaciones de los promedios semanales del período base de 1971-2000.



a) Serie Indice Ecuatorial Multivariado (MEI)



b) Clasificación de eventos ENOS de acuerdo al valor MEI

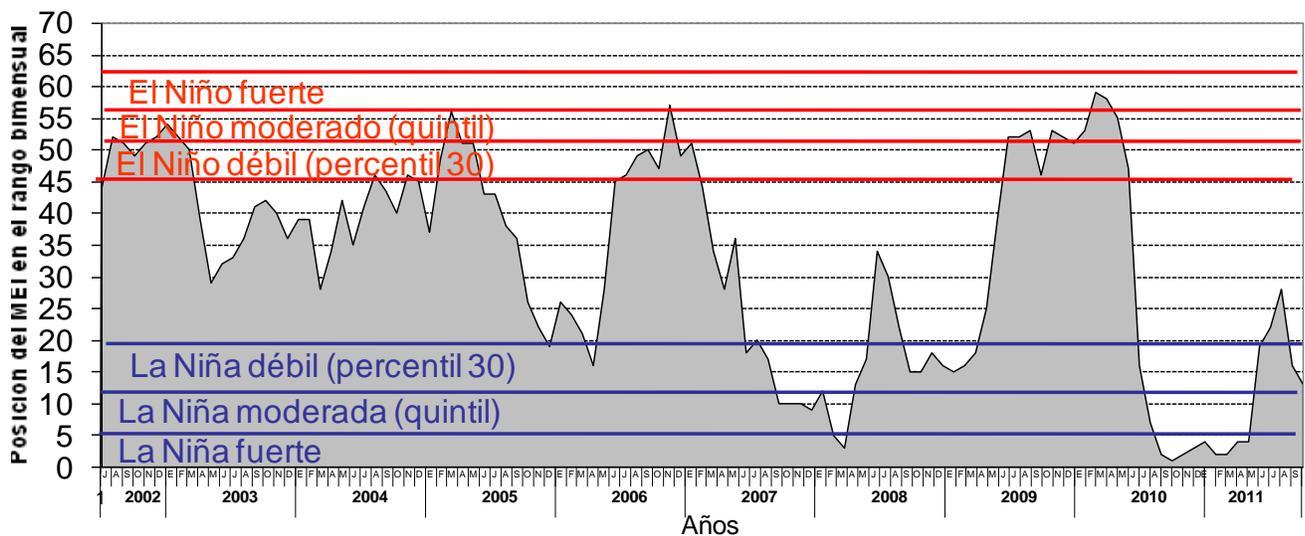


Figura 40. a) Serie de tiempo del Índice Ecuatorial Multivariado (MEI) y b) serie de rangos de intensidad de los periodos cálidos y fríos asociados al valor MEI para el periodo Julio 2002 – septiembre 2011. Fuente: NOAA (<http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>).

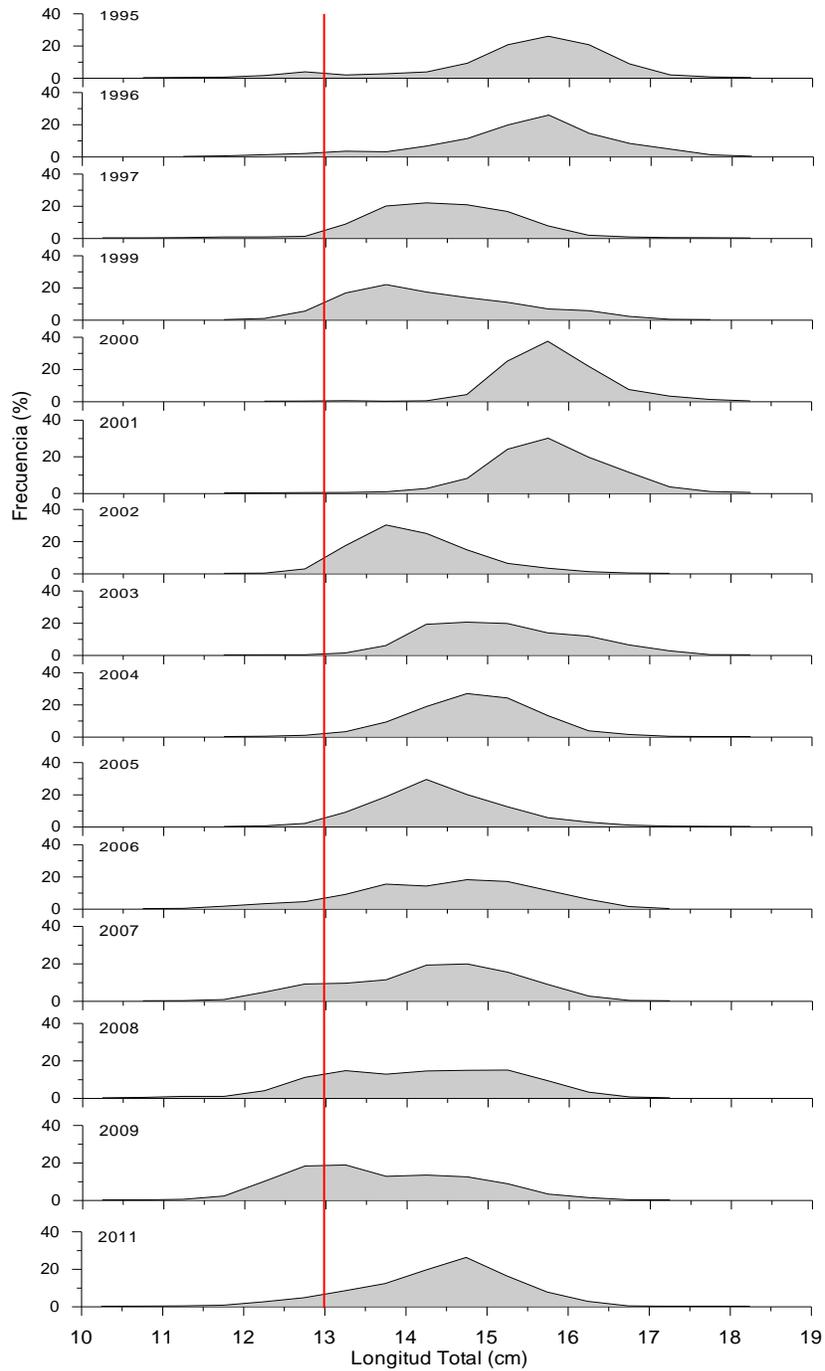


Figura 41. Distribución de tallas de las hembras muestreadas en cada año de aplicación del método de producción de huevos en la zona norte. Línea roja vertical es solo referencial (13 cm).

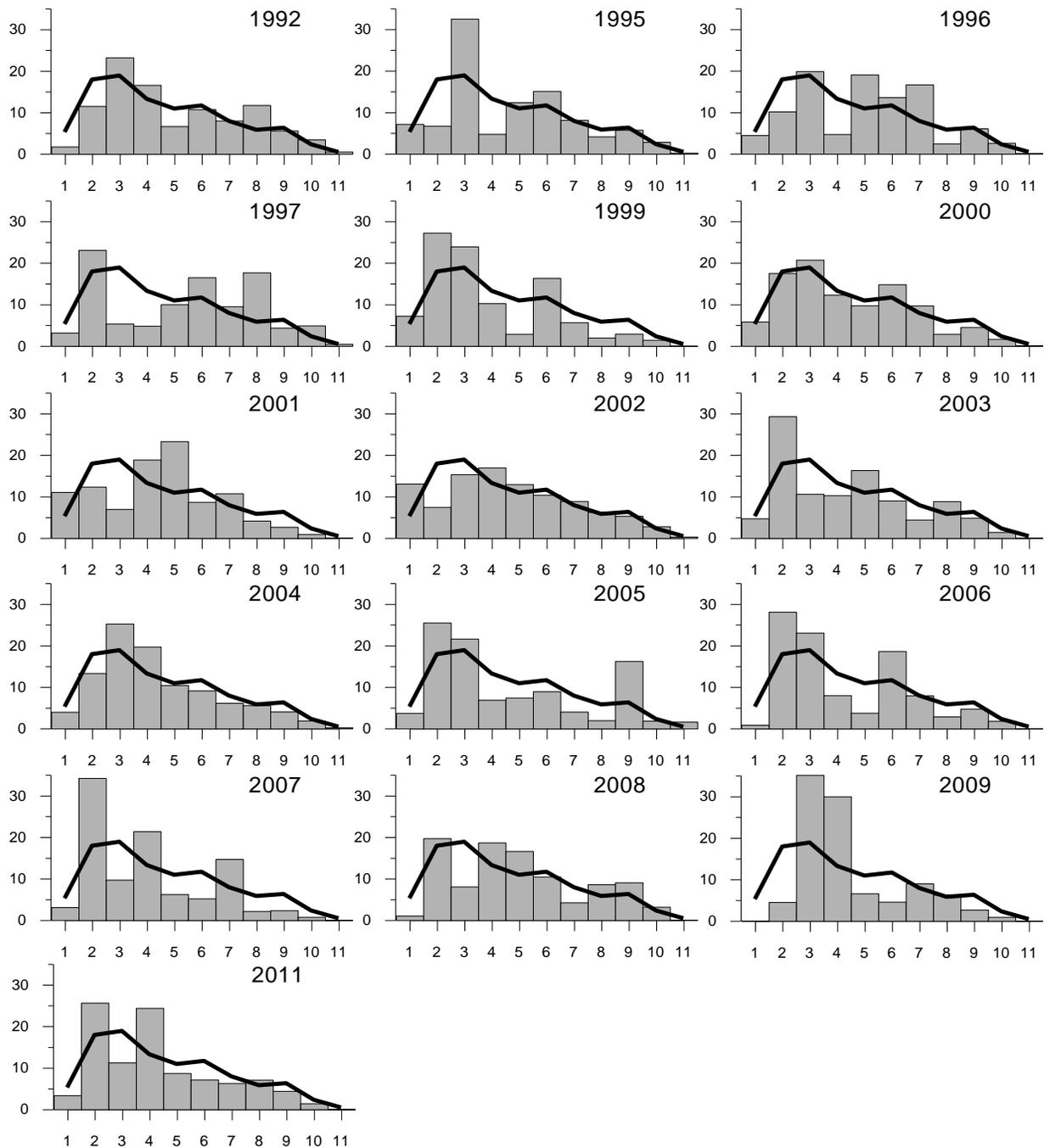


Figura 42. Frecuencia (Nº) de huevos de anchoveta por estadio de desarrollo para cada año de cruceo ictioplanctónico. Barras: Frecuencia (%) del año. Línea: Frecuencia (%) considerando todos los cruceos.

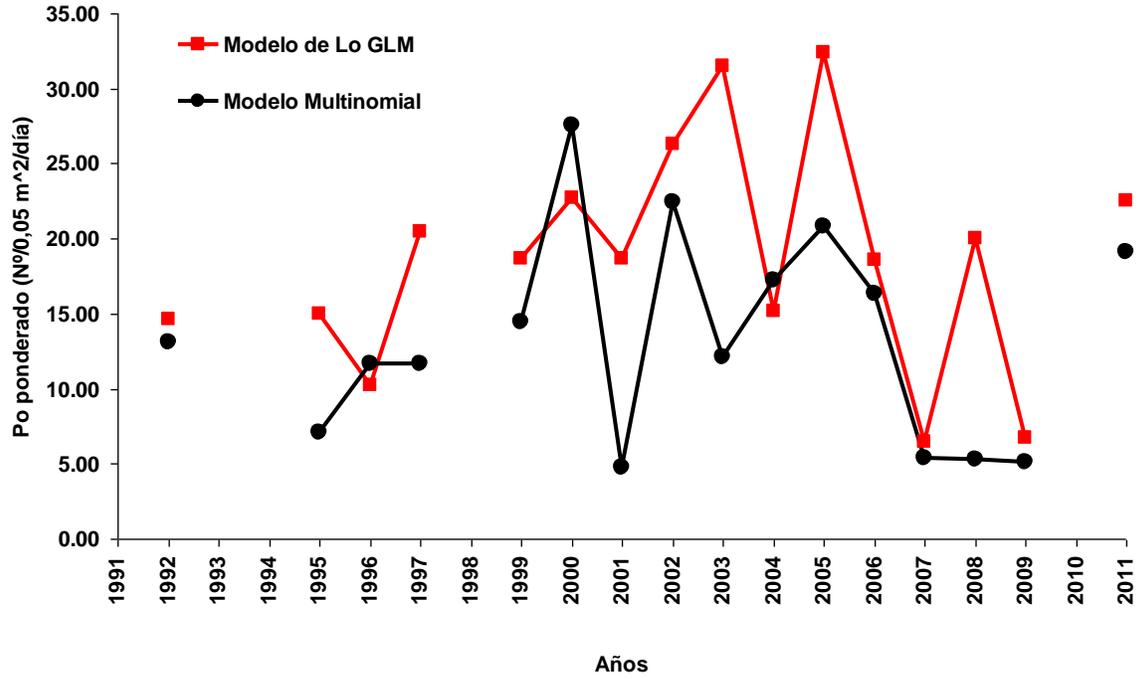


Figura 43. Estimaciones de Producción diaria de huevos (Nº/0,05 m²/día), ponderado por el área, para anchoveta de la zona norte, en base a las dos metodologías aplicadas

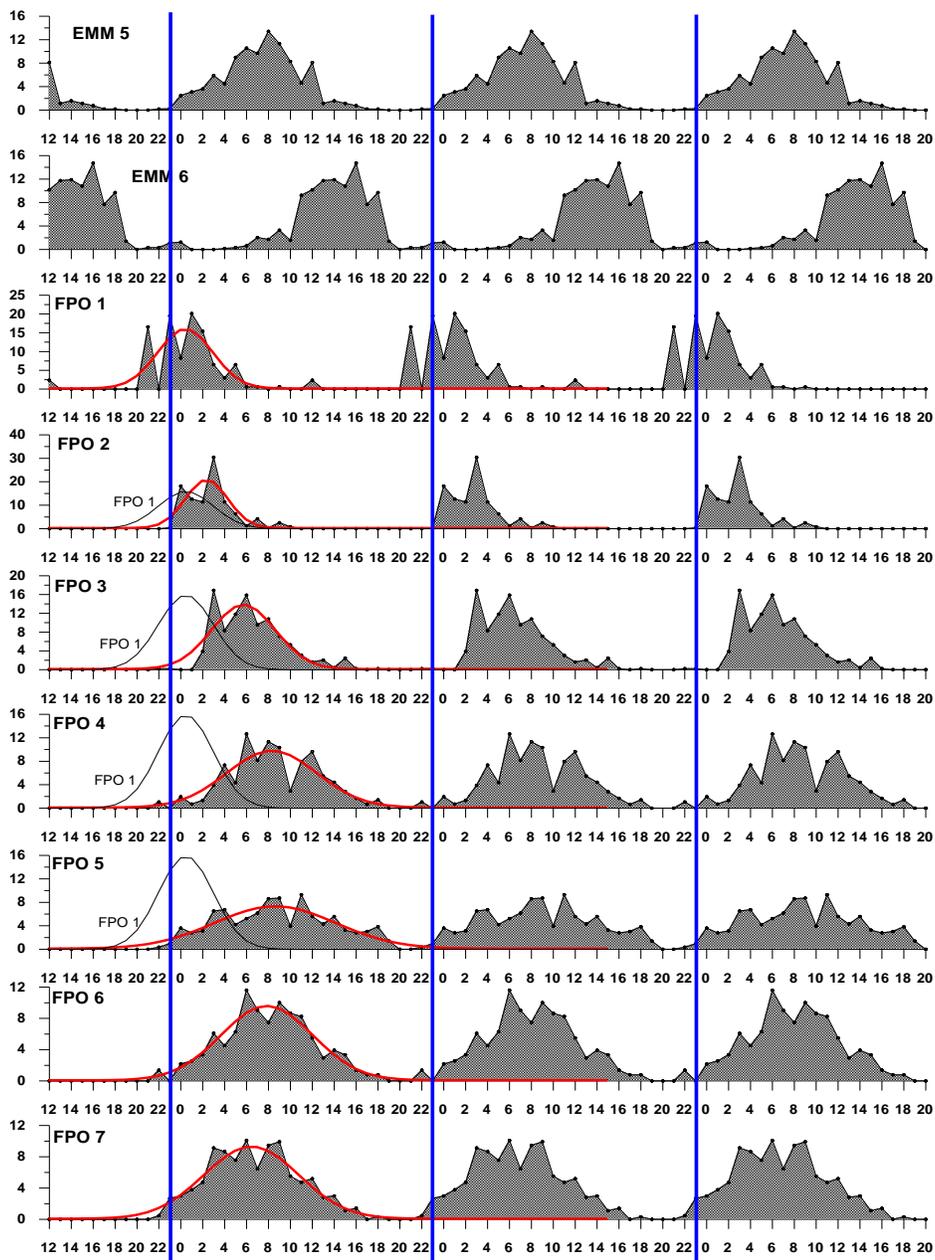


Figura 44. Distribución temporal de los estadios madurez microscópica y FPO de la zona norte de Chile. Líneas azules verticales representan el pico de desove (23:00 h). Línea roja representa un ajuste de distribución normal (Con hora acumulada a partir de las 12:00). Línea negra delgada (FPO 1) es la repetición de la distribución estimada para FPO 1. Información acumulada del 2004 al 2008 (Claramunt *et al*, 2007).

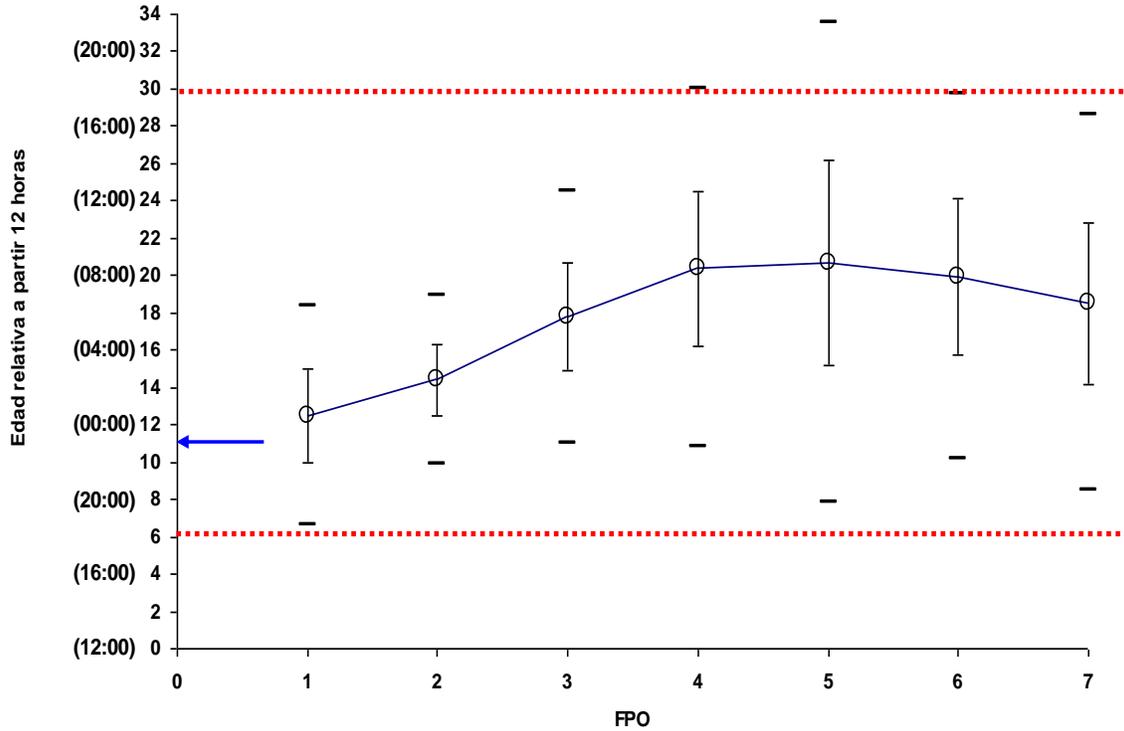


Figura 45. Edades medias de los estadios de FPO según ajuste por modelo de tipo Normal en base a la hora acumulada a partir de las 12:00. Círculos: Edades medias. Líneas verticales: Desviación estándar. Líneas negras horizontales: Intervalo al 99%. Flecha azul horizontal: Pico de desove (23:00). Líneas rojas horizontales: Indica período de 24 horas (18:00 a 18:00). En paréntesis se indica la hora del día en ciclo de 24:00 (Sin acumular).

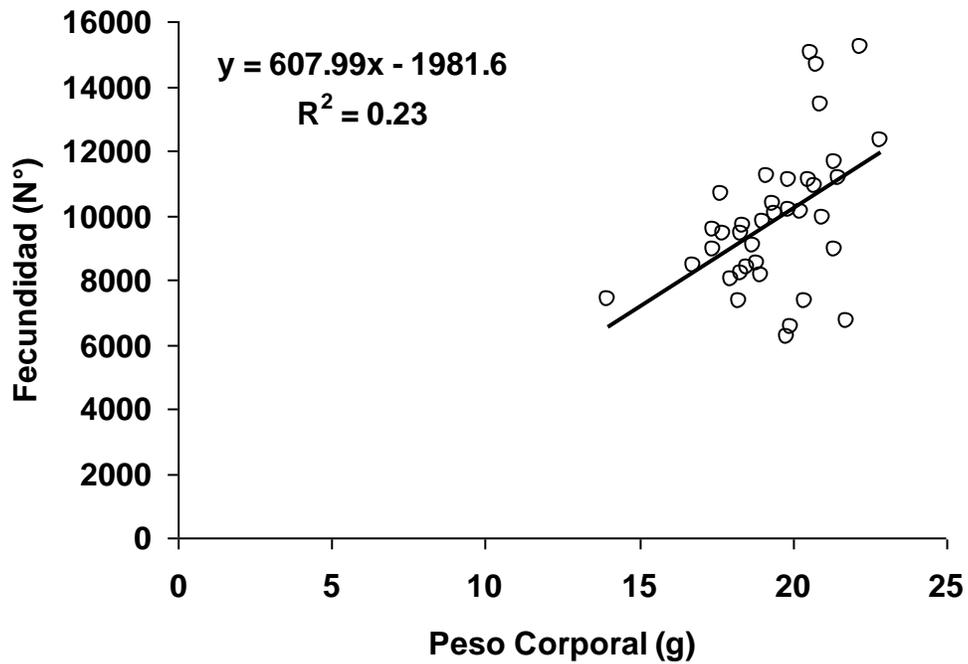


Figura 46. Fecundidad parcial en función del peso corporal para el año 2011.

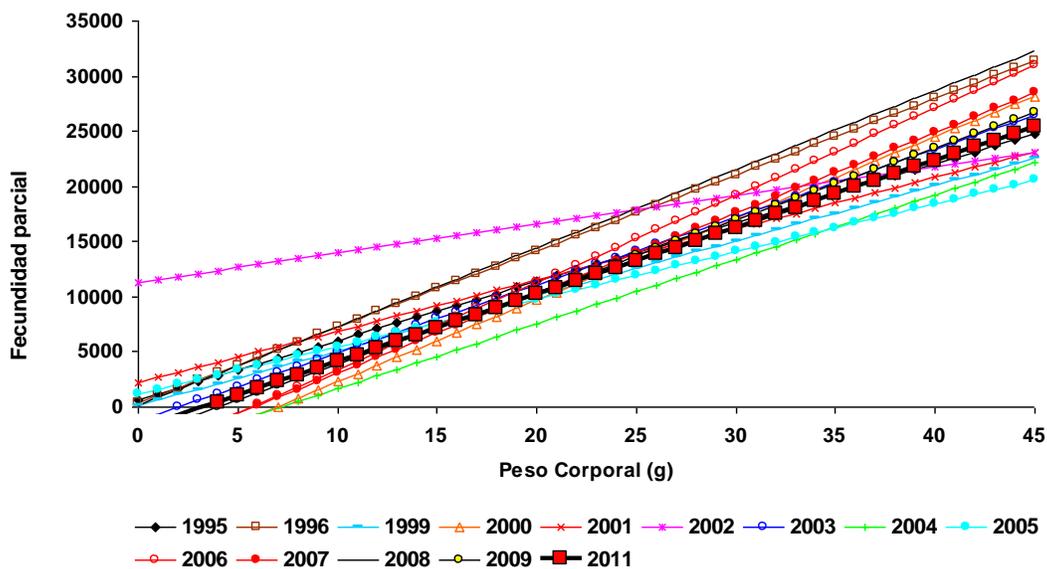


Figura 47. Regresiones de Fecundidad parcial en función del Peso Corporal para distintos años de aplicación del MPH en la zona norte.

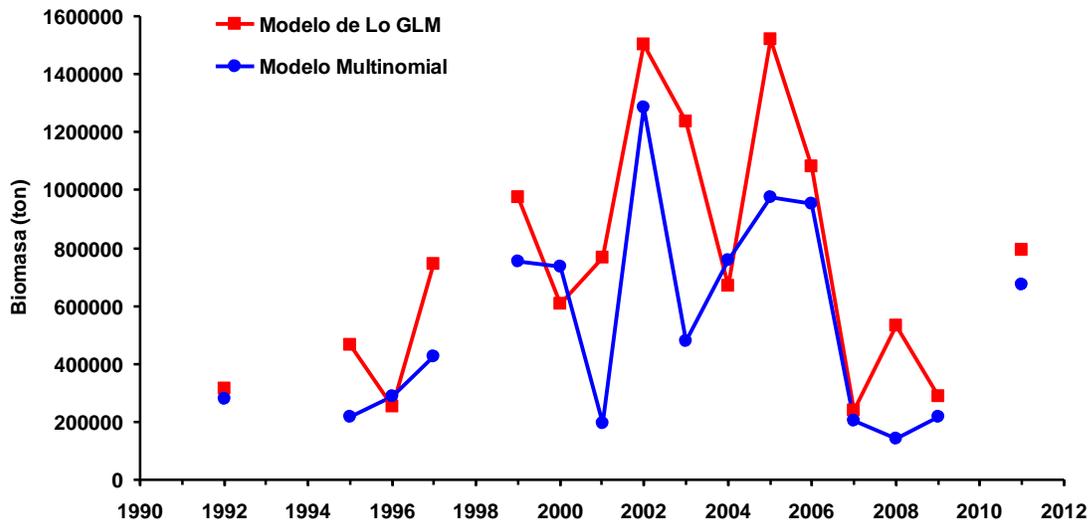


Figura 48. Biomosas desovantes estimadas en cada a1o de aplicaci3n del M3todo de producci3n Diaria de Huevos.

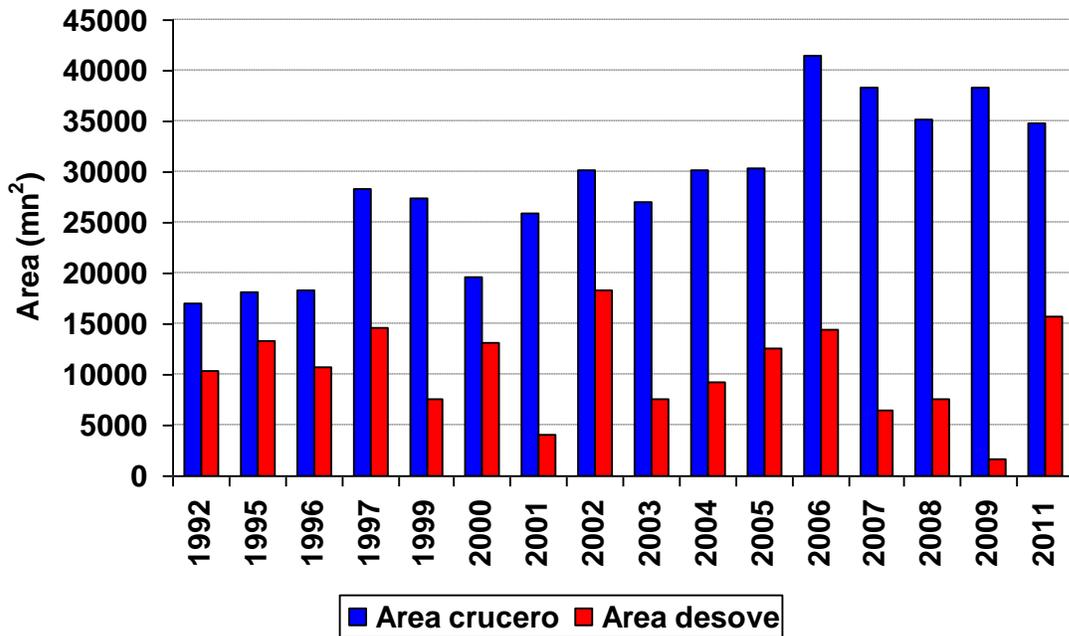


Figura 49. 1reas de crucero y de desove para cada a1o de aplicaci3n del M3todo de producci3n Diaria de Huevos.

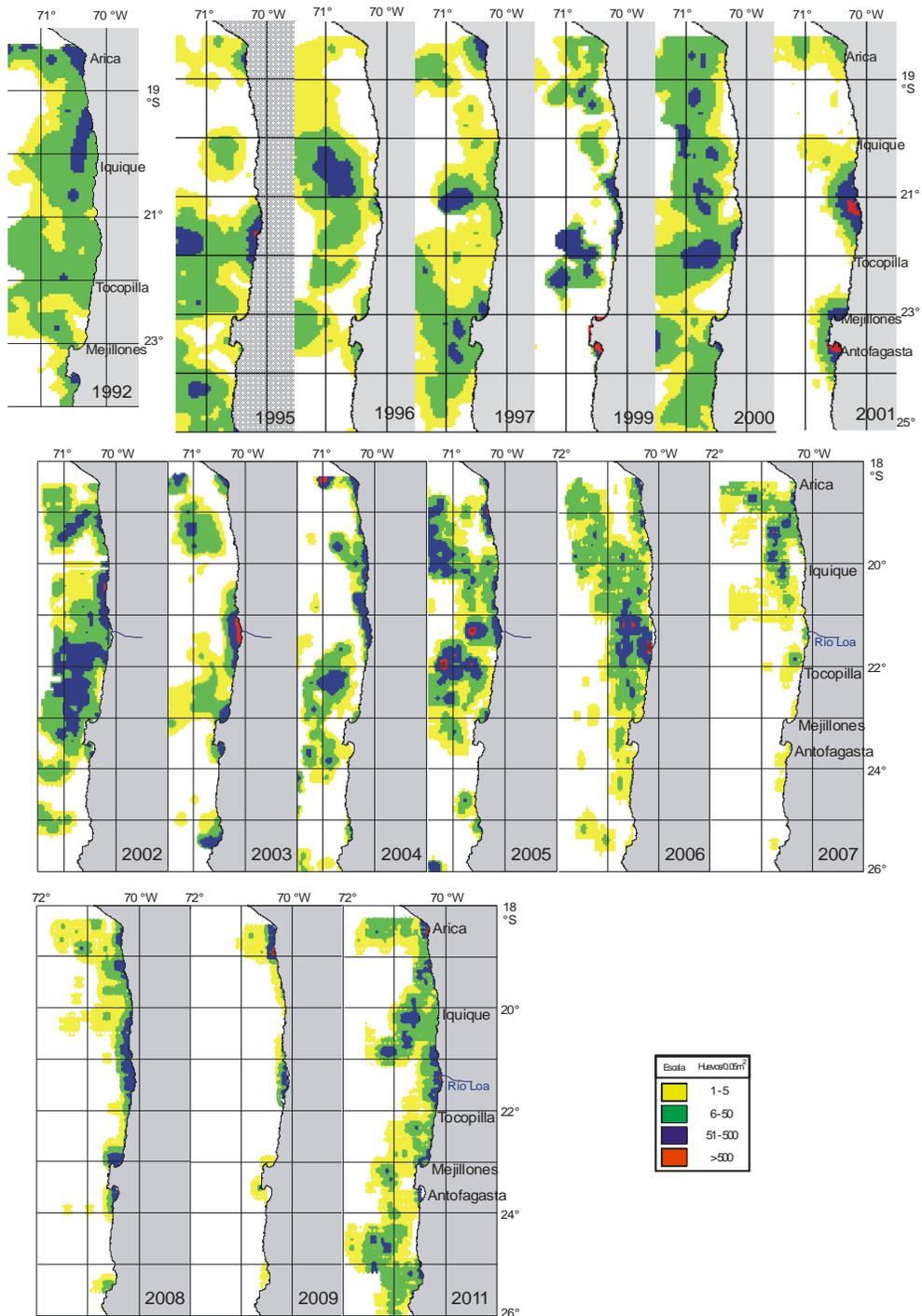


Figura 50. Distribución espacial y temporal de los huevos de anchoveta. Período 1992-2011.

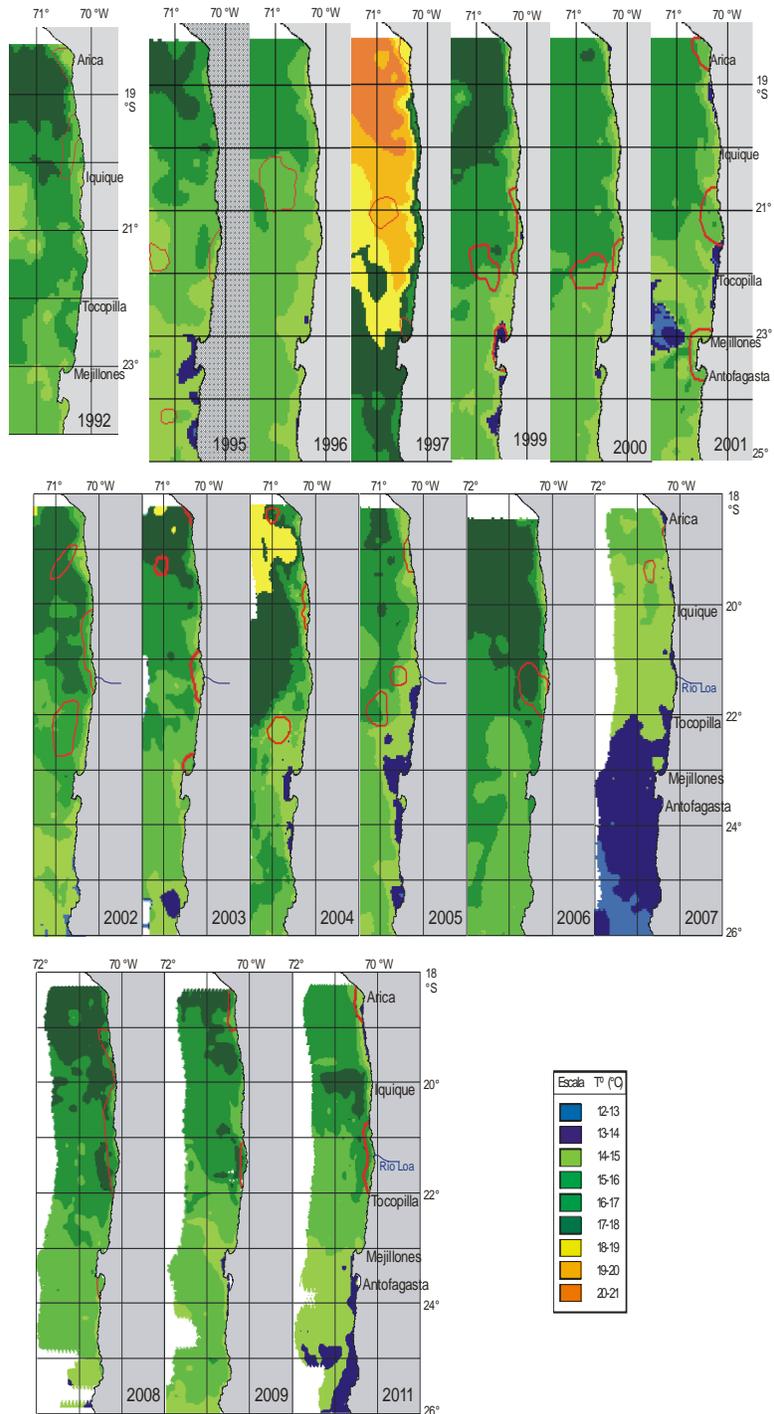


Figura 51. Distribución espacial y temporal de la temperatura a 10 m. Período 1992-2011.

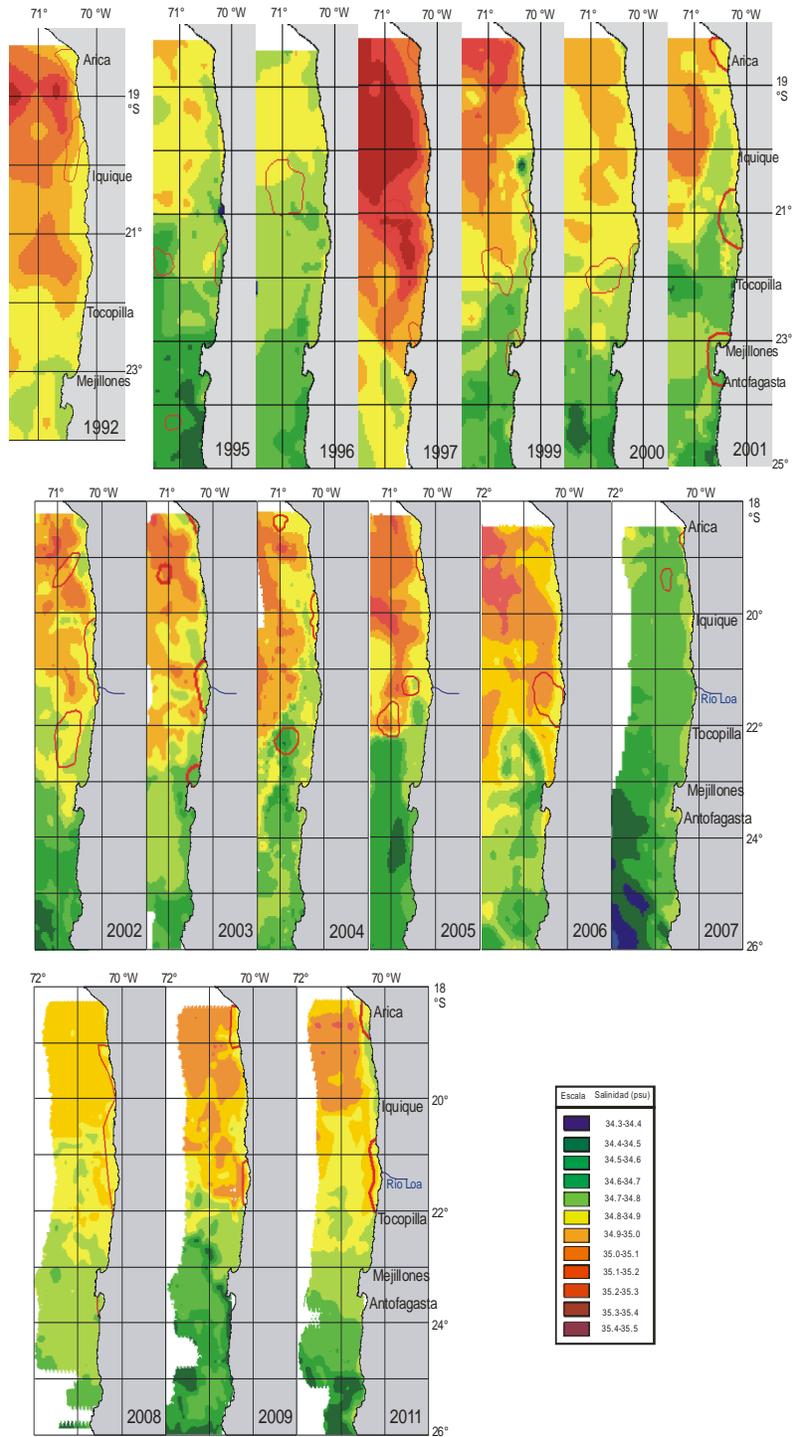


Figura 52. Distribución espacial y temporal de la salinidad superficial. Período 1992-2011.

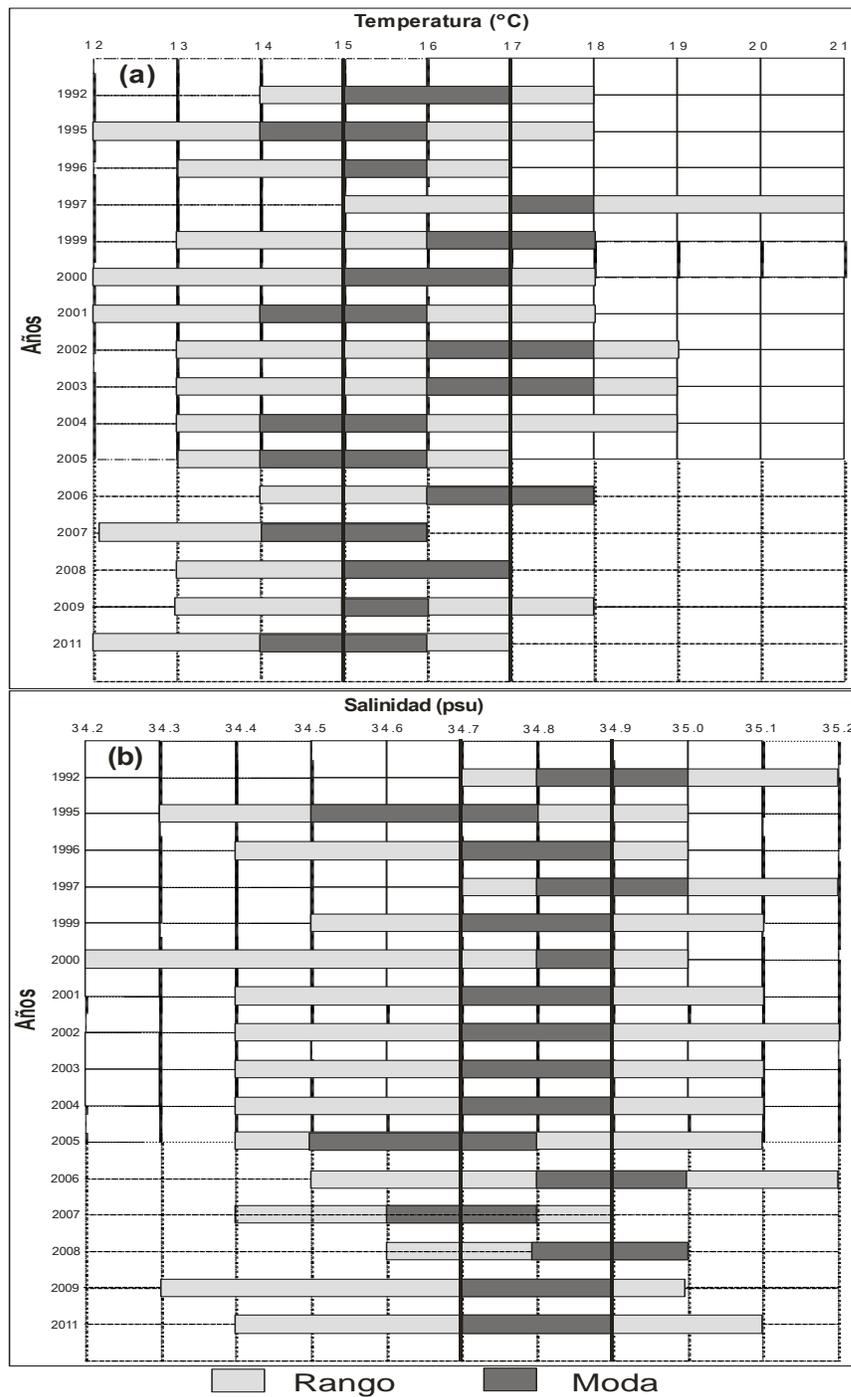


Figura 53. Rangos de distribución preferencial de los huevos de anchoveta respecto de: a) temperatura (°C) y b) salinidad (psu). Período 1992-2011.

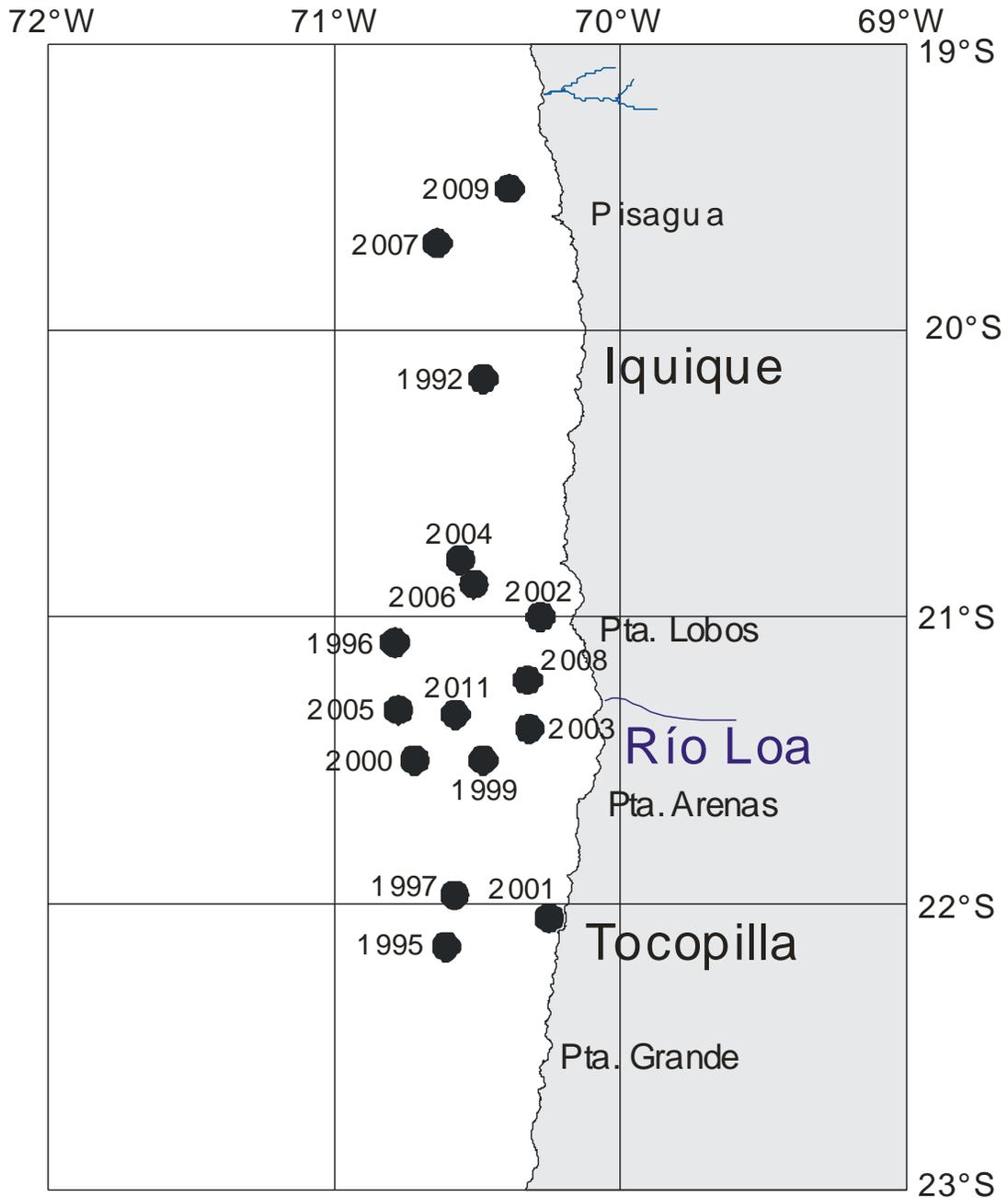


Figura 54. Distribución espacial de los centros de gravedad de las distribuciones de huevos de anchoveta. Período 1992-2011.

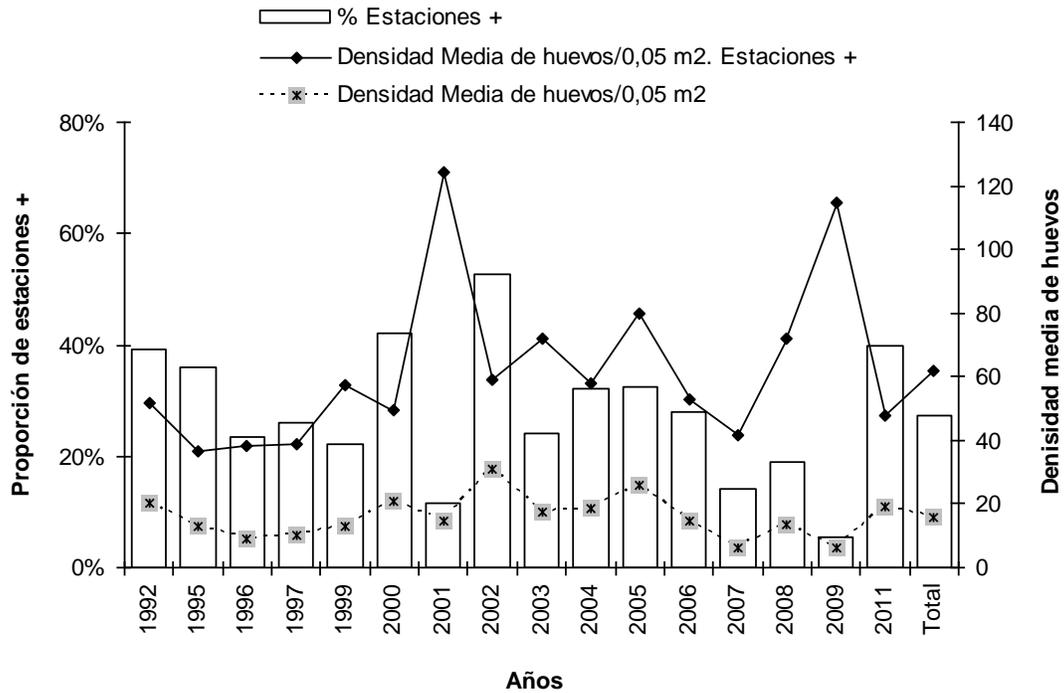


Figura 55. Densidad media de huevos para el total de estaciones y estaciones positivas y proporción de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, por año y total. Cruceros realizados entre la XV y II Región.

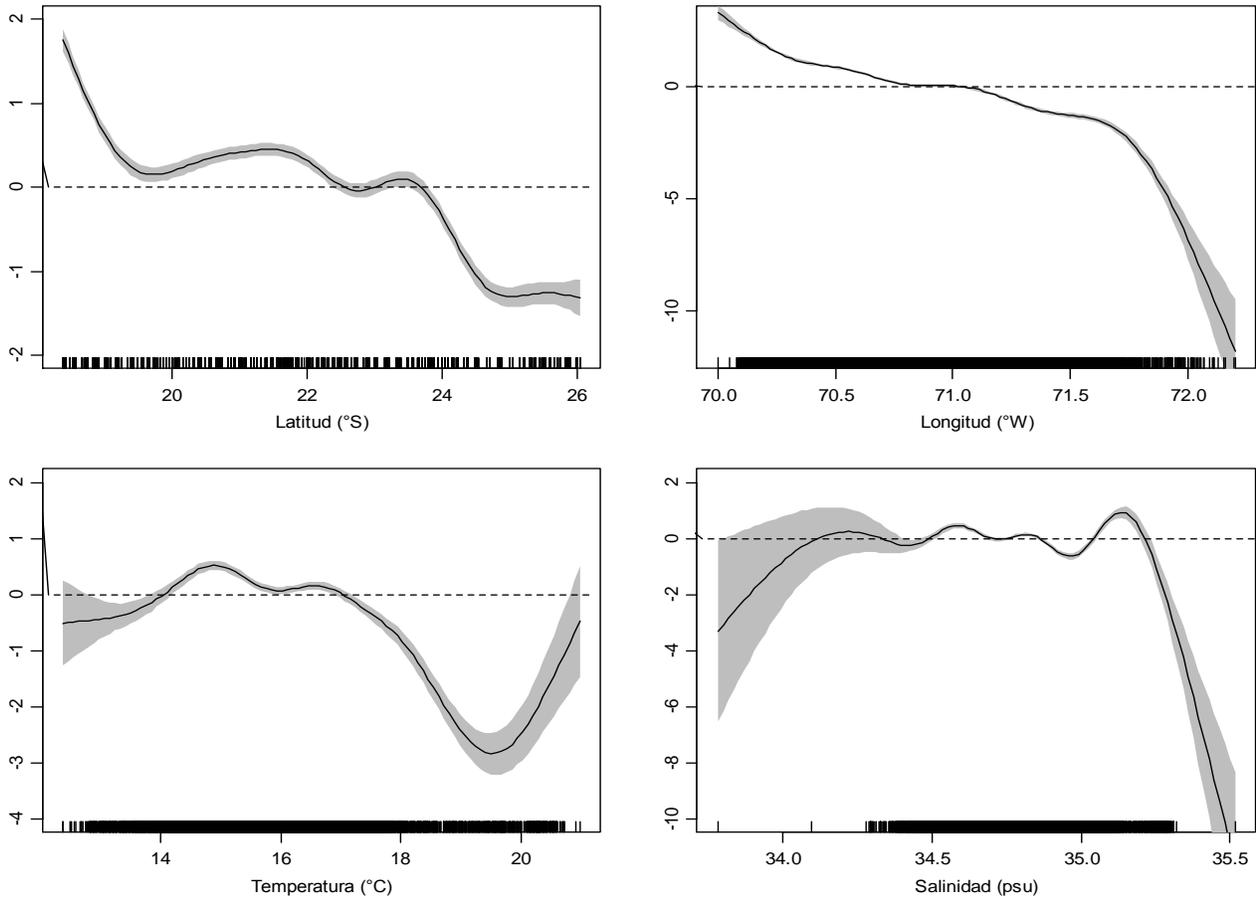


Figura 56. Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura y salinidad superficial sobre la variable densidad de huevos de anchoveta, ajustado un modelo poisson-compuesto (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta y líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza.

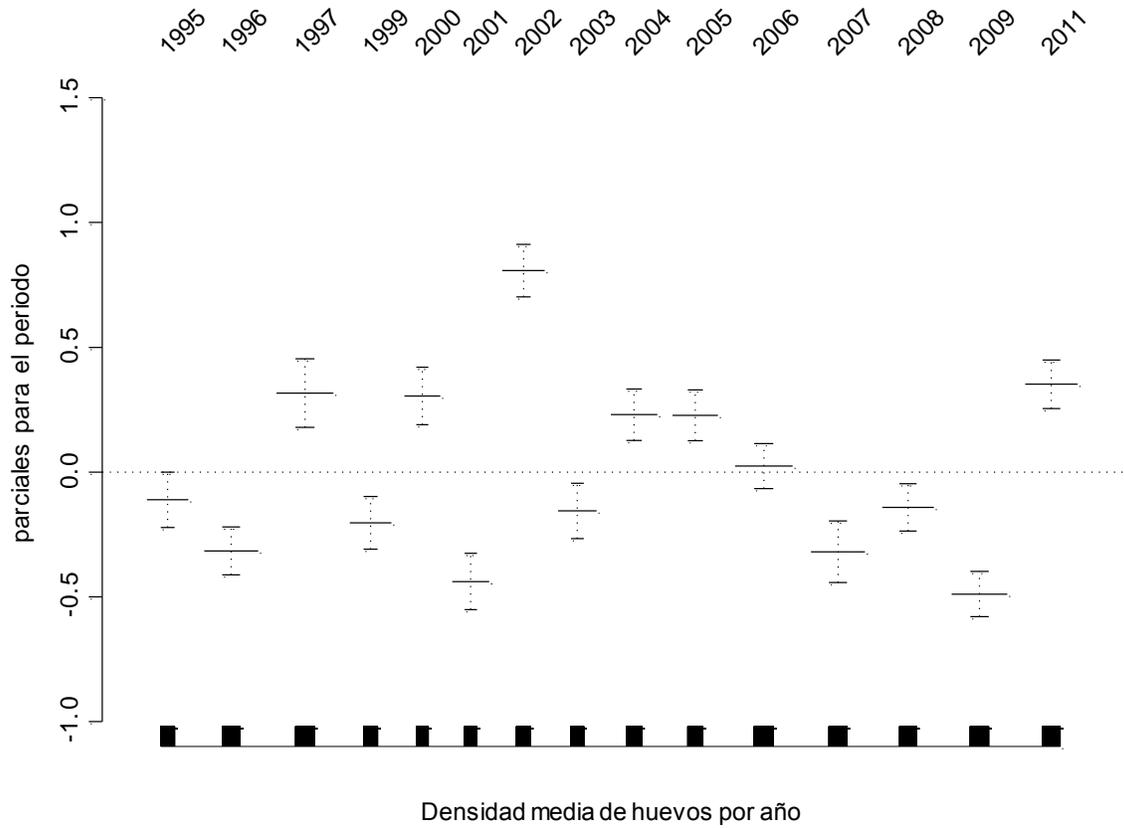


Figura 57. Tendencias de los 3ndices por a1o obtenidos del ajuste del modelo GAM para la densidad de huevos de anchoveta. L3neas segmentadas corresponden a las bandas de confianza.

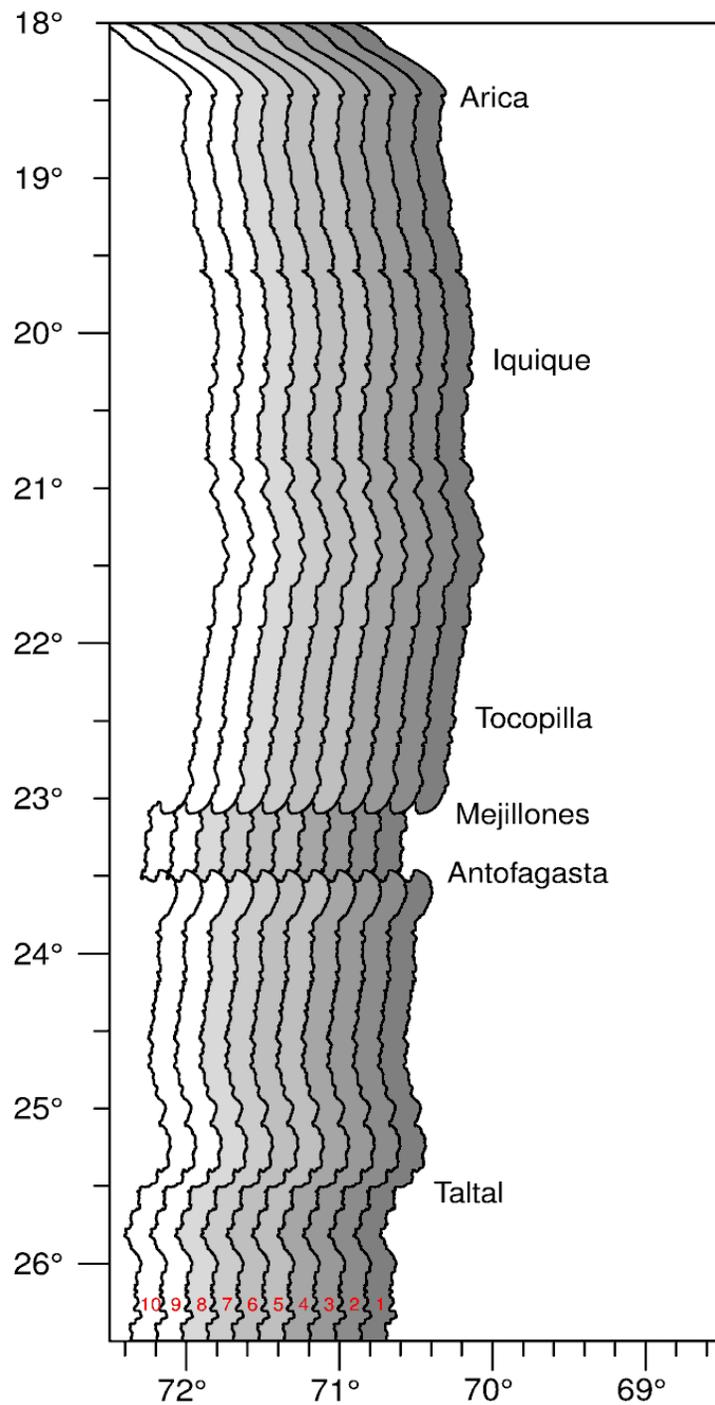


Figura 58. Zona de estudio y las diez áreas (polígonos) de 10 millas náuticas de longitud proyectando la línea de costa.

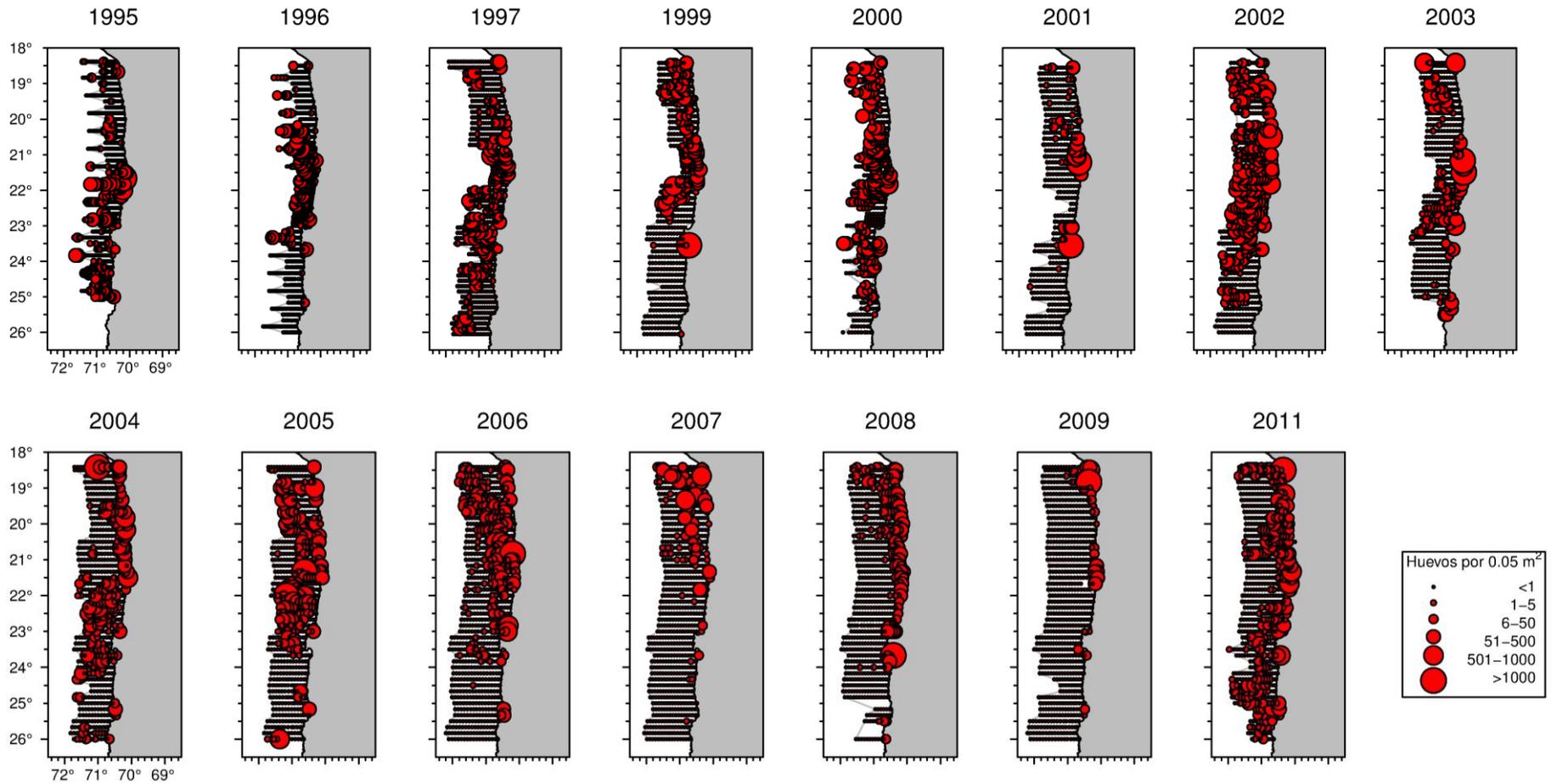


Figura 59. Distribuci3n espacial y temporal de los huevos de anchoveta para el periodo 1995 – 2011.

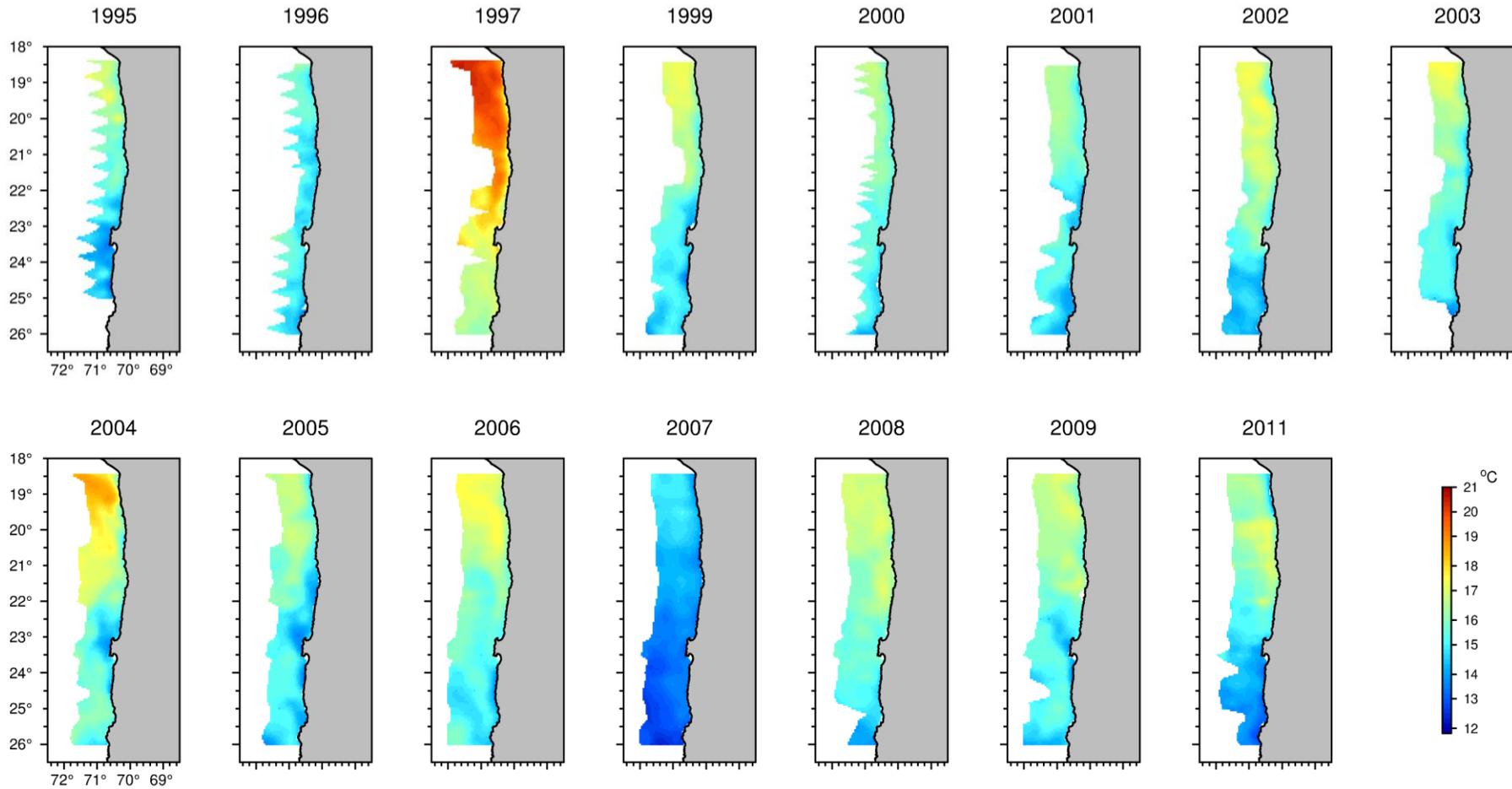


Figura 60. Distribuci3n espacial y temporal de la temperatura superficial del mar durante el periodo 1995 – 2011.

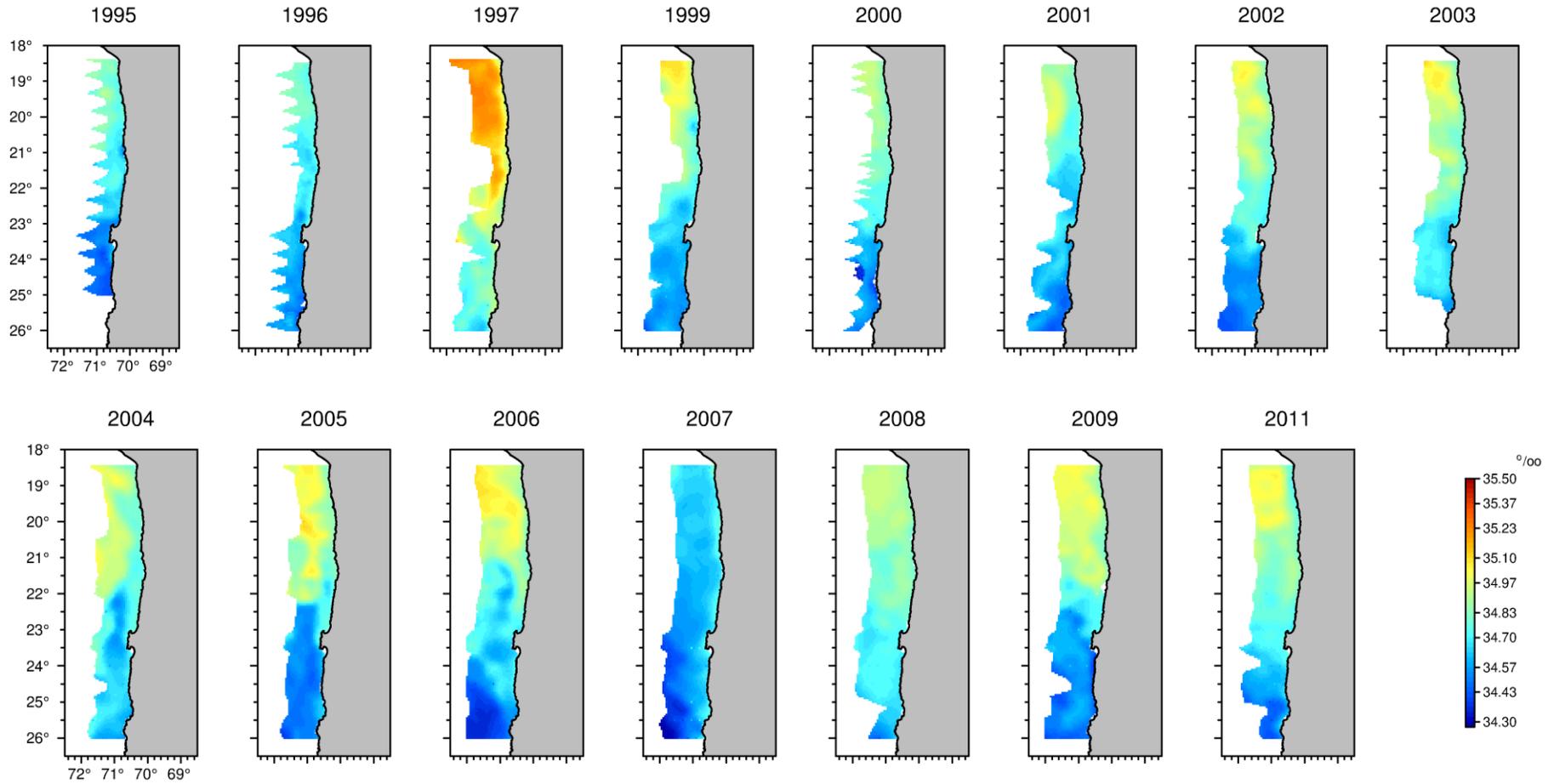


Figura 61. Distribuci3n espacial y temporal de la salinidad superficial del mar durante el periodo 1995 – 2011.

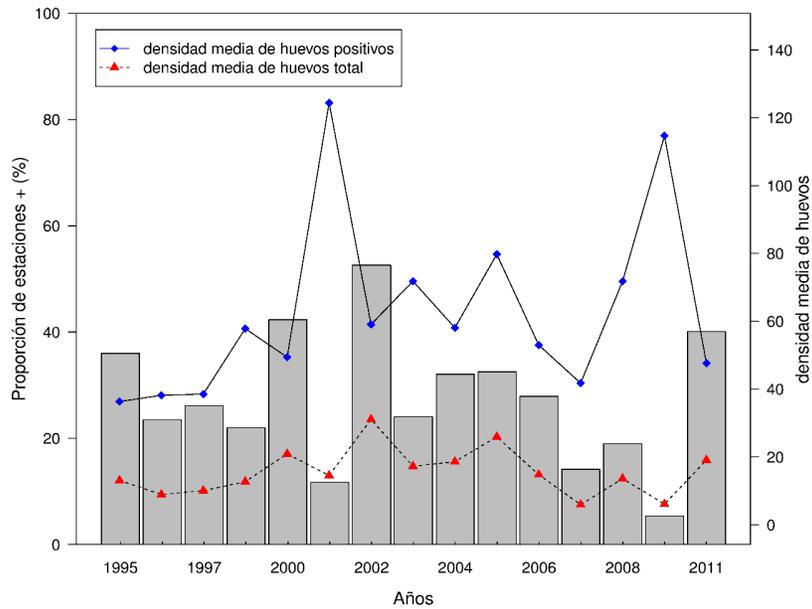


Figura 62. Proporci3n de estaciones con presencia de huevos de anchoveta, densidad media de huevos para las estaciones positivas y para el total de estaciones. Cruceros realizados desde 1992 hasta el 2011.

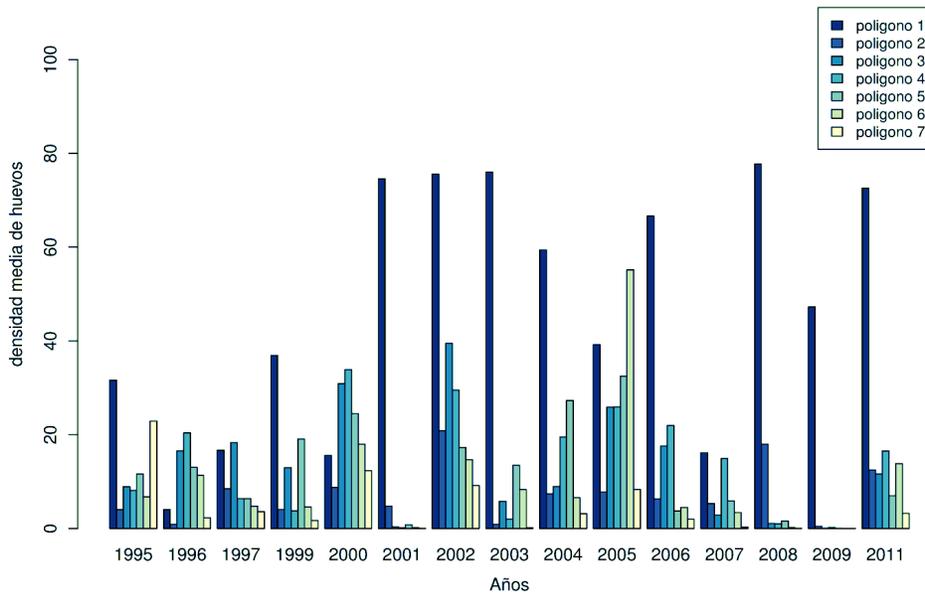


Figura 63. Densidad media de huevos de anchoveta por polígono paralelo a la costa y a3o.

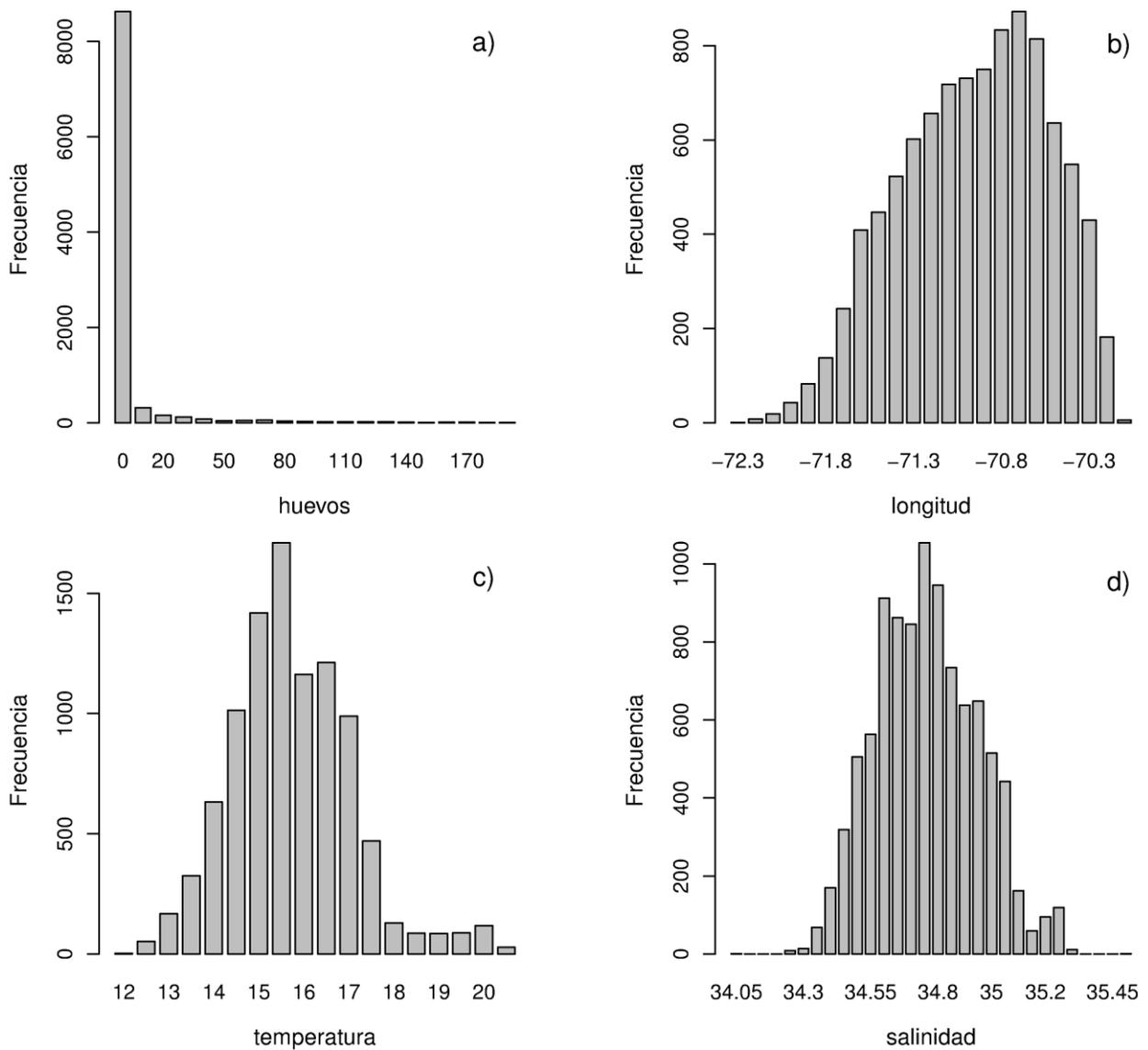


Figura 64. Estadísticas descriptivas para las variables densidad de huevos de anchoveta (a), la longitud (b), la temperatura (c) y la salinidad superficial del mar (d). Cruceros realizados en la I y II Región desde los años 1995 al 1997, de 1999 al 2009 y el año 2011.

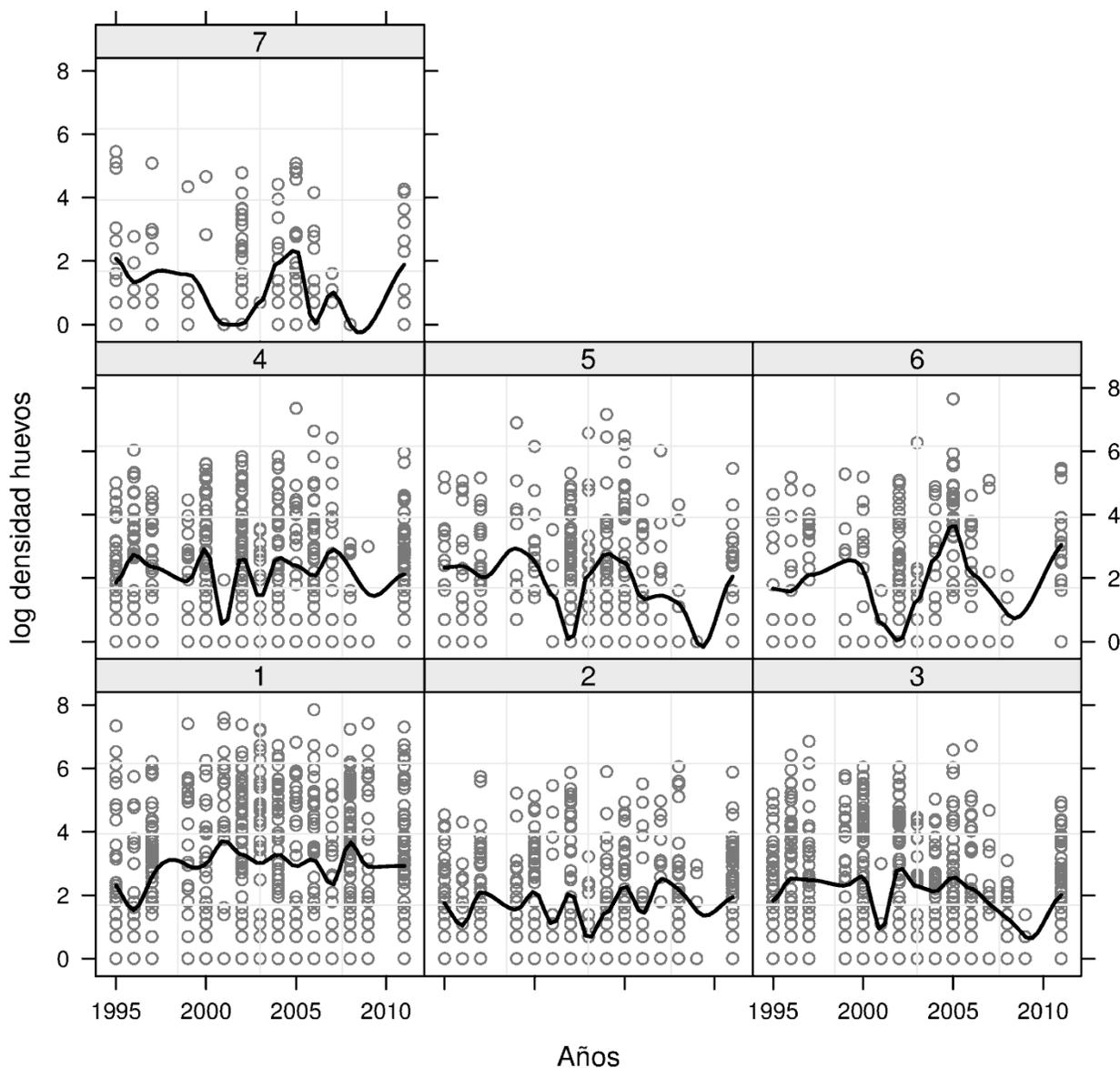


Figura 65. Patrón temporal de la densidad de huevos de anchoveta (escala logarítmica) para cada área (10 mn) paralela a la costa. La línea negra representa la tendencia suavizada y los círculos los datos observados.

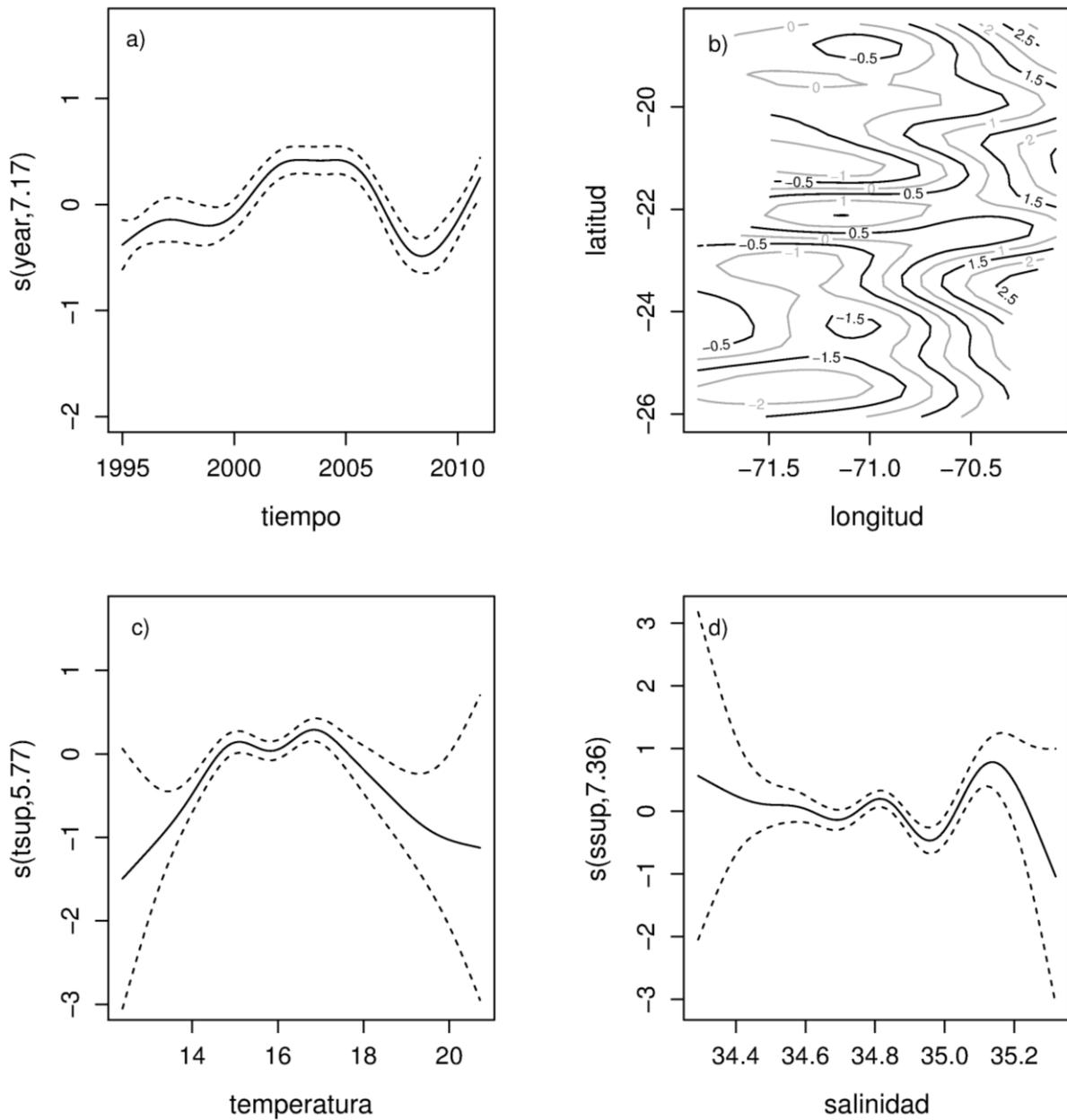


Figura 66. Efectos de los predictores fecha, latitud:longitud, temperatura y salinidad sobre la variable conteo de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo MAGM con una distribución Poisson para la variable respuesta. Las líneas segmentadas corresponden a los intervalos de confianza y $s(X,P)$ corresponde a la función suavizadora spline para la variable X con P grados de libertad.

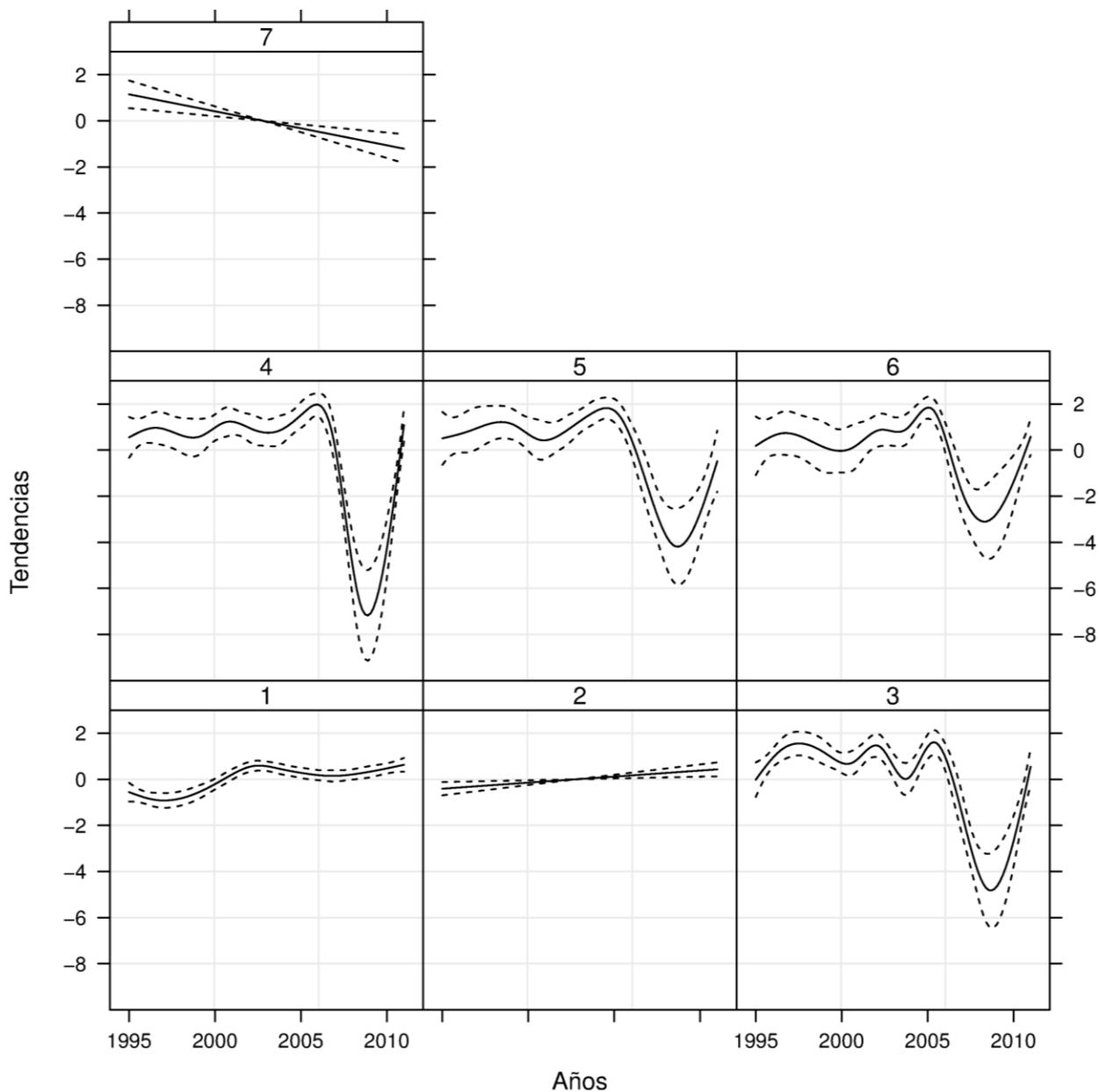


Figura 67. Estimaciones suavizadas del patrón temporal de la densidad de huevos para cada área paralela a la costa, obtenidos del modelo de la ecuación (6).

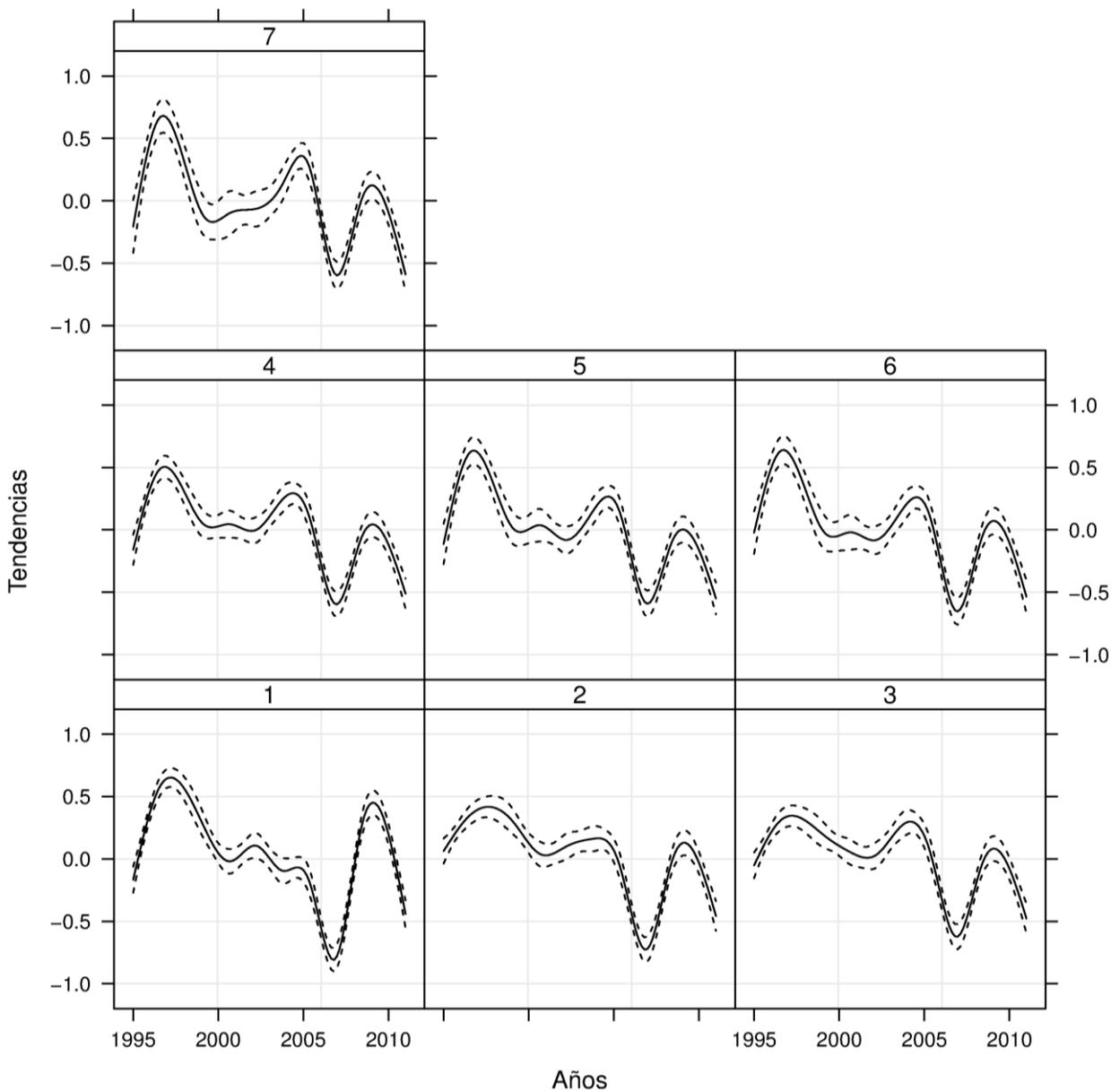


Figura 68. Estimaciones suavizadas del patr3n temporal de la temperatura para cada 3rea paralela a la costa.

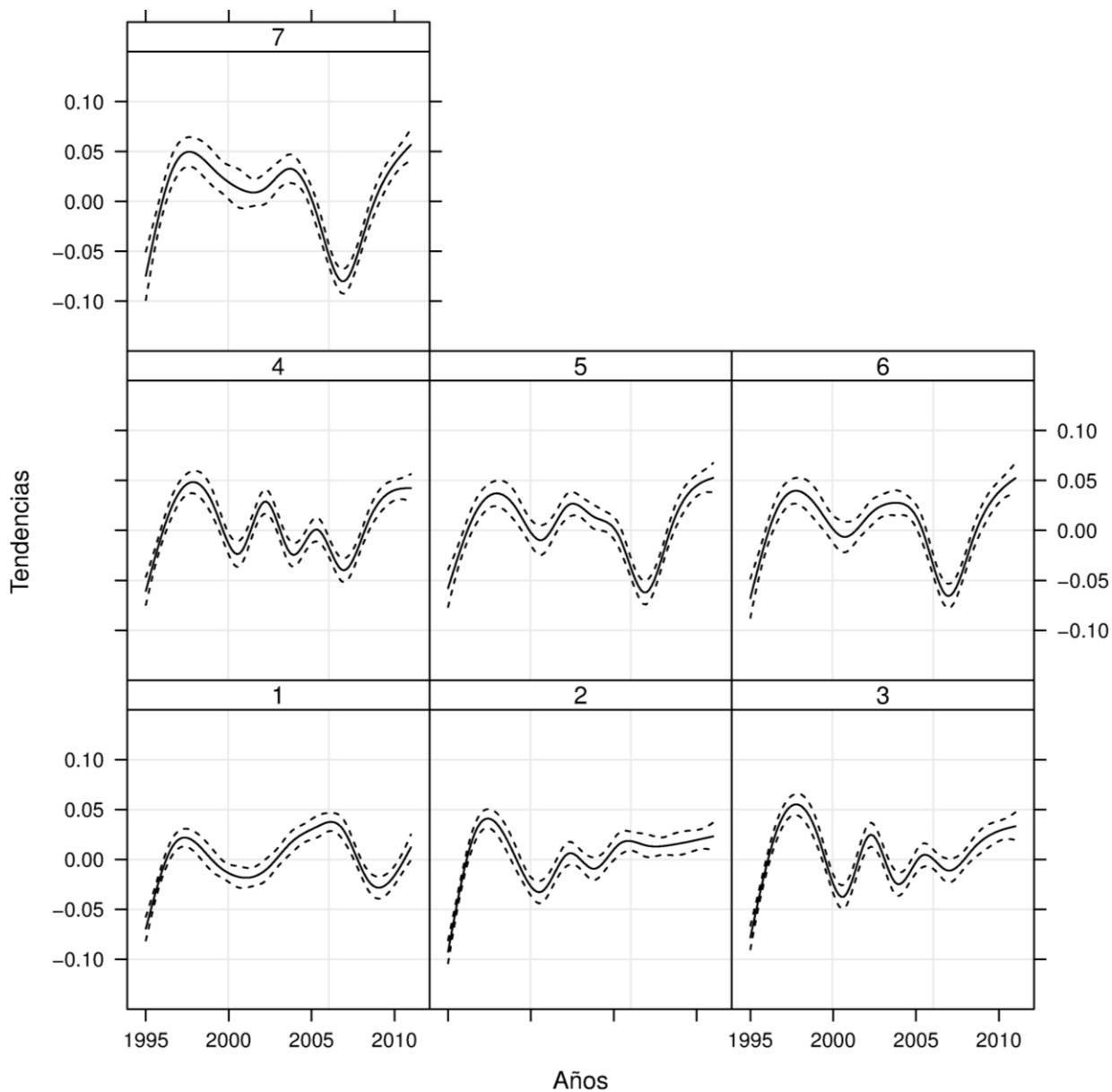


Figura 69. Estimaciones suavizadas del patr3n temporal de la salinidad para cada 3rea paralela a la costa.

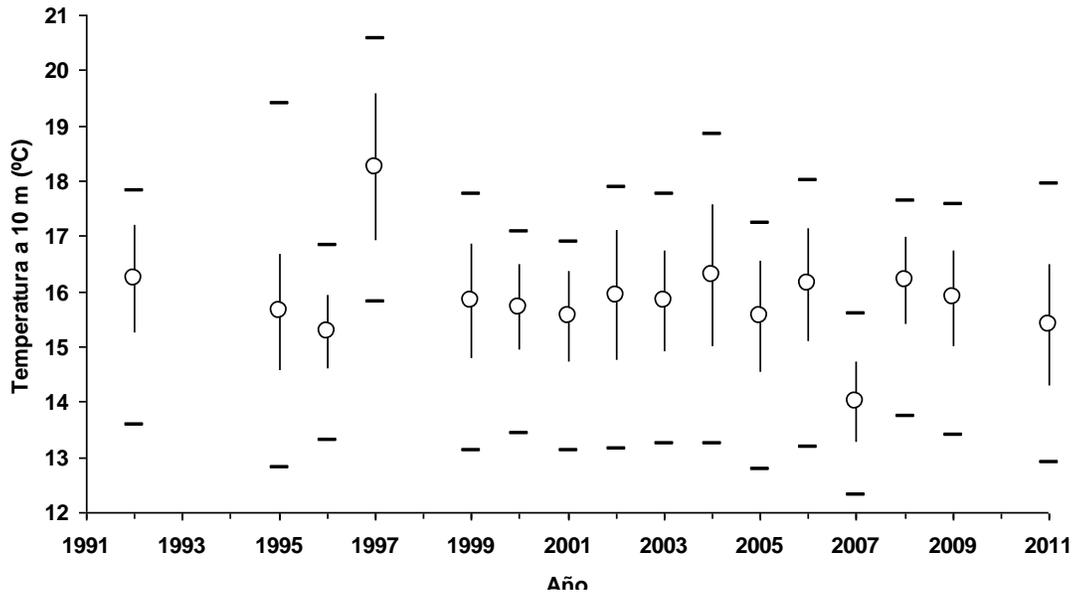


Figura 70. Temperaturas promedio a 10 metros (°C) de profundidad de los cruceros del MPH en la zona norte de Chile. L3neas verticales representan la desviaci3n estandar y l3neas horizontales los valores m3nimos y m3ximos.

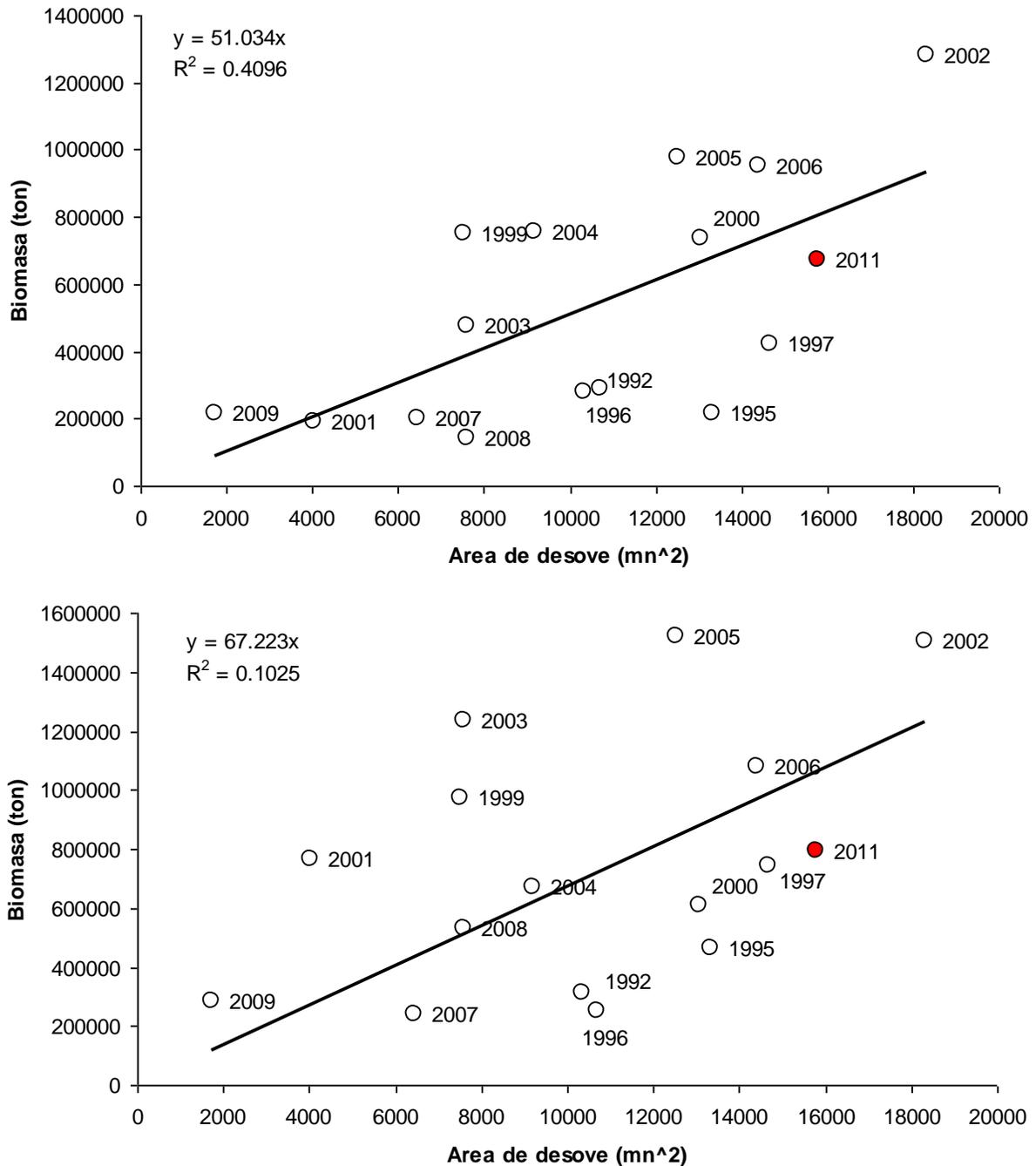


Figura 71. Relaci3n entre 1rea de desove (mn²) y la Biomasa desovante (ton) seg3n Modelo Multinomial (A) y Lo (B).

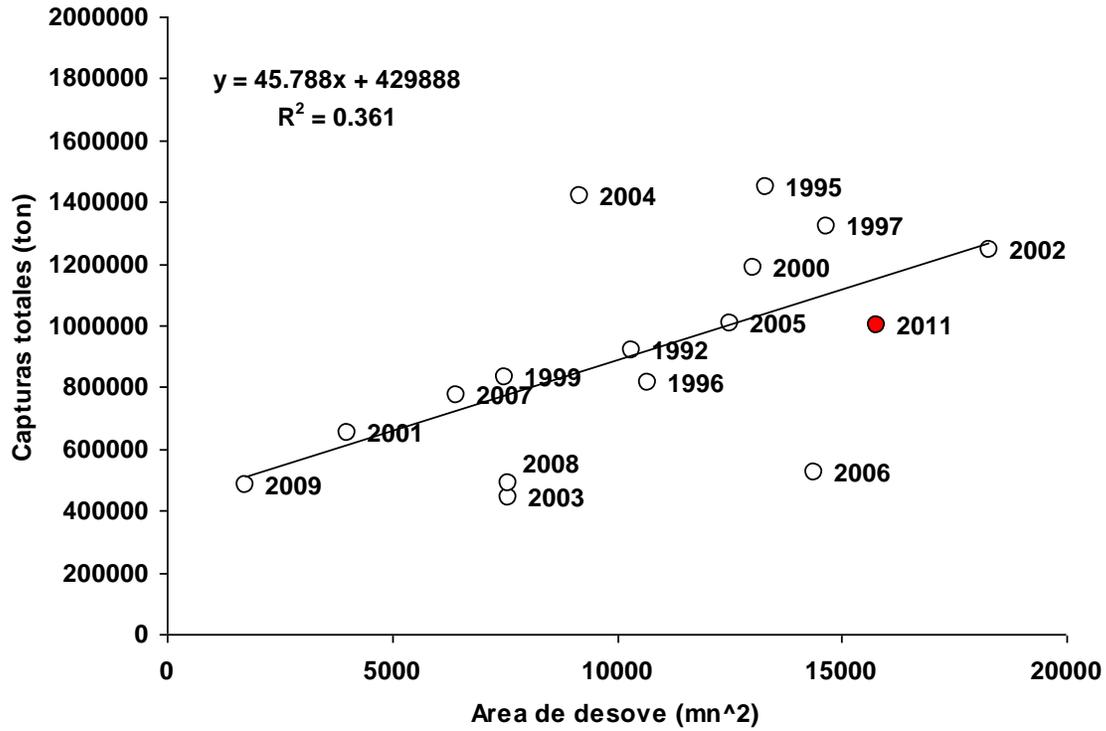


Figura 72. Relaci3n entre el 1rea de desove (mn²) y la captura total del a1o (ton). Captura para el a1o 2011 es una cifra preliminar.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

T A B L A S



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

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



Tabla 2.
Clasificación histológica de los folículos postovulatorios (FPO) de anchoveta, según grado de degeneración (Claramunt *et al.*, 2007).

Estadios del FPO		I	II	III	IV	V	VI	VII
Tamaño		Grande	Grande	Mediano	Mediano	Pequeño	Muy pequeño	Remanente
Forma del FPO y relación con el lumen		Forma estrellada con grandes pliegues, lumen con gránulos eosinófilos	Forma estrellada Pliegues más próximos entre si lumen con gránulos	Tendencia a perder los pliegues, forma alargada , lumen en reducción sin gránulos	Escaso lumen, pared folicular en estrecho contacto	Sin lumen, laminas foliculares en estrecho contacto	Sin lumen, aspecto poligonal laminas deterioradas	Aspecto poligonal deteriorado
Folicular	Células	Células cilindroides, poco hipertrofiadas forma una banda celular de limites claros	Idem	Idem	Pérdida de ordenamiento , limites visibles aislados	Desorden celular, pocas células reconocibles	Escasas células reconocibles	No se reconocen células individuales
Folicular	Núcleo	Redondeado a elíptico	Pocos núcleos alargados picnóticos	Predominio de núcleos picnóticos	Idem	Idem	Escasos y picnóticos	Idem
Folicular	Vacuolas	No se reconocen	Escasas y muy pequeñas	De menor o igual tamaño al núcleo, poco numerosas	De igual o mayor tamaño al núcleo, numerosas	Grandes y dominan en las laminas celulares	Idem	No se reconocen
Teca		Fuertemente adherida y con células alargadas	Adheridas a la folicular, con alguna picnosis	Incidencia de células sanguíneas y capilares entre la teca y la folicular	Separada de la folicular por invasión de estroma ovárico a tramos	Completamente separada por invasión del estroma ovárico	Poco reconocible	No se reconoce



Tabla 3.

Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario (Santander *et al.*, 1984).

ESTADIO	CARACTERÍSTICAS
Estadio I:	Huevos recientemente desovados, no segmentados, con acumulación conspicua de citoplasma en el polo animal, conformado el blastodisco.
Estadio II:	Desarrollo de la capa blastodérmica con inicio de la división celular, hasta la agregación de células que toman la apariencia de mórula.
Estadio III:	Desde la formación de la cavidad hasta el establecimiento definitivo de la cubierta embrionaria. El blastodermo comienza a desplazarse sobre el vitelo, extendiéndose hasta un tercio de la longitud del vitelo.
Estadio IV:	El blastodermo se desplaza hasta los dos tercios de la masa vitelina, estructurándose la zona de desarrollo del embrión, sin destacar alguna estructura embrionaria distintiva.
Estadio V:	El blastodermo ha cubierto la totalidad de la masa vitelina, culminando con el cierre del blastoporo. Se inicia la formación de los miómeros a lo largo del cuerpo. El desarrollo de los ojos ocurre al final de este estadio.
Estadio VI:	Se define desde el cierre del blastoporo hasta el inicio de la separación de la cola desde el vitelo. Excepto en la región caudal, los miómeros se presentan en la totalidad del cuerpo.
Estadio VII:	La cola empieza a separarse del vitelo, desde el crecimiento inicial de ésta, hasta que la porción libre sea equivalente a la mitad de la longitud de la cabeza.
Estadio VIII:	La cola en desarrollo comienza a doblarse, separándose del eje del cuerpo con crecimiento hacia la cabeza. Al final del estadio, la porción libre de la cola equivale a un quinto de la longitud del vitelo y a la longitud total de la cabeza del embrión.
Estadio IX:	La separación de la cola fluctúa entre un cuarto y un medio de la longitud del vitelo. La torsión de la cola se produce fuera del plano del embrión.
Estadio X:	El extremo de la cola se aproxima a la cabeza por encima del tronco, siendo dos veces la longitud de la cabeza y de medio hasta tres cuartos de la longitud del saco vitelino.
Estadio XI:	La longitud de la cabeza es aproximadamente igual a un cuarto de la longitud del vitelo.



Tabla 4.

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

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



Tabla 5.

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 6.
Evolución semanal de los indicadores reproductivos (IGS, IAD e IAO) de la anchoveta en la Zona Arica-Antofagasta, enero-octubre, 2011.

Semana (N°)	Fecha 2011	Macroscópico		Microscópico		N
		N	IGS (%)	IAD (%)	IAO (%)	
1	27/12 - 02/01	154	2,2			
2	03/01 - 09/01	151	3,9			
3	10/01 - 16/01	174	4,5			
4	17/01 - 23/01	228	5,8			
5	24/01 - 30/01	128	3,8			
6	31/01 - 06/02	132	4,0			
7	07/02 - 13/02	104	5,7			
8	14/02 - 20/02	173	5,1			
9	21/02 - 27/02	220	3,3			
10	28/02 - 06/03	109	2,5			
11	07/03 - 13/03	252	2,7			
12	14/03 - 20/03	259	3,5			
13	21/03 - 27/03	207	2,5			
14	28/03 - 03/04	244	3,6			
15	04/04 - 10/04	382	3,8			
16	11/04 - 17/04	314	2,3			
17	18/04 - 24/04	89	1,5			
18	25/04 - 01/05	155	3,4			
19	02/05 - 08/05	311	3,5			
20	09/05 - 15/05	271	2,3			
21	16/05 - 22/05	217	2,4			
22	23/05 - 29/05	239	3,3			
23	30/05 - 05/06	247	3,3			
24	06/06 - 12/06	405	1,9			
25	13/06 - 19/06	256	2,4	3,7	0,7	135
26	20/06 - 26/06	258	2,9	12,0	7,6	144
27	27/06 - 03/07	201	3,5	7,6	1,5	132
28	04/07 - 10/07	216	3,1	9,7	0,0	144
29	11/07 - 17/07	167	3,2	7,1	1,8	112
30	18/07 - 24/07	250	4,9	16,7	1,3	150
31	25/07 - 31/07	358	6,3	34,8	0,0	158
32	01/08 - 07/08	237	6,2	34,3	0,6	172
33	08/08 - 14/08	77	5,9	26,0	0,0	77
34	15/08 - 21/08	68	6,7	29,0	0,0	69
35	22/08 - 28/08	141	8,0	45,4	0,0	141
36	29/08 - 04/09	23	7,4	30,4	0,0	23
37	05/09 - 11/09	134	7,4	25,4	0,0	134
38	12/09 - 18/09	50	6,5	42,0	0,0	50
39	19/09 - 25/09	38	5,7	67,6	0,0	37
40	26/09 - 02/10	240	5,9	49,0	0,0	147
41	03/10 - 09/10	229	5,2	21,3	0,0	150
42	10/10 - 16/10	255	5,4	27,6	0,0	134
43	17/10 - 23/10	195	5,7	29,6	0,0	162
44	24/10 - 30/10	409	4,6	32,7	0,7	150



Tabla 7.

Densidad promedio, constancia y rangos de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, en invierno de los a1os 1992 - 2011.

	1992	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	20007	20008	2009	2011
N°Total Estaciones	542	578	752	800	598	502	514	588	537	649	658	799	799	717	773	730
N° Estaciones positivas	212	208	176	209	132	212	60	309	129	208	214	223	113	136	46	292
Abundancia (H/0,05m^2)	10974	7555	6718	8054	7582	10473	7586	18305	9264	12079	17066	11812	4719	9761	4702	13915
Mínimo Est (+)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Máximo Est (+)	331	1536	611	947	1649	518	1987	1607	1386	1288	2100	2563	705	1387	1658	1487
Std.Dev Est (+)	73,61	126,38	79,83	96,54	175,98	86,11	354,36	128,42	211,76	140,6	212,4	202,2	176	155,5	288,9	135,5
Media Est. Positivas	52	36	38	39	57	49	126	59	72	58	80	53	6	72	102	48
Media Est. Totales	20	13	9	10	13	21	15	31	17	19	26	15	42	14	6	19
Constancia	39,11	35,99	23,40	26,13	22,07	42,23	11,67	52,55	24,02	32,05	32,52	27,91	14,14	18,97	5,95	40,00
CV(%)	1,42	3,51	2,10	2,48	3,09	1,76	2,81	2,18	2,94	2,42	2,66	3,82	29,33	2,16	2,83	2,84
Área Crucero (mn2)	17055	18137	18353	28276	27374	19539	25921	30264	26986	30152	30368	41448	38269	35264	38289	34736
Área desove (mn2)	10332	13315	10698	14660	7525	13059	4026	18309	7597	9193	12521	14408	6439	7594	1743	15771
Temperatura 10m (°C)	16,251	15,314	15,281	18,260	15,839	15,723	15,556	15,941	15,835	16,287	15,550	16,140	14,014	16,210	15,890	15,397



Tabla 8.
Estimación del índice de abundancia de huevos de Anchoveta, XV, I y II Regiones.

Año	Índice Huevos (H)	Varianza de (H) (VarH)	Varianza logaritmo (H) (VarlogH)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
1992	1,11E+11	1,51E+20	0,0122	8,64E+10	1,35E+11
1993					
1994					
1995	7,48E+10	3,41E+20	0,0592	3,86E+10	1,11E+11
1996	4,92E+10	7,05E+19	0,0287	3,28E+10	6,57E+10
1997	9,88E+10	3,27E+20	0,0330	6,34E+10	1,34E+11
1998					
1999	1,02E+11	8,04E+20	0,0744	4,66E+10	1,58E+11
2000	1,21E+11	2,47E+20	0,0167	8,97E+10	1,51E+11
2001	1,16E+11	1,81E+21	0,1262	3,24E+10	1,99E+11
2002	2,88E+11	1,39E+21	0,0166	2,15E+11	3,61E+11
2003	1,50E+11	1,64E+21	0,0704	7,05E+10	2,29E+11
2004	1,90E+11	1,10E+21	0,0300	1,26E+11	2,55E+11
2005	2,63E+11	2,57E+21	0,0365	1,64E+11	3,63E+11
2006	1,85E+11	1,87E+21	0,0532	9,98E+10	2,69E+11
2007	7,37E+10	3,36E+20	0,0600	3,78E+10	1,10E+11
2008	1,62E+11	1,05E+21	0,0392	9,91E+10	2,26E+11
2009	7,37E+10	9,47E+20	0,1607	1,34E+10	1,34E+11
2010					
2011	2,16E+11	1,39E+21	0,0294	1,43E+11	2,89E+11



Tabla 9.

Posición geográfica de los lances efectuados durante el crucero MPH módulo adultos, en la XV, I y II Regiones, agosto – septiembre 2011.

BARCO	LANCE N°	FECHA	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA ESTIMADA (t)	LANCES ANCHOVETA
COSTA GRANDE 1	1	23-08-2011	22°03'	70°20'	S/P	
COSTA GRANDE 1	2	23-08-2011	22°41'	70°22'	S/P	
COSTA GRANDE 1	3	23-08-2011	23°21'	70°41'	S/P	
COSTA GRANDE 1	4	23-08-2011	23°40'	70°56'	S/P	
COSTA GRANDE 1	5	24-08-2011	23°58'	70°38'	S/P	
COSTA GRANDE 1	6	24-08-2011	23°58'	71°36'	S/P	
COSTA GRANDE 1	7	24-08-2011	23°21'	71°41'	S/P	
COSTA GRANDE 1	8	24-08-2011	23°01'	70°55'	S/P	
COSTA GRANDE 1	9	24-08-2011	22°41'	71°23'	S/P	
COSTA GRANDE 1	10	25-08-2011	22°03'	71°16'	S/P	
EPERVA 57	1	27-08-2011	26°00'	70°56'	S/P	
EPERVA 57	2	27-08-2011	25°50'	71°03'	S/P	
EPERVA 57	3	27-08-2011	25°40'	71°13'	S/P	
EPERVA 57	4	27-08-2011	25°30'	71°04'	S/P	
EPERVA 57	5	28-08-2011	25°20'	70°55'	S/P	
EPERVA 57	6	28-08-2011	25°08'	70°55'	S/P	
EPERVA 57	7	28-08-2011	24°50'	71°07'	S/P	
EPERVA 57	8	28-08-2011	24°34'	70°54'	S/P	
EPERVA 57	9	28-08-2011	24°20'	70°54'	S/P	
EPERVA 57	10	28-08-2011	24°09'	71°01'	S/P	
EPERVA 57	11	28-08-2011	24°02'	70°53'	S/P	
EPERVA 57	12	28-08-2011	24°00'	70°51'	S/P	
EPERVA 57	13	28-08-2011	20°19'	70°30'	S/P	
EPERVA 57	1	30-08-2011	22°55'	70°44'	S/P	
EPERVA 65	1	23-08-2011	20°34'	70°28'	5	X
EPERVA 65	2	23-08-2011	20°35'	70°20'	3	X
EPERVA 65	3	23-08-2011	21°00'	70°20'	2	X
EPERVA 65	4	24-08-2011	21°16'	70°49'	4	X
EPERVA 65	5	24-08-2011	21°31'	71°23'	S/P	
EPERVA 65	6	24-08-2011	21°47'	70°49'	3	X
EPERVA 65	7	24-08-2011	21°56'	70°27'	2	X
EPERVA 65	1	25-08-2011	20°25'	70°18'	2	X
EPERVA 65	2	26-08-2011	21°15'	70°23'	3	X
EPERVA 65	3	26-08-2011	20°23'	70°22'	1	X
PARINA I	1	26-08-2011	19°52'	70°35'	S/P	
PARINA I	2	26-08-2011	20°04'	70°16'	S/P	
PARINA I	1	22-08-2011	18°27'	70°51'	S/P	
PARINA I	2	23-08-2011	19°15'	70°23'	S/P	
PARINA I	3	23-08-2011	19°35'	70°23'	S/P	



BARCO	LANCE N°	FECHA	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA ESTIMADA (t)	LANCES ANCHOVETA
PARINA I	4	23-08-2011	19°34'	70°48'	S/P	
PARINA I	5	23-08-2011	19°33'	71°12'	S/P	
PARINA I	6	24-08-2011	19°33'	71°40'	S/P	
PARINA I	7	24-08-2011	19°43'	71°19'	S/P	
PARINA I	8	24-08-2011	19°55'	70°57'	S/P	
EPERVA 57	1	06-09-2011	21°53'	70°18'	0,3	X
DOÑA PILAR II	1	09-09-2011	18°28'	70°24'	4	X
GRACIAS A DIOS I	1	09-09-2011	18°28'	70°24'	5	X
GRACIAS A DIOS II	1	09-09-2011	18°28'	70°24'	8	X
EPERVA 57	1	13-09-2011	21°41'	70°30'	0,3	X
EPERVA 65	1	07-09-2011	21°05'	70°17'	1	X
EPERVA 65	1	13-09-2011	21°48'	70°12'	S/P	
DOÑA PILAR II	1	20-09-2011	18°28'	70°21'	12	X
IKE II	1	20-09-2011	18°28'	70°21'	15	X
MARLIN	1	27-09-2011	19°45'	70°35'	60	X
MARLIN	1	28-09-2011	19°58'	70°46'	25	X
MARLIN	2	28-09-2011	19°56'	70°44'	15	X
MARLIN	1	29-09-2011	20°04'	70°46'	10	X
MARLIN	2	29-09-2011	20°08'	70°50'	20	X
MARLIN	3	29-09-2011	20°13'	70°49'	5	X
MARLIN	1	30-09-2011	20°17'	70°52'	25	X
SANTIAGO	1	29-09-2011	21°08'	70°10'	5	X
SANTIAGO	2	30-09-2011	20°31'	70°14'	50	X
COSTA GRANDE 1	1	28-09-2011	21°54'	70°26'	35	X
COSTA GRANDE 1	1	30-09-2011	20°22'	70°46'	30	X
COSTA GRANDE 1	2	30-09-2011	20°22'	70°56'	40	X
GUALLATIRE	1	28-09-2011	19°56'	70°37'	50	X
GUALLATIRE	2	28-09-2011	19°58'	70°40'	10	X
GUALLATIRE	1	29-09-2011	20°09'	70°48'	5	X
GUALLATIRE	2	29-09-2011	20°18'	70°46'	35	X
GUALLATIRE	1	30-09-2011	20°22'	70°57'	15	X
EPERVA 65	1	27-09-2011	19°47'	70°34'	S/P	
EPERVA 65	2	27-09-2011	19°47'	70°33'	0,5	X
EPERVA 65	3	28-09-2011	21°28'	70°24'	S/P	
EPERVA 65	4	29-09-2011	20°04'	70°48'	40	X
EPERVA 65	5	29-09-2011	20°11'	70°43'	S/P	
EPERVA 65	1	30-09-2011	20°24'	70°55'	30	X
PARINA I	1	01-10-2011	20°27'	70°18'	30	X
PARINA I	2	01-10-2011	20°30'	70°18'	20	X
PARINA I	1	02-10-2011	20°15'	70°18'	S/P	
PARINA I	2	02-10-2011	20°06'	70°13'	20	X
PARINA I	3	02-10-2011	20°01'	70°15'	50	X
MARLIN	1	01-10-2011	20°32'	70°18'	10	X
MARLIN	2	01-10-2011	20°33'	70°20'	5	X



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

BARCO	LANCE N°	FECHA	LATITUD	LONGITUD	CAPTURA ESTIMADA (t)	LANCES ANCHOVETA
MARLIN	1	02-10-2011	20°05'	70°17'	8	X
MARLIN	2	02-10-2011	19°59'	70°16'	22	X
EPERVA 65	1	01-10-2011	20°27'	70°18'	10	X
EPERVA 65	2	01-10-2011	20°31'	70°17'	20	x

S/P: SIN PESCA



Tabla 10.

Resumen 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 Proporción de hembras en peso (PROP. H).

Lance	Hora	n	ESTADIOS DE MADUREZ OVARICA								ESTADIOS FOLICULOS POSTOVULATORIOS							PT	FECUNDIDAD	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	13.35	34	0	0	0	18	11	5	0	0	0	0	12	5	0	70	22.1	10498	0.41	
2	16.15	33	0	0	0	25	1	7	0	0	0	0	6	12	20	6	35	20.4	9598	0.81
3	21.08	34	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0	24	30	54	49	20.9	10060	0.65	
4	2.95	36	0	0	0	18	12	6	0	0	0	12	32	5	0	49	27.8	13689	0.44	
5	12.92	35	0	0	0	24	9	2	0	0	0	2	12	16	0	49	28.7	14299	0.78	
6	17.08	35	0	0	0	16	0	19	0	0	0	2	0	16	10	35	25.3	11914	0.49	
7	17.70	36	0	0	0	17	1	18	0	0	0	0	3	8	10	42	18.5	8290	0.19	
8	2.18	35	0	0	0	34	0	0	0	1	0	20	6	4	0	18	25.0	12361	0.53	
9	10.00	35	0	0	0	23	12	0	0	0	0	0	32	10	6	42	18.1	8373	0.29	
10	11.83	34	0	0	0	31	3	0	0	0	1	0	4	0	12	42	25.5	12467	0.36	
11	8.75	36	0	1	0	30	5	0	0	0	0	4	6	4	0	36	24.2	11950	0.71	
12	6.00	35	0	0	0	23	12	0	0	0	0	22	15	12	0	6	18.0	8290	0.63	
13	6.00	34	0	0	0	18	16	0	0	0	5	22	9	0	0	0	18.6	8563	0.08	
14	6.00	30	0	0	1	18	11	0	0	0	2	10	12	12	0	14	16.6	7420	0.65	
15	6.00	34	0	0	0	29	5	0	0	0	1	14	9	4	0	18	24.9	12384	0.16	
16	9.67	35	0	0	0	29	6	0	0	0	0	2	21	12	0	12	25.7	12763	0.61	
17	11.83	34	0	0	0	26	8	0	0	0	0	4	12	12	10	6	23.5	11578	0.59	
18	5.58	35	0	0	0	33	2	0	0	0	0	2	18	36	0	12	18.3	8675	0.69	
19	6.50	35	0	0	0	30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	77	19.8	9481	0.58	
20	6.00	35	0	0	0	28	7	0	0	0	0	14	39	8	0	35	17.8	8338	0.49	
21	6.00	33	0	0	0	29	4	0	0	0	0	0	6	48	25	12	35	17.3	8031	0.72
22	10.00	33	0	0	0	30	3	0	0	0	0	2	27	24	5	0	28	24.9	12452	0.63
23	10.00	35	0	0	0	24	11	0	0	0	0	0	3	16	5	12	35	26.8	13380	0.60
24	13.75	26	0	0	0	17	9	0	0	0	0	0	3	12	15	12	7	27.0	13527	0.53
25	9.17	35	0	0	0	27	8	0	0	0	0	0	21	56	0	0	21	23.6	11647	0.42
26	12.33	33	0	0	0	25	8	0	0	0	0	0	6	36	10	6	14	24.2	11977	0.43
27	15.25	33	0	0	0	16	3	14	0	0	0	0	0	8	40	6	14	26.2	12944	0.60
28	7.83	35	0	0	0	29	6	0	0	0	0	4	0	16	0	12	84	29.2	14811	0.52
29	7.87	33	0	0	0	27	6	0	0	0	0	0	6	20	0	12	56	20.8	10045	0.51
30	6.55	34	0	0	0	31	3	0	0	0	0	10	9	0	0	12	70	20.3	9928	0.56
31	15.10	31	0	0	0	22	1	8	0	0	0	0	0	24	25	0	49	27.9	14033	0.66
32	10.73	34	0	0	0	21	12	1	0	0	0	0	0	40	10	0	21	28.1	14213	0.42
33	7.68	35	0	0	0	28	7	0	0	0	0	0	9	4	5	24	28	27.2	13609	0.59
34	9.28	35	0	0	0	26	9	0	0	0	0	0	36	4	0	0	56	24.4	12115	0.26
35	12.75	35	0	0	0	22	13	0	0	0	0	4	33	8	0	14	24.4	12068	0.41	
36	10.68	35	0	0	0	27	8	0	0	0	0	0	21	44	10	6	21	25.0	12496	0.22
37	16.00	35	0	0	0	25	1	9	0	0	0	2	15	24	5	6	7	23.7	11596	
38	10.87	35	0	0	0	31	4	0	0	0	0	0	30	40	5	0	42	27.3	13778	
39	15.67	35	0	0	0	20	1	14	0	0	0	0	6	12	25	0	0	22.2	10760	
40	8.53	27	0	0	0	20	5	2	0	0	0	14	3	0	0	6	49	26.6	13272	
41	9.67	31	0	0	0	15	16	0	0	0	0	6	18	4	0	0	28	25.5	12655	



Tabla 11.

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

		Modelo de Lo GLM						Modelo Multinomial					
		Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z)	n	AIC	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z)	n	AIC
1992	(Intercept)	6.181536	0.244034	25.3	<2e-16	575	3308.8	6.068742	0.245633	24.7	<2e-16	496	3018
	Age	-0.011578	0.008243	-1.4	0.16			-0.007183	0.009055	-0.8	0.43		
1995	(Intercept)	6.014969	0.258939	23.2	<2e-16	691	2985	5.258078	0.239853	21.9	<2e-16	645	2808
	Age	-0.021668	0.008764	-2.5	0.01			-0.006713	0.008229	-0.8	0.42		
1996	(Intercept)	5.861715	0.292224	20.1	<2e-16	503	2339.4	5.99041	0.29086	20.6	<2e-16	464	2327
	Age	-0.009463	0.009871	-1.0	0.34			-0.01686	0.01002	-1.7	0.09		
1997	(Intercept)	6.30576	0.27808	22.7	<2e-16	547	2656.3	5.741511	0.252034	22.8	<2e-16	421	2523
	Age	-0.02896	0.01025	-2.8	4.7E-03			0.003328	0.01137	0.3	0.77		
1999	(Intercept)	7.21459	0.33666	21.4	<2e-16	342	1762	6.95639	0.32923	21.1	<2e-16	289	1736
	Age	-0.04965	0.01177	-4.2	2.5E-05			-0.039	0.01248	-3.1	1.8E-03		
2000	(Intercept)	6.522242	0.227725	28.6	<2e-16	524	2946.5	6.714806	0.227135	29.6	<2e-16	460	2973
	Age	-0.023484	0.007802	-3.0	2.6E-03			-0.032164	0.008481	-3.8	1.5E-04		
2001	(Intercept)	7.78502	0.54937	14.2	<2e-16	133	875.16	6.41111	0.54414	11.8	<2e-16	122	796.8
	Age	-0.02987	0.01801	-1.7	0.10			0.01299	0.01888	0.7	0.491		
2002	(Intercept)	6.76806	0.17794	38.0	<2e-16	669	4901	6.609291	0.173606	38.1	<2e-16	577	4368
	Age	-0.01894	0.00609	-3.1	1.9E-03			-0.01536	0.006459	-2.4	0.02		
2003	(Intercept)	7.680128	0.282338	27.2	<2e-16	297	2403.1	6.72581	0.3023	22.2	<2e-16	274	1765
	Age	-0.024523	0.008928	-2.7	6.0E-03			-0.0152	0.01062	-1.4	0.15		
2004	(Intercept)	6.90376	0.23069	29.9	<2e-16	491	3229.3	7.027879	0.220056	31.9	<2e-16	463	3125
	Age	-0.02912	0.00781	-3.7	1.9E-04			-0.035152	0.007586	-4.6	3.6E-06		
2005	(Intercept)	7.360873	0.211753	34.8	<2e-16	501	3393.6	6.91869	0.21988	31.5	<2e-16	472	3260
	Age	-0.0456	0.007337	-6.2	5.1E-10			-0.02011	0.00807	-2.5	1.3E-02		
2006	(Intercept)	6.98651	0.235172	29.7	<2e-16	495	3069	6.86046	0.23101	29.7	<2e-16	420	2835
	Age	-0.036686	0.008542	-4.3	1.8E-05			-0.0306	0.00932	-3.3	1.0E-03		
2007	(Intercept)	6.64165	0.31872	20.839	<2e-16	286	1596.1	6.466688	0.308755	20.944	<2e-16	291	1574
	Age	-0.0334	0.01017	-3.285	1.02E-03			-0.029799	0.009874	-3.018	0.00255		
2008	(Intercept)	7.528015	0.274527	27.422	<2e-16	366	3068.7	6.201795	0.318289	19.485	<2e-16	295	1932
	Age	-0.030285	0.009302	-3.256	1.13E-03			0.005065	0.01251	0.405	0.686		
2009	(Intercept)	7.9973	0.5377	14.874	<2e-16	94	674.94	7.70938	0.63713	12.1	<2e-16	84	570.1
	Age	-0.04662	0.01759	-2.651	8.02E-03			-0.03494	0.02232	-1.565	0.118		
2011	(Intercept)	6.900672	0.186255	37.05	<2e-16	677	4310.7	6.735278	0.17785	37.871	<2e-16	653	4149
	Age	-0.0320	0.005836	-5.478	4.30E-08			-0.030481	0.005822	-5.236	1.64E-07		



Tabla 12.
Número de lances y total de hembras muestreadas en los distintos años de aplicación del MPH en la zona norte.

Año	Lances	Hembras
1992	48	1440
1995	40	1177
1996	32	927
1997	60	1800
1999	51	1530
2000	92	1800
2001	60	1800
2002	60	1800
2003	60	1800
2004	55	1651
2005	60	1799
2006	42	1260
2007	55	1645
2008	60	1800
2009	37	1272
2011	41	1388



Tabla 13.

Distribución horaria de la frecuencia (%) de los estadios de Folículos Postovulatorios y Estadios de Madurez Ovárica (Núcleo Migrante e Hidratados). Información acumulada del 2004 al 2008.

Hora	ESTADIO FOLICULO POSTOVULATORIO							ESTADIO MADUREZ	
	1	2	3	4	5	6	7	EMM 5	EMM 6
0	8.28	18.14	0.00	1.95	3.60	2.16	2.99	1.25	3.57
1	20.12	12.66	0.00	0.71	2.79	2.55	3.78	0	0
2	15.38	11.39	3.87	1.33	3.14	3.34	4.72	0	3.57
3	6.51	30.38	16.90	3.89	6.51	6.09	9.13	0	3.57
4	2.96	11.39	8.35	7.34	6.74	4.52	8.66	0.16	3.57
5	6.51	6.33	11.81	4.33	4.19	6.29	7.56	0.31	10.71
6	0.59	1.27	15.89	12.64	5.23	11.59	10.08	0.63	3.57
7	0.59	4.22	9.57	8.13	6.16	9.04	6.46	2.03	0
8	0	0.42	10.79	11.32	8.60	7.47	9.45	1.72	0
9	0.59	2.53	7.13	10.34	8.72	10.02	9.92	3.29	3.57
10	0	0.84	5.30	2.92	3.95	8.64	5.51	1.56	10.71
11	0	0	3.05	7.96	9.30	8.25	4.72	9.23	0.00
12	2.37	0	1.63	9.64	5.58	5.50	5.20	10.17	7.14
13	0	0	2.04	5.48	4.30	2.95	2.83	11.74	0
14	0	0	0.41	4.42	5.58	3.93	2.99	11.89	0
15	0	0	2.44	2.83	3.26	3.34	1.10	10.80	3.57
16	0	0	0.20	1.68	2.79	1.38	1.42	14.71	3.57
17	0	0	0	0.62	3.02	0.79	0.00	7.67	0
18	0	0	0.20	1.41	3.84	0.79	0.31	9.70	0
19	0	0	0	0	1.40	0	0	1.41	3.57
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	16.57	0	0	0	0	0	0	0.31	14.29
22	0	0	0.20	1.06	0.35	1.38	0.47	0.31	0
23	19.53	0.42	0.20	0	0.93	0.00	2.68	1.10	25.00
Total general	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 14.

Parámetros del ajuste de un modelo de distribución tipo Gamma y Normal a la frecuencia de FPO por hora (Hora acumulada a partir de las 12:00 AM). a y b: Parámetros de la función Gamma. SCE: Suma de cuadrados del error.

		1	2	3	4	5	6	7	Total
Gamma	a	26.16	58.08	39.74	26.54	14.63	24.09	19.51	
	b	0.51	0.26	0.47	0.80	1.49	0.87	1.00	
	Media est	13.21	15.03	18.49	21.24	21.81	20.85	19.45	
	Desv Est	2.58	1.97	2.93	4.12	5.70	4.25	4.40	
	SCE	378.44	338.19	112.30	83.85	48.34	29.74	27.73	1018.59
Normal	Media est	12.47	14.41	17.78	20.37	20.67	19.92	18.50	
	Desv Est	2.51	1.93	2.91	4.12	5.53	4.19	4.32	
	SCE	371.68	331.10	121.82	87.31	46.77	27.44	28.55	1014.67



Tabla 15.

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

	Parámetros de las regresiones entre Peso Corporal y Fecundidad														
	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011
Intercepto (a)	671.77	337.46	6950.8	105.44	-5127.08	2205.21	11341.20	-1237.67	-4164.12	1152.76	-4476.16	-4212.84	134.31	-2569.08	-1981.65
Sa	1916.66	1514.08	1923.852	816.02	3285.50	2097.95	2719.11	1388.04	2944.92	2582.87	2326.28	1688.05	1628.23	3057.79	3728.66
Pendiente (b)	534.57	690.51	262.6099	498.60	740.45	465.10	259.56	615.84	584.18	431.29	788.63	726.94	713.99	649.82	607.99
Sb	65.12	55.68	78.30125	34.12	116.16	69.02	121.04	57.52	120.27	86.79	87.82	74.06	90.54	135.80	190.78
r ²	0.30	0.59	0.05	0.54	0.28	0.26	0.06	0.54	0.20	0.24	0.54	0.57	0.34	0.38	0.22
n	156	107	210	187	109	133	69	99	96	79	72	76	121	39	37
Syx	3291.113	3004.221	3582.391	2917.738	4210.345	3749.333	2599.681	2249.760	2476.319	2820.009	3696.216	2099.256	2506.504	1824.311	2001.066
PC Min	18.5	13.7	15.9	14.9	19.7	21.7	14.7	13.5	19.5	21.6	15.3	15.1	13.9	17.4	14.0
PC Max	42.0	40.7	34.9	39.3	42.5	43.0	29.7	33.5	29.7	37.4	36.4	32.4	26.0	26.9	22.9
PC Promedio	29.2	26.7	24.4	23.1	28.1	30.0	22.3	23.8	24.4	29.5	26.0	22.6	17.8	22.4	19.6
Fec relativa	557.7	704.5	552.2	503.8	555.1	539.7	775.1	562.8	412.3	471.3	609.8	536.1	721.4	533.8	499.8
Ho: A=0	Acepta	Acepta	Rechaza	Acepta	Acepta	Acepta	Rechaza	Acepta							

Tabla 16.

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

Año	Peso promedio		Fecundidad parcial		Fecundidad relativa	Fracción desovante		Proporción hembras	
	(g)	CV (%)	Nº	CV (%)	Nº ovoc./g	día ⁻¹	CV (%)		CV (%)
1992	20.7	1.32	14917	1.62	721	0.160	6.22	0.48	2.95
1995	29.2	2.53	15405	2.77	528	0.180	4.65	0.42	5.83
1996	30.0	2.52	19658	2.87	654	0.170	12.79	0.45	8.01
1997	21.7	1.73	12102	1.95	559	0.130	3.07	0.51	2.76
1999	22.7	1.42	10600	2.75	467	0.170	3.81	0.46	5.19
2000	30.9	1.02	16279	2.86	528	0.189	7.50	0.50	4.39
2001	32.4	1.17	15911	2.27	492	0.188	27.02	0.47	5.36
2002	21.3	0.96	16761	1.59	787	0.137	6.87	0.51	3.09
2003	25.2	1.16	13327	2.07	530	0.182	10.47	0.49	3.47
2004	23.6	1.72	8777	3.22	371	0.176	7.16	0.52	3.53
2005	23.0	1.26	10560	2.25	460	0.190	6.70	0.44	4.80
2006	22.5	3.06	12088	5.21	537	0.203	5.17	0.45	4.93
2007	21.7	1.92	10497	3.33	484	0.293	6.76	0.50	3.67
2008	21.9	2.36	14920	2.99	682	0.298	8.89	0.45	3.36
2009	18.0	3.50	8410.9	4.19	468	0.309	5.70	0.43	4.98
2011	23.45	2.40	11458	4.81	489	0.273	6.09	0.51	5.76



Tabla 17.

Estimaciones de la producción diaria de huevos (huevos/0,05 m²/día), su varianza y coeficiente de variación (CV, %), área de desove, área de estudio y biomasa de anchoveta en cada año de aplicación del método. (*: Se utilizó función global de fecundidad parcial).

		Modelo de Lo GLM			Modelo Multinomial		
		Estimado	Varianza	CV	Estimado	Varianza	CV
1992	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	14.65	21.144	31.4	13.09	17.099	31.6
	Area desove (mn ²)	10332			10332		
	Area Total (mn ²)	17055			17055		
	BIOMASA (ton)	314232	1.03E+10	32.3	280714	8.32E+09	32.5
1995	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	15.03	20.666	30.2	7.05	3.903	28.0
	Area desove (mn ²)	13315			13315		
	Area Total (mn ²)	18137			18137		
	BIOMASA (ton)	465696	2.17E+10	31.6	218468	4.16E+09	29.5
1996	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	10.24	15.391	38.3	11.65	19.726	38.1
	Area desove (mn ²)	10698			10698		
	Area Total (mn ²)	18353			18353		
	BIOMASA (ton)	253356	1.05E+10	40.5	288152	1.35E+10	40.3
1997	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	20.46	43.397	32.2	11.63	11.539	29.2
	Area desove (mn ²)	14660			14660		
	Area Total (mn ²)	19627			19627		
	BIOMASA (ton)	744838	6.62E+10	34.5	423654	1.81E+10	31.7
1999	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	18.68	144.297	64.3	14.43	82.382	62.9
	Area desove (mn ²)	7525			7525		
	Area Total (mn ²)	27374			27374		
	BIOMASA (ton)	973292	3.94E+11	64.5	751810	2.25E+11	63.1
2000	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	22.73	40.155	27.9	27.55	58.729	27.8
	Area desove (mn ²)	13059			13059		
	Area Total (mn ²)	19539			19539		
	BIOMASA (ton)	608087	3.11E+10	29.0	737217	4.54E+10	28.9
2001	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	18.67	682.528	139.9	4.73	42.928	138.6
	Area desove (mn ²)	4026			4026		
	Area Total (mn ²)	25921			25921		
	BIOMASA (ton)	765885	1.20E+12	142.7	193857	7.52E+10	141.5
2002 (*)	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	26.30	36.269	22.9	22.44	25.137	22.3
	Area desove (mn ²)	18309			18309		
	Area Total (mn ²)	30264			30264		
	BIOMASA (ton)	1503911	1.30E+11	24.0	1283127	9.05E+10	23.4
2003	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	31.50	272.686	52.4	12.13	46.367	56.1
	Area desove (mn ²)	7852			7852		
	Area Total (mn ²)	26986			26986		
	BIOMASA (ton)	1238731	4.41E+11	53.6	477004	7.46E+10	57.3
2004 (*)	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	15.18	40.323	41.8	17.19	47.035	39.9
	Area desove (mn ²)	9193			9193		
	Area Total (mn ²)	30152			30152		
	BIOMASA (ton)	668979	8.08E+10	42.5	757385	9.46E+10	40.6
2005 (*)	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	32.43	114.620	33.0	20.84	51.045	34.3
	Area desove (mn ²)	12521			12521		
	Area Total (mn ²)	30368			30368		
	BIOMASA (ton)	1520754	2.64E+11	33.8	977285	1.17E+11	35.0
2006	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	18.54	55.595	40.2	16.35	41.706	39.5
	Area desove (mn ²)	14117			14117		
	Area Total (mn ²)	41182			41182		
	BIOMASA (ton)	1081156	1.96E+11	40.9	953115	1.47E+11	40.2
2007	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	6.45	25.182	0.8	5.41	16.654	75.4
	Area desove (mn ²)	6439			6439		
	Area Total (mn ²)	38269			38269		
	BIOMASA (ton)	240727	3.54E+10	78.2	202088	2.34E+10	75.7
2008	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	20.02	140.661	59.0	5.31	13.335	69.0
	Area desove (mn ²)	7594			7594		
	Area Total (mn ²)	35264			35264		
	BIOMASA (ton)	532132	1.02E+11	60.0	141270	9.60E+09	69.4
2009	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	6.77	291.607	252.4	5.07	230.343	299.1
	Area desove (mn ²)	1743			1743		
	Area Total (mn ²)	38289			38289		
	BIOMASA (ton)	287916	5.28E+11	252.4	215886	4.17E+11	299.2
2011	P0 (Nº/0.05 m ² /día) ponderado	22.54	38.880	27.7	19.11	25.467	26.4
	Area desove (mn ²)	15771			15771		
	Area Total (mn ²)	34736			34736		
	BIOMASA (ton)	795056	5.15E+10	28.5	673857	3.39E+10	27.3

**Tabla 18.**

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

Año	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
2009	Sin registro	1	0	1
	Con registro	731	41	772
	Total	732	41	773
Total	Sin registro	364	210	574
	Con registro	7.298	2.665	9.963
	Total	7.662	2.875	10.537

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



Tabla 19.

Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos de anchoveta y densidad media de huevos/0,05 m² de las estaciones positivas desde los años 1992, 1995 a 1997, 1999 al 2009 y 2011.

Año	Estaciones			Densidad Media de huevos/0,05 m ²	
	Ausencia	Presencia	Total	Estaciones +	Total Area
1992	330	212	542	51,76	20,25
1995	370	208	578	36,32	13,07
1996	576	176	752	38,17	8,93
1997	591	209	800	38,54	10,07
1999	466	132	598	57,44	12,68
2000	290	212	502	49,40	20,86
2001	454	60	514	124,42	14,52
2002	279	310	589	59,05	31,08
2003	408	129	537	71,81	17,25
2004	441	208	649	58,07	18,61
2005	444	214	658	79,75	25,94
2006	576	223	799	52,97	14,78
2007	686	113	799	41,76	5,91
2008	581	136	717	71,77	13,61
2009	732	41	773	114,71	6,08
2011	438	292	730	47,62	19,05
Total	7662	2875	10537	62,10	15,79



Tabla 20.

Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región desde los años 1992, 1995 a 1997, 1999 al 2009 y 2011.

Año	Estadística	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Temperatura superficial (° C)	Salinidad superficial (psu)	Densidad de huevos (h/0,05 m ²)	Año	Estadística	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Temperatura superficial (° C)	Salinidad superficial (psu)	Densidad de huevos (h/0,05 m ²)
1992	Mínimo	18,33	70,10	14,51	34,72	1	2004	Mínimo	18,42	70,11	13,36	34,48	1
	Máximo	23,83	71,82	17,90	35,26	202		Máximo	26,00	71,82	19,29	35,15	1288
	Rango	5,50	1,72	3,39	0,54	201		Rango	7,58	1,71	5,93	0,67	1287
	Media	21,00	70,70	16,15	34,92	45		Media	22,03	70,92	16,64	34,81	58
	Mediana	21,00	70,56	16,11	34,88	22		Mediana	21,83	70,91	16,40	34,81	10
	Desv. típ	1,80	0,44	0,91	0,14	57		Desv. típ	2,22	0,39	1,26	0,15	141
1995	Mínimo	18,38	70,10	12,80	34,10	1	2005	Mínimo	18,42	70,10	13,05	34,42	1
	Máximo	25,00	71,67	19,40	35,13	1539		Máximo	26,00	71,84	17,51	35,17	2100
	Rango	6,62	1,57	6,60	1,03	1538		Rango	7,58	1,74	4,46	0,75	2099
	Media	21,60	70,72	15,64	34,70	37		Media	22,12	70,93	15,68	34,78	84
	Mediana	21,58	70,69	15,60	34,72	6		Mediana	22,00	70,94	15,56	34,80	15
	Desv. típ	1,96	0,33	1,06	0,15	127		Desv. típ	2,25	0,40	0,94	0,22	220
1996	Mínimo	18,50	70,10	13,20	34,29	1	2006	Mínimo	18,42	70,10	13,59	34,36	1
	Máximo	26,00	71,75	17,00	35,52	611		Máximo	26,00	72,20	18,17	35,16	2563
	Rango	7,50	1,65	3,80	1,23	610		Rango	7,58	2,10	4,58	0,80	2562
	Media	22,23	70,68	15,34	34,71	38		Media	22,17	71,07	16,25	34,78	53
	Mediana	22,17	70,65	15,30	34,71	6		Mediana	22,17	71,06	16,08	34,79	6
	Desv. típ	2,06	0,33	0,54	0,11	80		Desv. típ	2,26	0,48	0,99	0,22	202
1997	Mínimo	18,38	70,08	16,04	34,53	1	2007	Mínimo	18,42	70,10	12,37	34,28	1
	Máximo	26,05	71,92	20,98	35,32	947		Máximo	26,00	72,07	16,12	34,93	705
	Rango	7,67	1,84	4,94	0,79	946		Rango	7,58	1,97	3,75	0,65	704
	Media	22,16	70,85	18,38	35,02	39		Media	22,11	71,01	14,08	34,62	43
	Mediana	22,15	70,82	18,21	35,01	11		Mediana	22,00	71,02	14,04	34,64	7
	Desv. típ	2,30	0,41	1,36	0,20	97		Desv. típ	2,22	0,45	0,73	0,11	106
1999	Mínimo	18,42	70,05	13,12	33,78	1	2008	Mínimo	18,42	70,10	13,79	34,44	1
	Máximo	26,05	71,82	17,84	35,18	1649		Máximo	26,00	71,97	17,85	35,00	1387
	Rango	7,63	1,77	4,72	1,40	1648		Rango	7,58	1,87	4,06	0,56	1386
	Media	22,33	70,84	15,95	34,78	60		Media	21,79	70,99	16,31	34,83	72
	Mediana	22,38	70,81	15,69	34,75	8		Mediana	21,83	70,98	16,26	34,83	11
	Desv. típ	2,19	0,40	1,01	0,18	180		Desv. típ	2,07	0,43	0,81	0,10	154
2000	Mínimo	18,42	70,09	13,97	34,45	1	2009	Mínimo	18,42	70,10	13,53	34,33	1
	Máximo	26,00	71,55	17,30	35,00	518		Máximo	26,00	72,20	17,68	35,12	1658
	Rango	7,58	1,46	3,33	0,55	517		Rango	7,58	2,10	4,15	0,79	1657
	Media	22,04	70,66	15,93	34,78	49		Media	22,11	71,03	15,99	34,78	115
	Mediana	21,92	70,63	15,95	34,81	14		Mediana	22,08	71,03	15,92	34,77	7
	Desv. típ	1,99	0,31	0,68	0,13	86		Desv. típ	2,26	0,45	0,86	0,21	289
2001	Mínimo	18,55	70,10	13,72	34,41	1	2011	Mínimo	18,42	70,00	12,98	34,43	1
	Máximo	26,05	71,80	17,10	35,08	1977		Máximo	26,00	71,97	18,18	35,13	1484
	Rango	7,50	1,70	3,38	0,67	1976		Rango	7,58	1,97	5,20	0,70	1483
	Media	22,15	70,83	15,70	34,74	124		Media	21,90	70,96	15,59	34,81	48
	Mediana	21,72	70,80	15,76	34,73	3		Mediana	21,83	70,95	15,67	34,81	10
	Desv. típ	2,33	0,37	0,79	0,16	343		Desv. típ	2,16	0,42	1,16	0,17	135
2002	Mínimo	18,42	70,12	13,65	34,44	1	Total	Mínimo	18,33	70,00	12,37	33,78	1
	Máximo	26,00	71,85	18,10	35,14	1607		Máximo	26,05	72,20	20,98	35,52	2563
	Rango	7,58	1,73	4,45	0,70	1606		Rango	7,72	2,20	8,61	1,74	2562
	Media	22,27	70,89	16,11	34,78	59		Media	22,05	70,89	15,99	34,79	56
	Mediana	22,17	70,89	16,18	34,80	14		Mediana	22,00	70,85	15,88	34,78	9
	Desv. típ	2,22	0,38	1,16	0,18	128		Desv. típ	2,19	0,42	1,34	0,19	158
2003	Mínimo	18,42	70,10	13,34	34,47	1							
	Máximo	26,00	71,71	18,30	35,22	1386							
	Rango	7,58	1,61	4,96	0,75	1385							
	Media	21,83	70,83	16,03	34,84	72							
	Mediana	21,83	70,81	15,81	34,83	4							
	Desv. típ	2,11	0,37	0,94	0,14	212							



Tabla 21.

Análisis de devianza para los efectos de las covariables en el ajuste del modelo GAM para la densidad de huevos de anchoveta. Desde los años 1995 a 1997, 1999 al 2009 y el 2011.

	edf	Deviance			AIC	p-value
		Residual	Delta	% Expl.		
Modelo Poisson-Compuesto						
Intercepto	1	151.115	-	-	36.768	-
s(Latitud (°S))	9,8	142.122	8.994	23%	36.454	< 0.01
s(Longitud (°W))	9,7	135.399	15.716	40,4%	36.194	< 0.01
s(Temperatura (°C))	9,2	149.149	1.966	5,1%	36.713	< 0.01
s(Salinidad (psu))	9,4	142.913	8.203	21,1%	36.483	< 0.01
Año	15	147.106	4.009	10,3%	36.650	< 0.01
s(Lat) + s(Lon) + s(TSM) + s(Sal) + Año	49,3	123.141	27.975	18,5%	35.773	< 0.01
Total deviance explained: 18,5%						

**Tabla 22.**

Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen del ajuste del modelo MAGM para la variable número de huevos de anchoveta bajo una distribución Poisson.

Formula: huevos ~ s(año) + s(lon,lat) + s(tem) + s(sal), aleatorio=estación

Coeficientes paramétricos:

Variable	Valor Estimado	Error Estándar	Valor t	Proba ($> t $)
Intercepto	1.89201	0.05661	33.42	$< 2e-16$

Coeficientes no-paramétricos:

Variable	Grados libertad	Valor F	Valor P
S(año)	7.167	16.719	$< 2e-16$
S(lon,lat)	26.905	29.811	$< 2e-16$
S(tem)	5.774	6.480	1.19e-6
S(sal)	7.358	7.446	2.62e-9

Efecto aleatorio:

AIC	BIC	logLik
51664.27	51749.72	-25820.13

	(Intercepto)	Residuales
Desviación Estándar	0.8931843	10.13156

Intervalos de confianza al 95%:

inferior	estimado	superior
1297.992	4803.831	17326.88

Error estándar dentro de los grupos:

inferior	estimado	superior
9.980284	10.131564	10.285136

**Tabla 23.**

Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen del ajuste del modelo MAGM para la variable número de huevos de anchoveta bajo una distribución Poisson.

Formula: huevos ~ s(año,por=polygono) + s(lon,lat) + s(tem) + s(sal), aleatorio=estación

Coefficientes paramétricos:

Variable	Valor Estimado	Error Estándar	Valor t	Proba ($> t $)
Intercepto	1.62306	0.07976	20.35	$< 2e-16$

Coefficientes no-paramétricos:

Variable	Grados libertad	Valor F	Valor P
S(año):poligono1	5.761	11.177	4.66e-12
S(año):poligono2	1.000	8.150	0.004316
S(año):poligono3	8.272	10.070	1.74e-14
S(año):poligono4	8.536	10.311	2.77e-15
S(año):poligono5	7.119	8.902	4.04e-11
S(año):poligono6	7.324	3.723	0.00039
S(año):poligono7	1.000	14.765	0.000123
S(lon,lat)	26.831	21.873	$< 2e-16$
S(tem)	4.950	4.232	0.0008
S(sal)	6.379	2.356	0.025257

Efecto aleatorio:

AIC	BIC	logLik
57295.3	57466.2	-28623.65

	(Intercepto)	Residuales
Desviación Estándar	0.7511379	11.84801



Tabla 24.

Correlaciones temporales estimadas para la densidad de huevos de anchoveta, la temperatura y salinidad superficial del mar durante el periodo analizado.

Área	Huevos v/s temperatura	Huevos v/s salinidad
1	-0.5376	0.0134
2	-0.6631	0.3669
3	0.4058	0.0033
4	0.2310	-0.2464
5	0.5233	0.0828
6	0.4639	0.3371
7	0.5332	0.1822

A N E X O S

A N E X O 1

**Instructivo de muestreo:
Utilizado a bordo por parte de
los Observadores Científicos**



INSTRUCTIVO DE MUESTREO

UTILIZADO A BORDO POR PARTE DE LOS OBSERVADORES CIENTÍFICOS

1. Alcance de la recolección de datos

Por cada lance de pesca los Observadores Científicos (OC) deberán registrar toda la información requerida en los formularios oficiales de Bitácora de Pesca Embarcaciones Cerqueras (FD-2/IT-2/PD-4), Muestreo longitud de peces (FD-6/IT-2/PD-4) y Muestreo Proporción de Especies (FD-7/IT-2/PD-4)..

Para controlar las actividades de muestreo realizadas por el OC a bordo, deberá anotar en el formulario de muestreo de longitud de peces, la cantidad total de ejemplares fijados en formalina para los siguientes propósitos:

- a. Proporción sexual
- b. Hembras maduras
- c. Hembras hidratadas

2. Procedimientos de muestreo

2.1. Hembras maduras

Fijar en formalina diluida al 10% y tamponada con carbonato de calcio, 35 hembras maduras por lance y depositar en frascos de 3 litros. Se requiere llenar 2 frascos por lance, con un total de 18 a 17 ejemplares cada uno. Los frascos deben ser identificados indicando el lance de pesca del que fueron recolectados, para lo cual se debe introducir en su contratapa la respectiva etiqueta de papel escrita con lápiz grafito, en forma clara y legible, la que debe contener la siguiente información:.

- Nombre del Barco
- Fecha del Lance
- Número del Lance
- Hora del Lance
-

***Nota:** Se debe guardar el total de hembras solicitadas; en caso contrario dicho lance no podrá ser incluido en el análisis



2.2. Proporción Sexual

Tomar una muestra **AL AZAR** de aproximadamente 100 ejemplares los cuales deben ser sexados, los ejemplares se deben separar en machos y hembras e introducirlos a mallas mosquiteras diseñadas para dicho fin con su respectiva etiqueta. Una vez separadas las dos mallas (machos y hembras), se deberán depositar en los bidones que contienen formalina diluida al 10 %.

Registrar el número total de machos y hembras muestreadas para cada lance en el formulario **Muestreo longitud de peces (FD-6/IT-2/PD-4)**

2.3. Muestreo de longitud

Se debe medir 120 ejemplares de acuerdo a los procedimientos establecidos en el IT-1/PE-7-2 Manual de Muestreo, capítulo VIII, punto 2.2 Muestreo de Longitud. La fauna acompañante debe recibir el mismo tratamiento debiendo registrar la información en el formulario **Muestreo longitud de peces (FD-6/IT-2/PD-4)**

2.4. Hembras hidratadas

Debido a la poca ocurrencia de encontrar en los lances de pesca anchovetas con ovarios hidratados, se debe realizar un muestreo dirigido para la recolección de dichos ejemplares. La mayor probabilidad de encontrar estas hembras, se produce en aquellos lances que se realizan entre las 18:00 y las 22:00 horas.

La hembra hidratada se caracteriza por presentar un abdomen muy abultado. Por ningún motivo se debe presionar el abdomen para verificar la presencia de huevos hidratados.

Cuando se observe la presencia de estos ejemplares en un lance, se debe tomar una muestra entre 150 a 200 ejemplares, a las cuales se les deberá hacer un pequeño corte (no más de 1 cm) en la zona abdominal, procurando no dañar la gónada. Por cada lance se deben almacenar estos ejemplares en un bidón de 20 litros con formalina al 10% tamponada con carbonato de calcio. Asegurar que la formalina cubra totalmente los ejemplares muestreados.



El bidón debe ser rotulado con una etiqueta de papel escrita con plumón indeleble de tal manera que sea fácil su identificación, debiendo contener a lo menos la siguiente información:

- Nombre de la Embarcación
- Fecha de recalada
- Número y hora del lance

La etiqueta debe ser cubierta con cinta de embalaje transparente para que no se desprenda ni se dañe.

Estos bidones con ejemplares hidratados deben ser bajados de inmediato en el puerto que recale la embarcación y los OC deben informar por teléfono a la base de IFOP correspondiente para que lo retiren a la brevedad.

Antes del despacho de los bidones con muestras, el OC debe verificar que cada ejemplar se encuentre bien fijado para luego enviarlos a IFOP - Iquique.

En cada recalada junto con los bidones con las muestras, el OC deberá entregar un sobre sellado conteniendo copia de los formularios completados a bordo, al funcionario de tierra encargado de recibirlas, o en su defecto al radio-operador de la respectiva bahía de la empresa pesquera. Si se entregan formularios al radio operador de la empresa pesquera, los **OC** deben informar a IFOP para que los retiren, para evitar el extravío de las muestras e información.

Se debe entregar los formularios con letra clara y legible, completando todos los campos.

Cualquier duda se deberá consultar a los siguientes funcionarios del IFOP:



Ciudad	Nombre	Cargo	E-m@il	Fono	Fax
Arica	Luis García Madariaga	Observador Científico	arica@ifop.cl	(58) 232401	(58) 258051
Iquique	Carlos Gaspar Solís Pilar Páez Vergara Eduardo Díaz Ramos	Coordinador General Asistente Coordinador Encargado Laboratorio Histología	carlos.gaspar@ifop.cl pilar.paez@ifop.cl eduardo.diaz@ifop.cl	(57) 413579 (57) 422216	(57) 411944
Tocopilla	Paolo Pasten Vera	Observador científico	paolo.pasten@ifop.cl	(55) 813100	
Mejillones	Juan Almazábal García	Observador científico	juan.almazabal@ifop.cl	(55) 621635	(55) 621635



Material de trabajo asignado a cada observador Científico:

- 2 bidones de 60 litros
 - 2 bidones de 20 litros
 - 20 frascos de 3 litros
 - 2 baldes
 - 10 litros de formalina pura
 - 4 bolsas con 265 g. de carbonato de calcio
 - 20 bolsas malla mosquitera
 - 1 ictiómetro
 - 1 tijera de punta roma
 - 2 lápices de pasta
 - 1 plum3n
 - 1 goma de borrar
 - 2 lápices grafito
 - 15 sobres tamaño oficio
 - 1 cinta de embalaje ancha
 - 40 etiquetas para identificaci3n de lances
 - 1 caja de guantes desechables (tamaño x)
 - formularios (bitácoras de pesca, muestreo de longitud, muestreo proporci3n de especies y SIEM embarcado)
-

A N E X O 2

**Procedimientos de recopilación,
transmisión, validación y
almacenamiento de datos**



PROCEDIMIENTOS DE RECOPIACIÓN, TRANSMISIÓN, VALIDACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

Antecedentes

La economía mundial se encuentra en un proceso de cambios profundos. La globalización, la internalización de conceptos de sustentabilidad, son desafíos que impactan a todos los niveles y para los cuales es necesario contar con organismos que avalen y garanticen el estado de los recursos y certifiquen que estos van a existir para el beneficio de las generaciones futuras.

La gestión pública asociada a la investigación y administración de las pesquerías requiere aplicar procesos certificados que garanticen la cantidad, oportunidad, trazabilidad y calidad de los datos recopilados en grandes cantidades.

Para adecuarse a estos desafíos el IFOP a partir del año 2006 ha venido implementado un nuevo sistema de gestión de recopilación y calidad de datos basado en la norma ISO 9001/2000 (**SGC ISO 9001**), los que han sido y sustentados en nuevas tecnologías de la información. Esto ha permitido optimizar las actividades de muestreo respondiendo a los nuevos requerimientos de datos, en cuanto a cantidad, oportunidad y calidad.

Para tal efecto la Sección de Gestión de Muestreo (SGM), ha desarrollado procedimientos de recopilación y control de los procesos de datos, como también actualizado los manuales y protocolos de muestreo. En conjunto con la Sección de Tecnologías de la Información (STI) ha incorporado tecnologías de punta para el ingreso, transmisión, gestión y administración electrónica de información (Pocket PC, servidores, ingresadores, sistemas de gestión y validadores electrónicos de información).

Sistema de gestión de calidad ISO 9001/2000.

El sistema de gestión de calidad ISO 9001/2000 es un conjunto de procedimientos documentados institucional, que regula y estandariza los procesos de



planificación, recopilación, digitación, control, transmisión, recepción, validación y almacenamiento de datos.

La Figura 1 muestra el de diagrama de flujo general que muestra la secuencia de los procedimientos planificación y control de la generación de datos, siendo los principales procesos operativos los siguientes:

- PD-8-2 control del servicio no conforme
- PE-7-1 identificación y revisión de las especificaciones de datos requeridos por el cliente
- PE -7-2 planificación, ejecución y control de la recopilación de datos
- PE -7-6 control de equipos, instrumentos de medición y software
- PE -8-1 medición de satisfacción del cliente
- PE 8-2 análisis de la información del SGC.

La Figura 2 despliega un diagrama funcional de los procesos generación de datos y controles de calidad, mostrando las relaciones entre las diferentes entidades institucionales. El significado de las abreviaturas es el siguiente:

- **SGM.** Sección Gestión de Muestreo
- **STI.** Sección Tecnologías de la Información.
- **SIEM MANUAL:** Sistema de Información del Esfuerzo de Muestreo Manual. Resumen semanal de la actividad de muestreo efectuada por los Coordinadores de Campo (**CC**)
- **SIEM ELECTRÓNICO:** Sistema de Información del Esfuerzo de Muestreo Electrónico. Resumen de la actividad de muestreo efectuada en cada viaje por cada Observador Científico (**OC**).

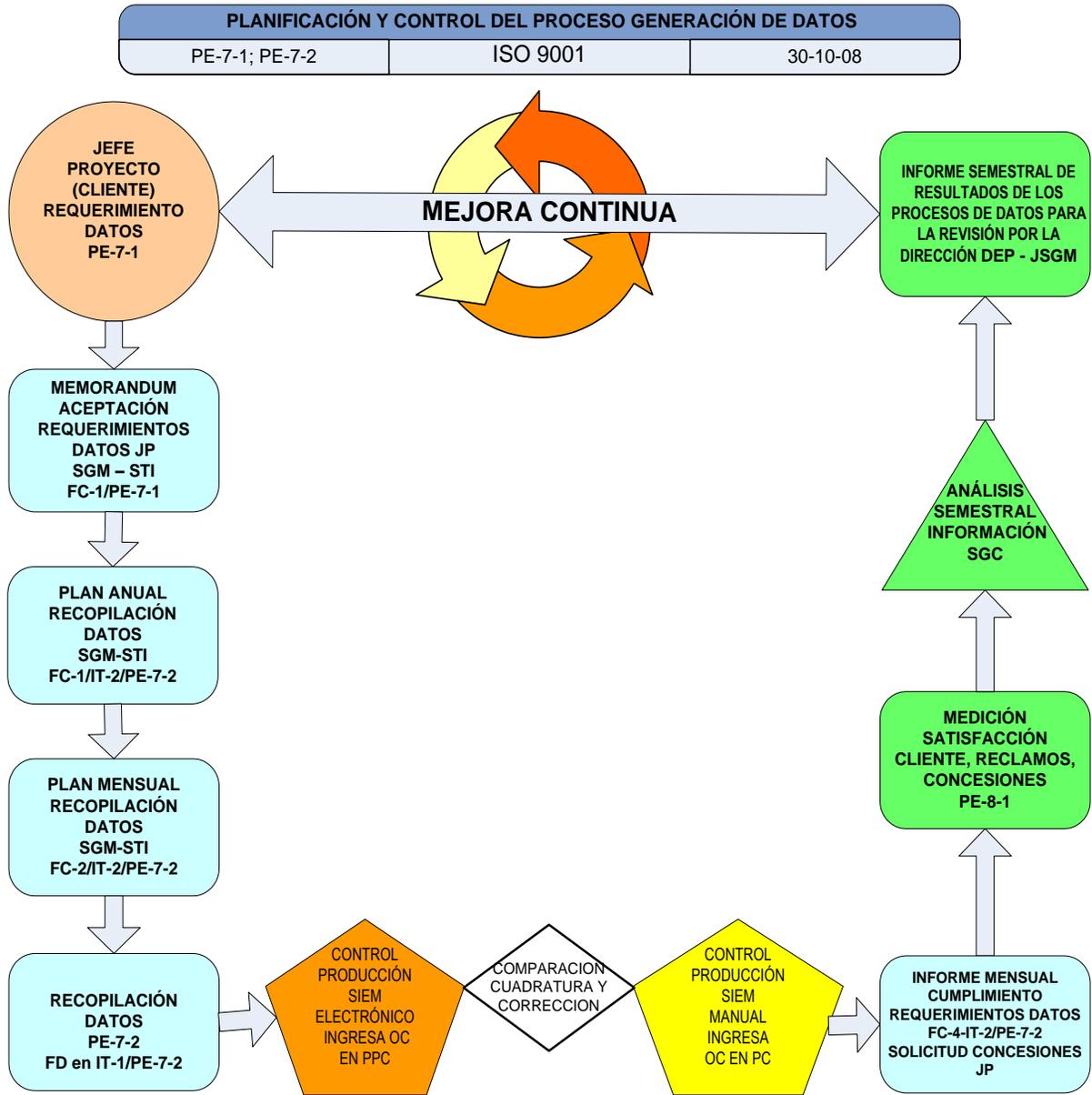


Figura 1. Secuencia de los procedimientos planificación y control de la generación de datos de acuerdo con el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001/2000.

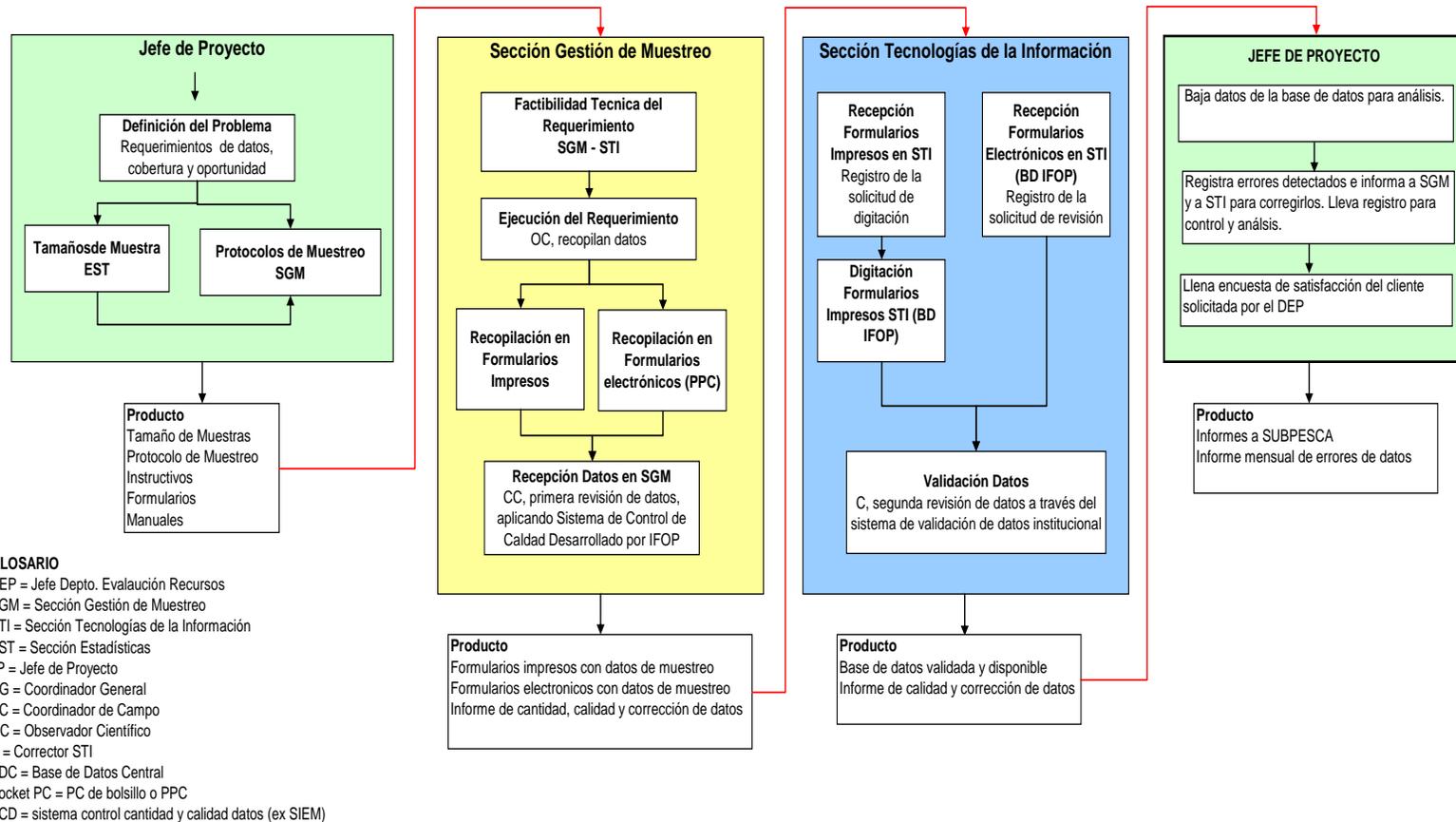


Figura 2. Diagrama funcional de los procedimientos de generaci3n de datos y control de calidad.



Este conjunto de procesos permite informar mensualmente a los Jefes de Proyecto el cumplimiento por parte de la SGM, en cuanto a cantidad, oportunidad, cobertura y errores de los datos.

Una vez verificados los datos por parte de la SGM, los entrega a STI, llevándose a efecto una nueva verificación electrónica de los datos, dejando identificados aquellos que contienen errores. Antes de migrar los datos desde la base de datos temporal a la base de datos central se les aplica un validador informático, quedando identificados los datos con posibles errores. Seguidamente los datos son migrados a la base de datos central quedando a disposición de los Jefes de Proyectos. Estos proceden a su revisión final y solicitan a STI que corrija aquellos que contienen errores, con lo cual se cierra el ciclo de producción de datos. La figura 3 muestra los procesos antes mencionados.

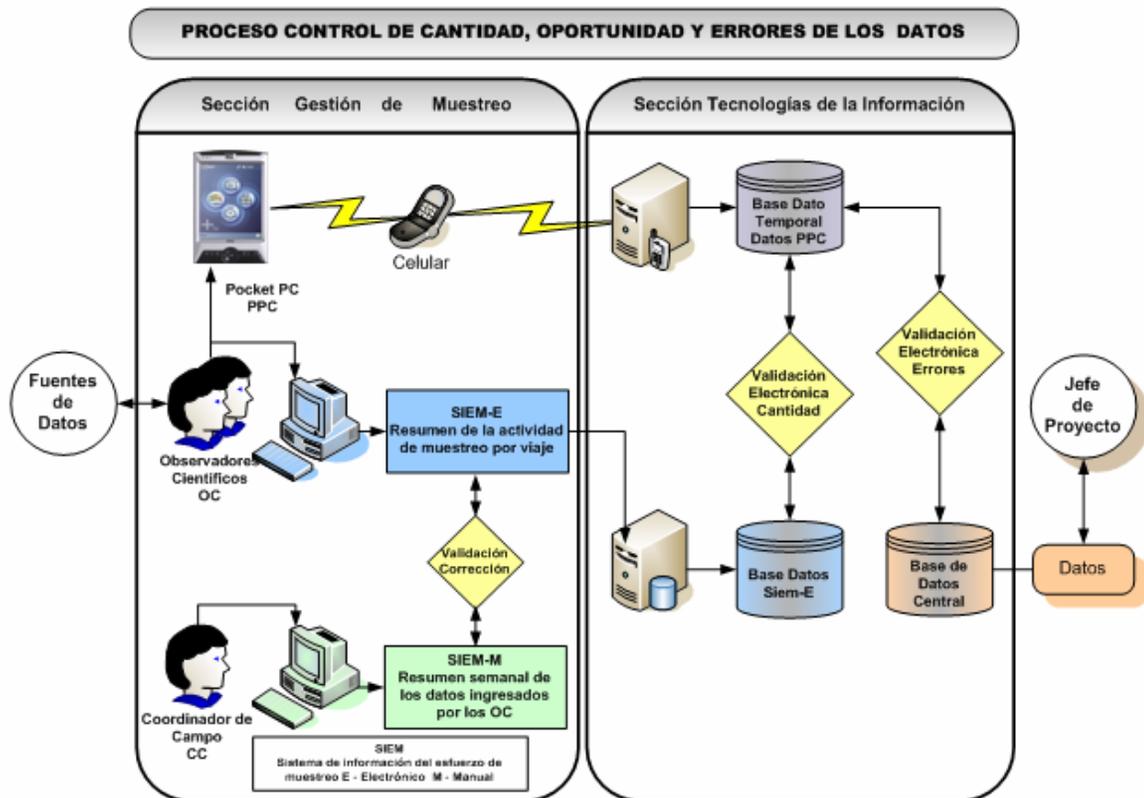


Figura 3. Diagrama de flujo de los procesos de control de cantidad, oportunidad y errores de datos.

A N E X O 3

Taller 1 Coordinación de Actividades
Taller 2 Presentación de Resultados (CD)

Taller **1**

Coordinación de Actividades:



TALLER 1 COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES FIP 2011-08:
Evaluación de stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2011
IFOP / SUBPESCA / FIP

Valparaíso, martes 05 julio de 2012

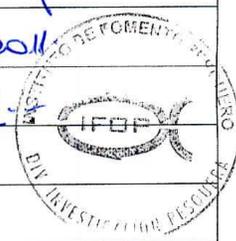


REUNIÓN DE COORDINACION DE ACTIVIDADES

"Evaluación del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2011"
(Proyecto FIP 2011-08)

LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	INSTITUCION A LA QUE PERTENECE	FIRMA
1	Selvia Hernández C	Subsecretaría de Pesca	
2	Michelle Papamercato O	FIP	
3	Sergio Pino Andrade	IFOP	
4	Narciso Fuenzalida A.	IFOP	
5			
6	Sala Reuniones 2º Piso: Martes 05 Julio 2011		
7	10:00 - 11:30 hrs.		
8			
9			
10			





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O



PROGRAMA DE TRABAJO

CRUCERO 542(3)11 RA

Evaluación del stock desovante de anchoveta
en la XV, I y II Regiones, año 2011

FIP N°2011-08 / Julio-2011



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O



PROGRAMA DE TRABAJO
CRUCERO 542(3)11 RA
Evaluación del stock desovante de anchoveta
en la XV, I y II Regiones, año 2011
FIP N° 2011-08 / Julio-2011

REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA
Presidente Consejo de Investigación Pesquera
Pablo Galilea Carrillo

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Braun Alegría

Director Ejecutivo
Jorge Antonio Toro Da'Ponte

JEFE DE PROYECTO

Mauricio Braun Alegría



1. INTRODUCCIÓN

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

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

El método para la estimación de la biomasa desovante de anchoveta, se fundamenta en gran parte en el ciclo de desarrollo del ovario, el cual pasa por una serie de estadíos. El ovocito en el transcurso de su desarrollo crece en el ovario proveyéndose



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

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

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

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

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



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

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

- Rutinas para la selección de modelos utilizando GAM, lo que previamente había sido realizado sobre una base *ad hoc* con elementos subjetivos.
- Modelación independiente del sistema de coordenadas en GAM, de esta manera los modelos deberían ser insensitivos a cambios en el sistema de coordenadas.
- Modelación de interacciones con GAM, cuyo principal tópico es cómo escalar la covarianza relativa de las variables.
- Mejor desempeño de la inferencia con modelos GAM.



- Asegurar estabilidad del modelo con datos que se caracterizan por una alta presencia de ceros.
- Facilitar el uso de las nuevas rutinas a usuarios interesados en mejorar estimaciones con el MPDH.

Se destaca que gran parte de los tópicos mencionados necesitaron de cambios en la metodología estadística básica en GAM. Por ejemplo, la estimación de la producción diaria de huevos (P0) y la tasa de mortalidad diaria (Z) es un problema específico del MPDH. Por esta razón, varias mejorías estadísticas fueron desarrolladas a través del proyecto de la UE, que se aplicaron en la problemática general de la producción diaria de huevos de anchoveta en el año 2007.

Dentro de este contexto, y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensión de la distribución y abundancia de los recursos y sus fluctuaciones espacio temporales, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretaría de Pesca y la conveniencia de mantener una línea de investigación respecto al stock desovante de anchoveta, ha decidido incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera correspondiente al año 2011.

En el presente programa de trabajo se describen las actividades a desarrollar durante la ejecución del crucero que se efectuará durante el período de máxima actividad reproductiva de la anchoveta, el cual contempla la recolección de muestras de huevos de anchoveta e información oceanográfica (Módulo Huevos) y muestreo de adultos (Módulo Adultos).



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

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

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1** Determinar la distribución y abundancia de huevos de anchoveta.
- 2.2.2** Registrar las condiciones oceanográficas asociadas al crucero de huevos de anchoveta.
- 2.2.3** Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras, con sus respectivas varianzas.
- 2.2.4** Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos.
- 2.2.5** Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta, con su varianza asociada.
- 2.2.6** Estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal, el modelo de regresión correspondiente a esta relación, y la fecundidad media poblacional, con sus respectivas varianzas.
- 2.2.7** Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.
- 2.2.8** Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas, utilizando las bases de datos de los proyectos anteriores y los resultados del presente proyecto.



3. METEOLOGÍA

3.1 Zona de estudio

La zona de estudio está comprendida entre el área de desove que se extiende desde el límite norte de Chile hasta los 26°03' de latitud sur y desde la costa hasta las 80 millas náuticas.

3.2 Embarcación

La plataforma de trabajo para la recolección de huevos de anchoveta y la obtención de información oceanográfica será el PAM "Raulí" y para la recolección de muestras de peces adultos se operará con 4 embarcaciones cerqueras industriales y dos artesanales de acuerdo a:

ZONA	NAVE TITULAR	NAVE SUPLENTE
Zona 1: Arica (18°21´S)–Pta Guanera (20°10´S)	PARINA I	EPERVA 65
Zona 2: Pta Guanera (20°10´S)–Pta Aña (22°00´S)	MARLIN	ANGAMOS 9
Zona 3 Pta Aña (22°00´S) – Pta Amarilla (24°00´S)	COSTA GRANDE I	LINCANTEN
Zona 4 Pta Amarilla (24°00´S)–Pta Carrizalillo (26°00´S)	EPERVA 57I:	Por definir
Naves artesanales	LORETO III; BUCANERO	CAHUASCAR; CORSARIO



3.3 Crucero y plan de muestreo

El crucero se realizará durante la época de máxima actividad reproductiva, la cual se determinará mediante muestras recolectadas de la captura comercial de especies pelágicas, a través de técnicas macroscópicas (variaciones del índice gonadosomático) y microscópicas (tendencia del índice de actividad de desove **IAD**), en los principales puertos de la XV, I y II Regiones.

3.3.1 Diseño de muestreo de Huevos de Anchoveta

El diseño de muestreo a utilizar corresponde a un diseño sistemático, cubriéndose un área de aproximadamente 41.448 mn^2 , con un total de 47 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 10 mn. En cada una de las transectas se realizarán 17 estaciones bio-oceanográficas separadas cada 5 mn, ubicándose éstas a 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 y 80 mn. De esta manera se realizará un total de 799 estaciones (**Figura 1a**).

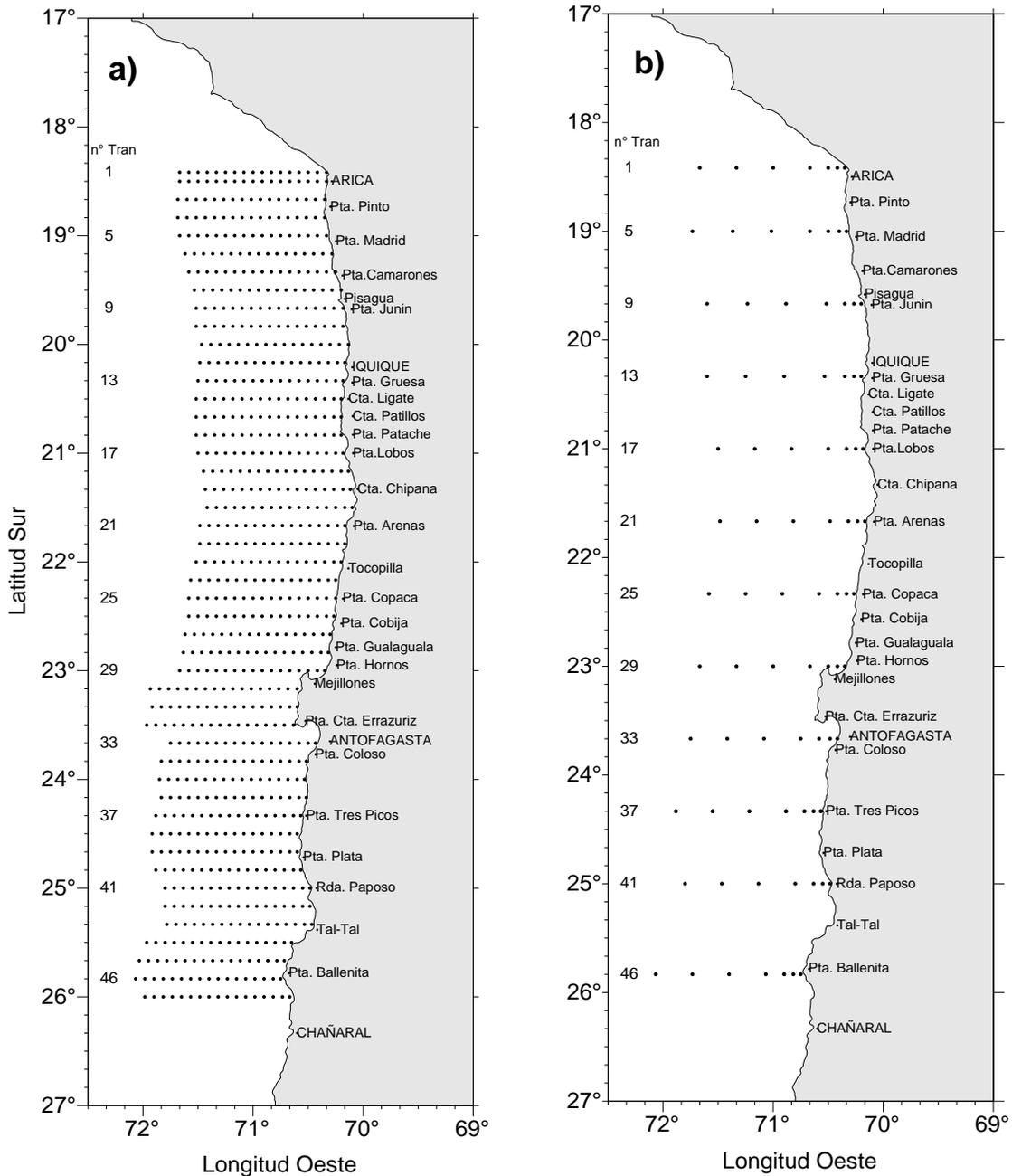


Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas (a) y estaciones con muestreo profundo de clorofila y oxígeno (100 m) (b). Crucero MPH – invierno 2011.



3.3.2 Recolecta de las muestras

La recolecta de las muestras de plancton se efectuará realizando el track en forma simultánea a las naves empleadas en la recolección de los adultos.

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

Los datos a registrar en las planillas de cada lance de pesca planctónico, serán el número de estación, fecha, hora, posición, tipo de pesca, tipo de red, duración del lance (tiempo de arriado y virado), cantidad de cable arriado y lectura del ángulo.

3.3.3 Tratamiento de las muestras a bordo

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

3.3.4 Diseño de muestreo oceanográfico

En la zona de estudio se realizará un total de 47 transectas perpendiculares a la costa separadas cada 10 mn. En cada transecta se efectuarán 17 estaciones oceanográficas separadas cada 5 mn, las que abarcarán hacia el oeste hasta las 80 mn (Figura 1a), completándose un total de 799 estaciones propuestas.



En cada estación se obtendrán registros continuos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (psu) con profundidad (dbar) hasta un máximo de 100 m, mediante el uso de un CTD marca SEA BIRD modelo 19 plus V2, equipado con bomba en modo auto-contenido. En las estaciones ubicadas a 1, 5, 10, 20, 40, 60 y 80 mn en las transectas de: Arica ($18^{\circ}25'S$), punta Madrid ($19^{\circ}0'S$), punta Junín ($19^{\circ}40'S$), punta Gruesa ($20^{\circ}20'S$), punta Lobos ($21^{\circ}00'S$), punta Arenas ($21^{\circ}40'S$), punta Copaca ($22^{\circ}20'S$), punta Hornos ($23^{\circ}0'S$), Bahía Moreno (Antofagasta, $23^{\circ}40'S$), punta Tres Picos ($24^{\circ}20'S$), rada Paposó ($25^{\circ}00'S$) y punta Ballenita ($25^{\circ}50'S$) se realizarán estaciones oceanográficas con CTD hasta una profundidad máxima de 500 m, con toma de muestras de agua para análisis de clorofila y oxígeno disuelto (OD) en la vertical. De estas estaciones se realizará un total de 84 y se les denominará en adelante estaciones oceanográficas profundas (Figura 1b).

Para la toma de muestras de agua conducentes a los análisis de clorofila-a y oxígeno disuelto se utilizarán botellas Niskin de 1,7 L de capacidad operadas en forma manual. El muestreo en las estaciones oceanográficas profundas se hará en los niveles estándar de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75 y 100 m como máximo. Los análisis de **OD** se realizarán a bordo mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965).

Para revisar el buen funcionamiento del equipo se realizarán perfiles duplicados de los datos de temperatura y salinidad en al menos 1 estación por sección utilizando otro CTD Sea BIRD 19 calibrado. Además se obtendrán muestras discretas de salinidad en estaciones seleccionadas para los análisis de salinidad los que ulteriormente se realizarán en laboratorio en tierra mediante el uso de un salinómetro digital marca TSK modelo DIGIAUTO.

Durante la realización de las estaciones, se registrará información meteorológica de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas. En el registro se utilizarán las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991). Los datos de viento serán registrados con un anemómetro fijo marca Simrad modelo IS-12, y los datos corresponderán al valor predominante observado durante la ejecución de la estación.



3.3.4.1 Medición de la clorofila-a

En las estaciones oceanográficas profundas se coleccionarán muestras para los análisis de clorofila-a. Para esta variable la metodología será filtrar *in situ* un volumen estandarizado de 50 mL con un sistema de filtrado múltiple Millipore, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF-75, 0,7 μm , 25 cm de diámetro) (Jeffrey *et al.*, 1997). Las muestras se congelarán en nitrógeno líquido hasta su posterior análisis en el laboratorio en tierra.

La extracción de la muestra para el análisis de clorofila-a, será en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90% v/v, por un período de 24 horas y a -20°C. La lectura del sobrenadante será en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando para tales efectos un fluorómetro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-a marca Sigma Chemicals.

Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo recomendaciones de UNESCO (1981a); por conveniencia se omite el factor 10^{-3} y la unidad psu. El cálculo de la densidad será realizado utilizando la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 (Millero & Poisson, 1981, UNESCO, 1981b). La densidad se presentará como sigma-t (Densidad-1000 kg/m^3).

Para el nivel superficial se presentarán valores de anomalía estacional de temperatura, salinidad, como también, a nivel subsuperficial el de profundidad de la isoterma de 15°C. Estos valores serán obtenidos de los promedios mensuales (Reynolds, 1982; Blanco, 1996; Rojas y Silva, 1996) y que fueron actualizados por IFOP durante la ejecución del proyecto FIP N° 2001-01 (Braun *et al.*, 2002), según la metodología indicada por Blanco *et al.*, (2001). Cabe indicar que los promedios históricos recién señalados están calculados sólo para el área de Arica a rada Paposo (25°S) y fueron calculados utilizando una serie de cruceros de más de 30 años en la zona norte de Chile.

Los valores de anomalía registrados en el sector oceánico de la zona de estudio y que comprenden el rango en temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de 15°C que están en $\pm 1^\circ\text{C}$, $\pm 0,1$ psu y ± 10 m, respectivamente, se considerarán como no significativos o como valor normal de la variable para ese mes. En el



caso del sector costero (primeras 20 mn desde la costa), éste rango aumenta al doble, es decir $\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $\pm 0,2$ psu y hasta ± 20 m, respectivamente. Los rangos recién indicados para el sector costero y oceánico corresponden al valor promedio de 1 desviación estándar asociado al promedio histórico de los datos de cada variable y señalan el rango de variación normal del sistema. Se indica que los términos “anomalía no significativa” y “anomalía significativa” no están aplicados en un sentido estricto a una prueba estadística, bastando para ello el definir un criterio que en este caso corresponde al indicado.

La determinación de la “condición de normalidad” de la zona de estudio hace uso de valores de anomalía señalados, junto con el análisis de las condiciones locales o de forzamiento remoto que se presentan en la zona al momento del crucero y que justifican las anomalías encontradas.

Con los datos de viento obtenidos durante la ejecución de las estaciones del crucero se elaborará una carta de intensidad y dirección, las cuales se utilizarán principalmente para la interpretación de las condiciones locales.

3.3.4.2 Recopilación de información satelital del periodo del crucero

Datos diarios del campo superficial de corrientes geostroficas serán obtenidos del Centro de Datos de Oceanografía Satelital, Interpretación, Validación y Almacenamiento llamado AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), con una resolución espacial de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ y temporal de cada un día, y distribuidos con un mes de desfase. Estos datos satelitales son el resultado del procesamiento combinado de todos los satélites disponibles usando una interpolación óptima y tomando en cuenta los errores a lo largo de la longitud de onda (Ducet *et al.*, 2000). La combinación de diferentes satélites proporciona mapas más realistas mejorando la descripción de la variabilidad de meso-escala del océano.

Datos diarios de TSM serán obtenidos del programa “Ocean Color Web” para la distribución de datos del satélite MODIS-Aqua (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>), con una resolución espacial de 4×4 km y resolución temporal diaria. Sensores AVHRR a bordo del satélite permiten obtener la TSM de la primera capa del océano tanto de día como de noche.



Se recepcionarán y procesarán imágenes satelitales diarias de resolución espacial media (4 km) de color del mar de la cual se deriva la clorofila (cloas) integrada hasta el 20% de penetración de la luz. La información diaria será obtenida del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a bordo de los satélites Terra (EOS AM) y del Aqua (EOS PM), los que son producidos y distribuidos por OCDPS (Ocean Color Data Processing System) del centro espacial aéreo Goddard de la NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Al igual que las imágenes de TSM satelital, la disponibilidad de imágenes de clorofila también es condicionada por la nubosidad existente en la zona de estudio, ya que la forma de registro del sensor no realiza mediciones a través de las nubes.

3.3.4.3 Proceso de información satelital del periodo del crucero

De la información del campo de corrientes se obtendrá una imagen diaria de anomalías del nivel medio del mar para 4 días que se usarán como representativos del desarrollo del crucero. Las corrientes geostróficas superficiales se representarán como flechas. Con la información diaria de TSM se confeccionarán promedios semanales compuestos del periodo del crucero. Promedio compuesto significa que cada pixel será promediado de acuerdo a la cantidad de información disponible en el periodo, quedando en blanco o como nube si no hay, al menos, un solo dato válido para el pixel. Al igual que en la TSM, se confeccionaran imágenes satelitales promedio semanales compuestas de la concentración de clorofila, las cuales dan una mejor cuenta de la distribución espacial y de la concentración que una sola imagen con nubes.

3.3.4.4 Series de tiempo de viento en la costa de Iquique y Antofagasta

Se obtendrán datos de viento de los aeropuertos Diego Aracena de Iquique y Cerro Moreno de Antofagasta, los cuales son distribuidos por la dirección meteorológica de Chile. Estos datos corresponden a promedios diarios de intensidad y dirección del viento entre enero y septiembre de 2011. Las observaciones de viento en ambas localidades, al igual que los datos de viento registrados en puente, permitirán derivar el transporte de Ekman (Mx) (Bakun, 1973, 1975 y 1987). La información de la serie de viento y de transporte Ekman dará una visión integradora del crucero dentro del contexto del año 2011.



Estos dos tipos de observaciones, cruceros y satelitales, permitirán aproximarse a la dinámica de mesoescala horizontal predominante en la zona durante la realización del crucero (e.g. circulación geostrofica, surgencia, giros, frentes, entre otros). Además, permitirá analizar los procesos de pequeña escala que están influenciando la columna de agua, como la profundidad de la capa de mezcla, la profundidad de la termoclina y la profundidad de la isoterma de 15°C.

3.3.4.5 Diseño de muestreo de clorofila

Se realizará un muestreo discreto de clorofila- **a** en doce transectas perpendiculares a la costa, las que estarán ubicadas en Arica (18°25'S), punta Madrid (19°00'S), punta Junín (19°40'S), punta Gruesa (20°20'S), punta Lobos (21°00'S), punta Arenas (21°40'S), punta Copaca (22°20'S), punta Hornos (23°00'S), bahía Moreno (23°40'S), punta Tres Picos (24°20'S), rada Paposo (25°00'S) y punta Ballenita (25°50'S). En cada transecta se tomarán muestras de agua en 7 estaciones distribuidas a 1, 5, 10, 20, 40, 60 y 80 mn de la costa.

Las muestras para los análisis de clorofila- **a** se coleccionarán en las profundidades estándares de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75 y 100m, para lo cual se utilizarán botellas Niskin de 1.7 L.

Las muestras de agua de mar se filtrarán *in situ* utilizando un sistema Swinnex (Millipore) de 25 mm de diámetro, con filtros de fibra de vidrio tipo MFS GF/75, con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL, almacenándose estas en nitrógeno líquido hasta el momento de su análisis en tierra.

La extracción de la muestra para el análisis de clorofila- **a**, se realizará en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90 % v/v, por un período no inferior a las 12 horas y a ca. 0°C. La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando para tales efectos un fluorómetro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-a marca Sigma Chemicals.



4. MÓDULO ADULTOS

Para la estimación de la biomasa desovante se requiere un muestreo simultáneo entre el crucero módulo huevos y el crucero módulo adultos, que permitan determinar los parámetros relacionados con la dinámica reproductiva de estos últimos (**Figura 2**).

La recolección de adultos de anchoveta se realizará con la participación de cuatro embarcaciones cerqueras industriales y dos artesanales, las que estarán equipadas básicamente con sonar, radar, ecosonda, navegador por satélite, radiogoniómetro, radios HF y VHF y una red de cerco anchoveta. Estas naves operarán simultáneamente con el crucero de recolección de huevos.

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

4.1 Determinación del tamaño de muestra

El diseño de muestreo para los adultos corresponde al de conglomerado bi-etápico, donde las unidades de primera etapa corresponden a los “lances de pesca” y las unidades de segunda etapa a los “peces capturados” en cada lance.

El diseño de muestreo empleado en los estudios anteriores del MPH en el área de estudio, ha dado como conclusión que con 40 lances efectivos se puede estimar en forma óptima los parámetros de adultos.

La posición de cada lance se determinará en el curso del crucero, considerando la distribución espacial de los cardúmenes y las condiciones meteorológicas imperantes en la zona de estudio.



Estadísticamente es más eficiente medir o examinar pocos peces y realizar un gran número de lances, que tomar una gran cantidad de peces dentro de un bajo número de lances.

En cada lance se recolectarán 30 hembras (Picquelle y Stauffer, 1985; Rojas y Oliva, 1993; Oliva *et al.*, 2001), las que se analizarán histológicamente de acuerdo a lo propuesto por Mac Call (ms) en Santander (1984) y Rojas y Oliva (1993), con el fin de registrar la incidencia de folículos postovulatorios, para la determinación de la frecuencia de desove. El rango del coeficiente de variación en relación al número de lances y anchovetas a procesar se ubicaría entre 0,125 y 0,150.

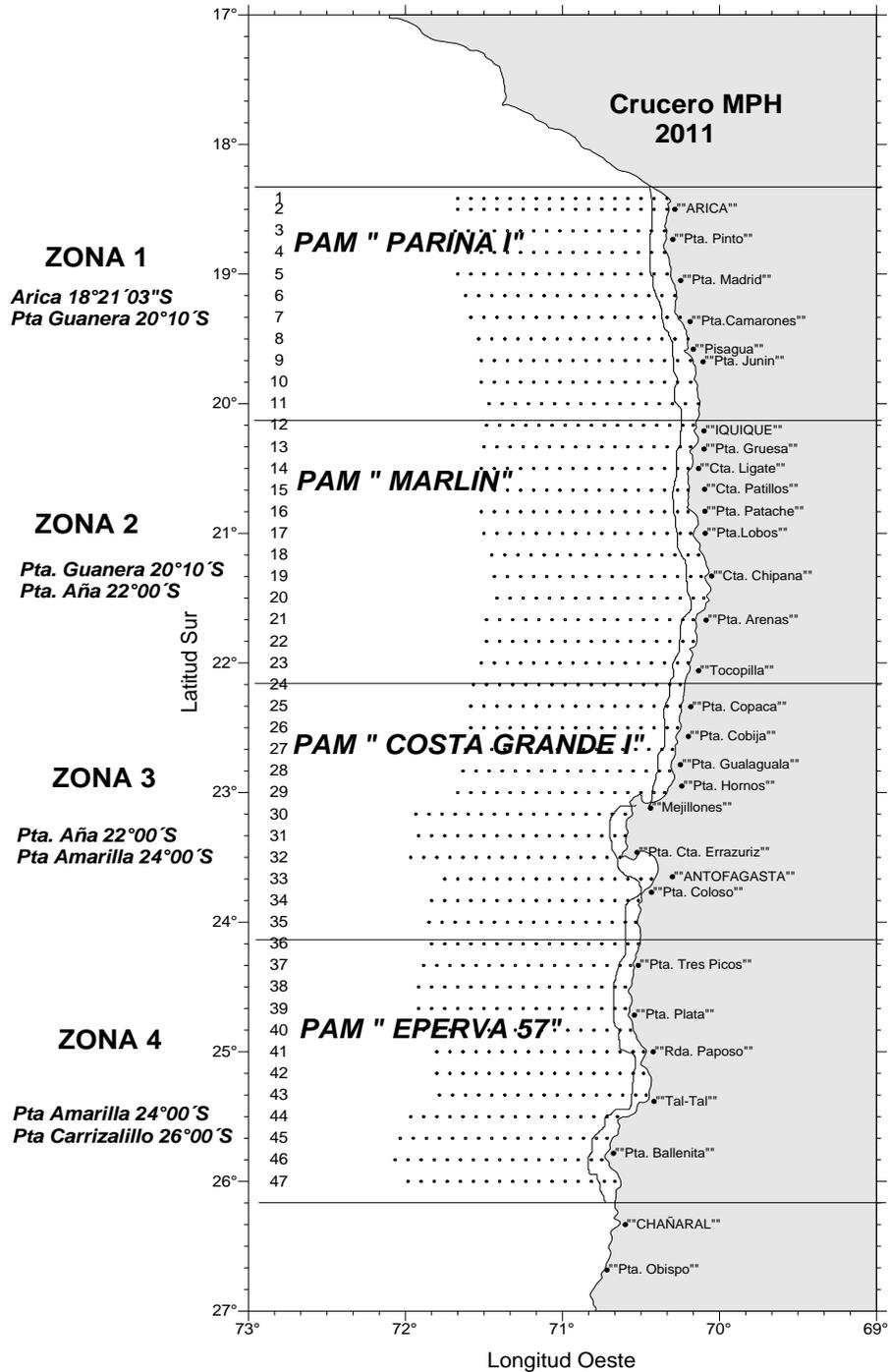


Figura 2. Localización geográfica de las zonas de pesca que ocuparán las embarcaciones pesqueras industriales y artesanales. Crucero MPH 2011.



En aquellos lances con presencia de hembras hidratadas se colectarán como mínimo 30 ejemplares bajo esta condición. La muestra se tomará desde la cubierta de la embarcación con baldes o bandejas, obteniendo anchovetas vivas sin golpes y con la mínima pérdida de escamas.

El muestreo consistirá en abrir los ejemplares desde el ano hasta las aletas pectorales, seleccionando aquellos especímenes vivos, los cuales serán inmediatamente fijados en formalina al 10% buferada (introducidos completamente en el fijador), la que se preparará según Santander *et al.*, 1984, Hunter (1985), Oliva *et al.*, 1989, Rojas y Oliva, 1993, Oliva *et al.*, 1998 y consiste en:

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

Para asegurar el efecto del agente fijador y preservación de los ejemplares, se fijará un máximo 15 ejemplares por recipiente, donde cada recipiente posee una capacidad de 3,0 litros.

La fijación es una etapa esencial de la técnica histológica, siendo de gran importancia la rapidez, teniendo presente la velocidad de penetración del fijador en los diferentes tejidos para conseguir y asegurar una máxima fijación, con el fin de conservar lo más parecido posible al estado vivo y proteger del ataque bacteriano.

Se muestrearán además como mínimo 100 ejemplares por lance, registrándose su longitud total por sexo y estadio de madurez (macroscópico), con el fin de obtener antecedentes oportunos (a tiempo real), respecto a la composición por tamaño y condición reproductiva de la anchoveta.

4.2 Fracción de hembras (proporción de sexo)

La fracción de hembras (proporción sexual) será estimada para cada lance de una submuestra compuesta de los primeros 2.300 gramos de peces (Rojas y Oliva,



1993) o de 100 ejemplares recolectados al azar. Esta proporción será estimada sobre la base del peso en vez del número.

4.3 Peso promedio de hembras maduras

En cada lance, las primeras 30 hembras maduras procesadas serán utilizadas para la determinación del peso promedio del cuerpo.

4.4 Corrección debido al fijador

Debido a que los peces se preservarán en formalina hasta su procesamiento en laboratorio, será necesario aplicar una corrección a los registros de longitud y peso, ya que el fijador introduce una variación en estos parámetros.

Este factor de corrección será calculado obteniendo una muestra de 30 machos y 30 hembras, se pesarán en fresco, para luego ser fijadas con la misma solución y procedimiento a utilizar a bordo, siendo vueltos a pesar a intervalos regulares. El factor de corrección para cada parámetro y sexo será calculado como la media del porcentaje de variación de las mediciones efectuadas después de 48 horas desde la fijación.



5. DURACIÓN DEL CRUCERO

La duración del crucero será de 30 días como máximo:

FECHA	ACTIVIDAD
14/agosto/2011	Embarque de Investigadores y Montaje de laboratorios en Iquique.
18/agosto/2011	Zarpe a zona de estudio.
25/agosto/2011	Re-abastecimiento
23/septiembre/2011	Término de Crucero en puerto Iquique

6. PERSONAL PARTICIPANTE

NOMBRE	INSTITUCIÓN / ACTIVIDAD
Hernán Reyes Rivas	Jefe de Crucero - IFOP
Hernán Miles Urbina	IFOP
Christian Ibieta Figueroa	IFOP
Raúl Ojeda Araya	IFOP
Bernardo Leiva Pérez	IFOP

Taller **2**
Presentación de Resultados



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

TALLER 2 PRESENTACIÓN RESULTADOS FIP 2011-08:
Evaluación de stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2011

IFOP / UNAP

Valparaíso, Lunes 4 de Junio, 2012



T A L L E R
PRESENTACIÓN RESULTADOS
PROYECTO FIP 2011-08

**“Evaluación del stock desovante de anchoveta
en la XV, I y II Regiones, año 2011”**

Lunes 04 de Junio, 2012

AUDITORIO IFOP “MARCOS ESPEJO VIDAL”
ALMTE. M. BLANCO ENCALADA 839, VALPARAÍSO.





TALLER
PRESENTACIÓN RESULTADOS
PROYECTO FIP 2011-08

“Evaluación del stock desovante de anchoveta
en la XV, I y II Regiones, año 2011”

Lunes 04 de Junio, 2012

AUDITORIO IFOP “MARCOS ESPEJO VIDAL”
ALMTE. M. BLANCO ENCALADA 839, VALPARAÍSO.



PROGRAMA

09:30 a 09:40 horas

Bienvenida y Presentación del Proyecto. | Sr. Mauricio Braun A.
Sra. Vivian Valenzuela C. - IFOP.

09:50 a 10:15 horas

Monitoreo reproductivo que fundamentó el inicio del crucero.
| Sr. Eduardo Díaz R. - IFOP.

10:20 a 11:00 horas

Abundancia y Distribución de huevos de anchoveta (Obj. 1).
| Sr. Mauricio Braun A. • Sra. Vivian Valenzuela C. - IFOP.

11:10 a 11:20 horas

Café ☕

11:25 a 11:45 horas

Condiciones Oceanográficas asociadas al crucero de huevos (Obj. 2). | Sr. Hernán Reyes R. • Sra. Elisa Pizarro R. - IFOP.

11:50 a 12:30 horas

Estimación de parámetros de Adultos (Proporción sexual en peso, producción diaria de huevos, fecundidad parcial, proporción de estadios de madurez y biomasa del stock desovante de anchoveta (Objs. 3,4,5,6 y 7).

| Sr. Gabriel Claramunt Q. - UNAP.

12:35 a 13:35 horas

Modelamiento estadístico y distribución espacial de huevos de anchoveta asociada a variables oceanográficas (Obj. 8)

| Sr. Juan Carlos Saavedra N. • Sr. Fernando Espíndola R. - IFOP.



RESUMEN EJECUTIVO
PROYECTO FIP 2011-08

“Evaluación del stock desovante de anchoveta
en la XV, I y II Regiones, año 2011”



En el presente documento se informa la totalidad de las actividades realizadas en el marco del proyecto FIP N° 2011-08 “Evaluación del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2011”, para dar cumplimiento a los objetivos planteados en los términos básicos de referencia. Este proyecto fue licitado al Instituto de Fomento Pesquero por el Consejo de Investigación Pesquera para el año 2011, como parte de las necesidades de investigación y la posterior adopción de medidas de administración de las pesquerías, cuyo principal objetivo es la conservación de los recursos hidrobiológicos, considerando tanto aspectos biológicos, pesqueros, económicos y sociales. Es así, que para el año 2011, se decidió continuar con la línea de investigación orientada a cuantificar mediante la aplicación del Método de Producción de Huevos, la biomasa desovante de anchoveta entre Arica (18°25’S) y Carrizalillo (26°03’S). Esta información se obtuvo de la recolección de datos y muestras efectuadas durante la realización de los cruceros designados tanto para el módulo de huevos como para el módulo de adultos.



“Evaluación del en la XV, I y

El crucero se desarrolló durante el período de mayor actividad reproductiva del recurso anchoveta, con el propósito de recolectar muestras de huevos y ejemplares adultos. El crucero para el muestreo de huevos abarcó una extensión longitudinal comprendida entre la costa y las 80 mn de la costa y se efectuó a bordo del PAM “Raulí”, perteneciente a la Empresa Pesquera Corpesca S.A. El crucero módulo adultos de ejemplares de anchoveta se realizó preferentemente a bordo de cuatro embarcaciones cerqueras entre el 22 de agosto y el 26 de septiembre de 2011, ambas fechas inclusive.

Las naves autorizadas para tales efectos fueron las siguientes: PAM: “Parina I”, “Eperva 65” y “Eperva 57” de la Empresa Pesquera CORPESCA y “Costa Grande 1” de Empresa Pesquera Camanchaca y las naves artesanales “Bucanero” y “Loreto III”, según Resolución de Pesca número 2205 y 2243 del 12 y 19 de agosto de 2011, respectivamente. Además, colaboraron en la recolección de anchoveta adulta, las embarcaciones artesanales “Doña Pilar II”, “Gracias a Dios I”, “Gracias a Dios II” e “Ike II”, naves que durante el período de veda destinaban su captura para el consumo humano. Una vez que se levanto la veda biológica del recurso, se contó con la colaboración de los PAM: “Marlin”, “Guallatire” de la Empresa Pesquera CORPESCA, el PAM “Claudia Alejandra” de Empresa Pesquera Camanchaca y de la embarcación artesanal “Santiago”. Las embarcaciones cerqueras industriales mencionadas anteriormente operaron por fuera del Área de reserva artesanal

hasta las 80 mn, asignándole a cada una de ellas, un rango latitudinal de operación. Cabe señalar que las naves artesanales autorizadas por problemas operativos no participaron de la pesca de investigación.

El PAM “Raulí” operó desde el 18 de agosto hasta el 23 de septiembre de 2011, abarcando la zona comprendida entre Arica (18°25’S) y Carrizalillo (26°03’S), realizando 47 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 10 millas, de un total de 47 programadas. De éstas, 36 transectas se realizaron de acuerdo a lo establecido en la oferta técnica del proyecto, es decir, desde la costa hasta una distancia máxima de 80 mn, cubriendo la extensión latitudinal comprendida entre el Arica (18°25’S) y caleta Blanca (22°10’S), desde punta Gatico (22°30’S) a punta Angamos (23°00’S), entre caleta Las Barrancas (23°30’S) y bahía Moreno (23°40’S) y desde punta Agua Salada (24°10’S) a aguada Paposo (25°00’S). Debido a las condiciones meteorológicas imperantes en la zona de estudio y problemas mecánicos de la nave, en las transectas realizadas frente a punta Copaca, caleta Herradura de Mejillones, caleta Bandurria, caleta Bolfin, punta Amarilla y desde punta Grande Sur a punta Carrizalillo, no pudo realizarse a completitud la grilla de estaciones programada.

De acuerdo al análisis histológico, la anchoveta inició el periodo de máxima intensidad de desove (MID) a fines de julio e inicio de agosto, y se prolongó con IAD relativamente altos hasta la última semana de octubre, con máximos en agosto y en septiembre.



stock desovante de anchoveta II Regiones, año 2011”



Se determinó la presencia de huevos de *E. ringens* en 292 estaciones de un total de 730 realizadas (40%), con una abundancia igual a 13.915 huevos/ 0,05 m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 48 ejemplares (DS = 135,5), cifra 58,3% menor respecto a la obtenida en invierno de 2009, período donde se detectaron más dispersos (DS = 288,9), situación que señala una importante y significativa actividad reproductiva en la zona de estudio. El área prospectada fue de 34.736 mn². El área de desove estimada correspondió a 15.771 mn², constituyéndose en la segunda de las más importantes después de la obtenida en invierno de 2002.

La intensidad del desove, experimentó con respecto al invierno de 2009, una importante disminución igual a 53%, exhibiendo la cobertura geográfica del desove un significativo incremento igual a 217%.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta Carrizalillo (26°00'S), y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 80 mn al oeste de punta Pinto (18°40'S), caleta Ligate (20°30'S), caleta Las Barrancas (23°30'S) y punta Tres Picos (24°20'S). En términos generales, la densidad promedio de las estaciones positivas por transecta para los huevos de anchoveta, tendió a disminuir de costa a mar afuera y de norte a sur.

Con respecto a la modalidad de postura, ésta fue costera, concentrándose más del 94% de los

huevos de anchoveta dentro de las primeras 45 millas. La distribución de huevos de anchoveta es muy amplia en comparación a años anteriores, con expansiones hacia el océano en las zonas extremas (Tal Tal y Arica). No obstante lo anterior, los focos de desove más importantes (>300 huevos/0,05m²) se localizaron en el sector costero frente a Arica e isla Alacrán, a 1mn frente a caleta Camarones, a 15 mn frente a caleta Chica (19°20'S), a 35 mn al oeste de caleta Yapes (20°40'S), a 1mn frente a punta Patache, punta Lobos, punta Chileno y punta Arenas (21°40'S), frente a bahía Moreno (23°40'S) y punta grande Sur (25°10'S).

En relación al número de huevos el invierno de 2011, presentó un porcentaje de cambio igual a 196% con respecto al crucero MPH precedente, constituyéndose en el tercer registro más importante de la serie 1992- 2011.

El crucero MPH se realizó a comienzos del evento La Niña 2011-2012 que tuvo intensidad débil a moderada. La información oceanográfica y/o satelital señaló que la zona norte de Chile registró durante el periodo del crucero una condición fría y de baja salinidad que afectó tanto a la capa superficial como, al menos, los primeros 50 m de la columna de agua. La menor participación en la mezcla del agua Subantártica (ASAA), pues la estructura de la distribución de oxígeno disuelto en la vertical no se vio modificada.

De la comparación de la información actual con la



de los cruceros MPH anteriores se desprende que la profundidad de la capa de mínimo de oxígeno disuelto no muestra un comportamiento que caracterice los periodos fríos, siendo determinada durante estos periodos, y los neutros, por procesos principalmente locales. La surgencia de observó de intensidad débil a moderada, estando las menores entre Iquique y Mejillones y las más intensas al sur de Antofagasta. La capa superficial registró altos valores de oxígeno disuelto (OD), consistente con la participación de ASAA excepto en las áreas de surgencia más intensa. Dado que los Indices de Surgencia del periodo de muestreo 2011 son menores que los registrados en periodos neutros anteriores es discutible si el viento, como forzante local, no sería un factor del enfriamiento y de la baja salinidad que es observada en esta oportunidad en la zona. Los giros de mesoescala tuvieron una escasa variación de ubicación y un amplio predominio de anomalías negativas durante el periodo de muestreo.

En lo que respecta a Clorofila, las concentraciones pigmentarias discretas fueron en general altas. El área de Antofagasta tuvo las mayores concentraciones del pigmento integrado y notoriamente un mayor espesor del núcleo productivo. Comparativamente, los periodos de crucero MPH más productivos, desde el punto de vista de la clorofila integrada desde el 2004, han sido aquellos de 2004, 2005 y 2011 lo que corresponde a neutras y frías débiles.

La producción diaria de huevos estimada para el modelo de Lo es de 49,65 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 19%.

En el modelo multinomial la estimación es de 42,08 huevos/0,05m²/día con un coeficiente de variación de 18%.

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

Combinando el grupo de hembras que desovarán dentro de las próximas 24 horas, con el grupo de desove de la noche anterior, la fracción diaria de hembras desovantes se estima en 0,27 con una varianza de 0,00028 y un coeficiente de variación de 6,1%.

La fecundidad media poblacional resulta de 11458 ovocitos, con una varianza de 304037 y un coeficiente de variación de 4,8%.

La proporción de hembras en peso para el total de lances analizados presentó un promedio de 0,51, una varianza igual a 0,00085 y un coeficiente de variación de 5,8%.

El peso promedio de hembras maduras en el área investigada fue de 23,45 gramos, con una varianza de 0,316 y un coeficiente de variación de 2,4%.

La biomasa desovante estimada por el modelo tradicional de Lo resulta en 795.056 ton, con una varianza de 5,1495E+10 y un coeficiente de variación de 28,5%. Por el Modelo Multinomial se estima una biomasa de 673.857 ton con una varianza de 3,3928E+10 y un coeficiente de variación de 27,3%.



LISTA DE ASISTENCIA TALLER 2

TALLER PRESENTACIÓN RESULTADOS PROYECTO FIP 2011-08
"Evaluación del stock desovante de anchoveta
en la XV, I y II Regiones, año 2011"



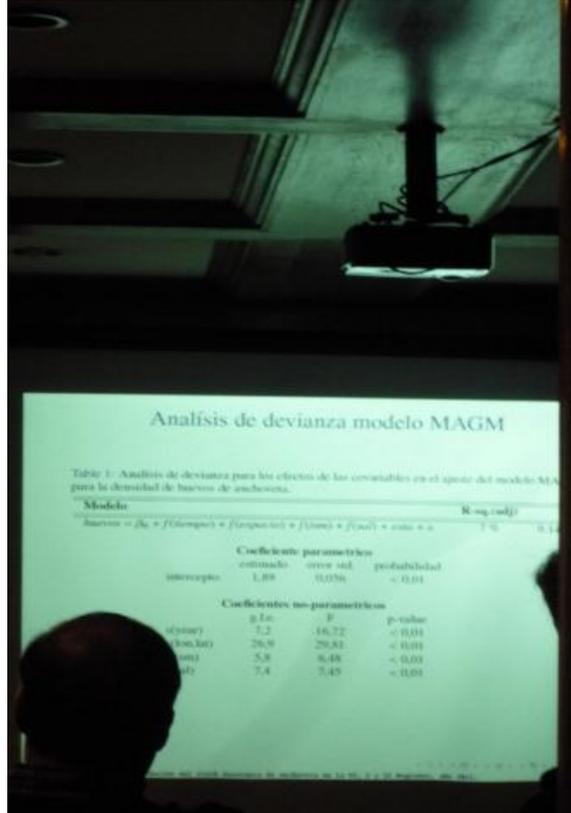
Nombre	Mail	Institución	Firma
MORST POLLAK	horstpollakster@gmail.com	ING. PESQUERO	[Firma]
GUILERMO GONZALO BOBEN	ggonzalez@ifop.cl	IFOP	[Firma]
Fernando Espindola	fernando.espindola@ifop.cl	IFOP	[Firma]
M. Gabriela Boben	gabriele.boben@ifop.cl	IFOP	[Firma]
R. JERRA		IFOP	[Firma]
H. Miles U	hormiles@ifop.cl	IFOP	[Firma]
JORGE ANGLA A	gorga@ifop.cl	IFOP	[Firma]
JOSÉ OLIVA LÓPEZ	joliva@corpescu.cl	EMPRESA CORPESCU	[Firma]
Hernán Reyes	hernan.reyes@ifop.cl	IFOP	[Firma]
MILENA PIZARRO	milena.pizarro@ifop.cl	IFOP	[Firma]
Jorge Castillo	jorge.castillo@ifop.cl	IFOP	[Firma]
Mauricio Braun Q.		IFOP	[Firma]
Juan Carlos Sandoval N.	juancarlos.sandoval@ifop.cl	IFOP	[Firma]
José Cañón		Corpescu	[Firma]
Vivien Valenzuela		IFOP	[Firma]



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



FOTOS TALLER 2:
VALPARAÍSO, 04 JUNIO 2012





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



PRESENTACIONES POWER POINT
ADJUNTAS AL CD

Proyecto FIP 2011-08

Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, a1o 2011

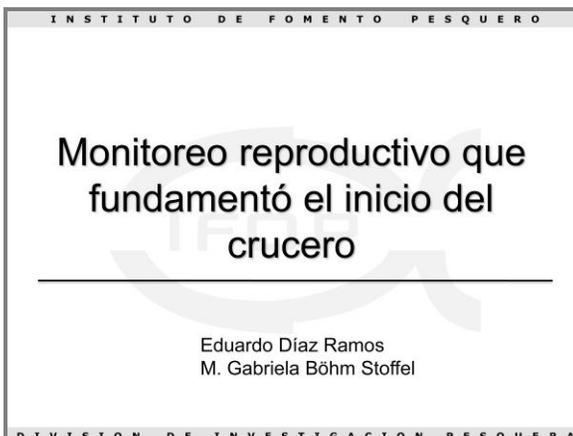


INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Monitoreo reproductivo que fundament3 el inicio del crucero

Eduardo D1az Ramos
M. Gabriela B3hm Stoffel

DIVISION DE INVESTIGACION PESQUERA



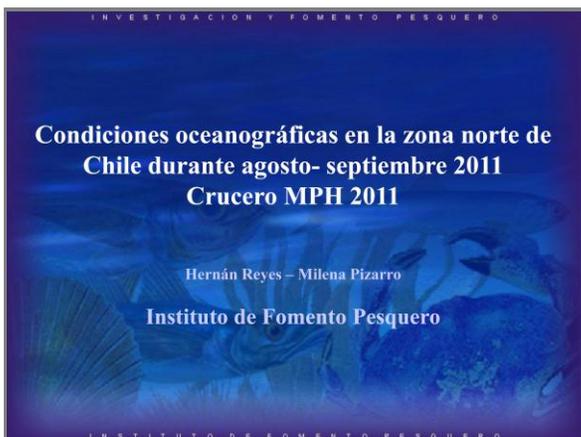
INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO

Condiciones oceanogr1ficas en la zona norte de Chile durante agosto- septiembre 2011
Crucero MPH 2011

Hern1n Reyes - Milena Pizarro

Instituto de Fomento Pesquero

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II regiones, a1o 2011



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

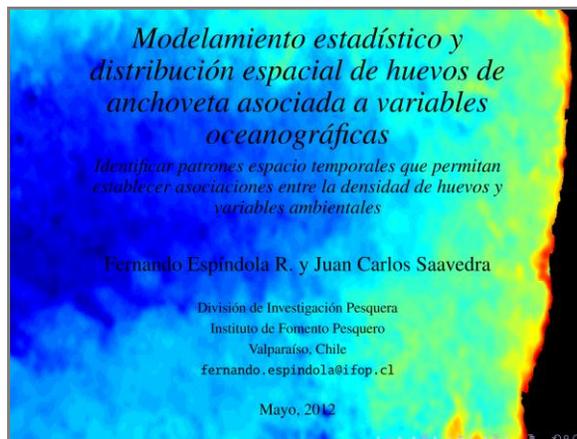
Modelamiento estad1stico y distribuci3n espacial de huevos de anchoveta asociada a variables oceanogr1ficas

Identificar patrones espacio temporales que permitan establecer asociaciones entre la densidad de huevos y variables ambientales

Fernando Esp1ndola R. y Juan Carlos Saavedra

Divisi3n de Investigaci3n Pesquera
Instituto de Fomento Pesquero
Valpara1so, Chile
fernando.espindola@ifop.cl

Mayo, 2012





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

**CD ANEXO 3:
PRESENTACIONES POWER POINT**





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

A N E X O 4

**Personal participante por actividad (HH)
FIP N° 2011-08**

**PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD (HH)****FIP N° 2011-08****Objetivo Específico 2.1.1**

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANÁLISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun A.	8	34	58	22	122
Vivian Valenzuela C.	25	25	15	20	85
Víctor Catasti B.	150	10			160
Hernán Miles U.	150				150
Jorge Angulo A.	150	10			160
UNAP					
Gabriel Claramunt Q.			40	40	80
Paola Moreno		160	25	20	205
Cristian Azócar		320			320
Natalia Pizarro		320			320
TOTAL	483	879	138	102	1602

Objetivo Específico 2.1.2

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANÁLISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Hernán Reyes R.	150	20	20	40	230
Fernando Espíndola R.		20	20	18	58
E. Milena Pizarro R.		120	28	12	160
Juan C. Saavedra N.			10	5	15
TOTAL	150	160	78	75	463

**Objetivo Específico 2.1.3**

ACTIVIDADES					
PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun A.			35	25	60
Eduardo Díaz R.		5	5	5	15
Carlos Gaspar S.	15	15			30
Miguel Navea G.	120				120
Francisco Bertrán M.	120				120
Héctor Ruiz A.	120				120
Oscar Aguilera C.	120				120
Raúl Ojeda A.	120				120
Paolo Pasten V.	120				120
UNAP					
Gabriel Claramunt Q.			20	20	40
Gustavo Herrera		40			40
TOTAL	735	60	60	50	905

Objetivo Específico 2.1.4

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun A.		35	30	20	85
Viivian Valenzuela C.		10	10		20
Juan C. Saavedra N.			10	5	15
M. Gabriela Böhm S.			5		5
UNAP					
Gabriel Claramunt Q.			40	50	90
Paola Moreno			25	20	45
TOTAL		45	120	95	260

**Objetivo Específico 2.1.5**

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANÁLISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun A.		35	30	20	85
Eduardo Díaz R.			5		5
Juan C. Saavedra N.			10		10
M. Gabriela Böhm S.			5		5
Vivian Valenzuela C.			10	5	15
UNAP					
Gabriel Claramunt Q.				20	20
Gustavo Herrera			90	70	160
Cristián Azócar			140	20	160
Natalia Pizarro		300			300
Paola Moreno		300			300
TOTAL		635	290	135	1060

Objetivo Específico 2.1.6

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANÁLISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun A.			30	25	55
Eduardo Díaz R.			10	5	15
Juan C. Saavedra N.			10		10
M. Gabriela Böhm S.			5		5
UNAP					
Gabriel Claramunt Q.			10	10	20
Cristian Azócar		120			120
TOTAL		120	65	40	225



Objetivo Específico 2.1.7

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun A.			30	20	50
M. Gabriela Böhm S.			5		5
Juan C. Saavedra N.			5		5
UNAP					
Gabriel Claramunt Q.			40		40
TOTAL			80	20	100

Objetivo Específico 2.1.8

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun A			40	25	65
Vivian Valenzuela C.			10		10
Fernando Espíndola R.		5	5	7	17
Víctor Catasti B.		10	10	10	30
Juan C. Saavedra N.			5		5
TOTAL		15	70	42	127

A N E X O 5

**CD Base de datos
y descriptores
FIP N° 2011-08**





BASE DE DATOS FIP N°2011-08: ADULTOS

La estructura de las bases de datos, con toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del crucero correspondiente al proyecto FIP N°2011-08, "Evaluación del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2011" se encuentra almacenada en registros magnéticos en formato Excel. Los archivos y el formato de grabación de cada una de las componentes de **Adultos** del proyecto se detallan a continuación:

PLANILLA HEMBRAS	
PAM	Pesquero Alta Mar
MES	Mes del Lance
DIA	Día del Lance
HORA	Hora del lance
Hora fracción	Hora y fracción de hora
LANCE	Número de lance correlativo
Orden	Número de hembra en el lance
LT	Longitud Total (cm)
PT	Peso Total (g)
PG	Peso ovario (g)
EMMI	Estado Madurez Microscópico (Histología) numérico
DIAGNOSTICO	Estado Madurez Microscópico (Histología) descripción
FPO	Folículo Postovulatorio (Estadio del 1 al 7). 999 = Sin FPO

PLANILLA PROP. SEXUAL	
PAM	Pesquero Alta Mar
MES	Mes del lance
DIA	Día del lance
HORA	Hora del lance
Hora fracción	Hora y fracción de hora
LANCE	Número de lance correlativo
Orden	Número de hembra en el lance
LT	Longitud Total (cm)
PT	Peso Total (g)
SEXO	1 = Macho; 2 = Hembra



PLANILLA HUEVOS 2011	
N°Est.	Número estación
Dist Costa	Distancia a la costa
Fecha	Fecha de muestreo
Hora	Hora de muestreo
T-10 m	Temperatura a 10 m
Latitud	En grados y fracción de grado
Longitud	En grados y fracción de grado
I	Número de huevos en estadio I
II	Número de huevos en estadio II
III	Número de huevos en estadio III
IV	Número de huevos en estadio IV
V	Número de huevos en estadio V
VI	Número de huevos en estadio VI
VII	Número de huevos en estadio VII
VIII	Número de huevos en estadio VIII
IX	Número de huevos en estadio IX
X	Número de huevos en estadio X
XI	Número de huevos en estadio XI
Total huevos	Número total de huevos



BASE DE DATOS FIP N°2011-08: HUEVOS

La estructura de las bases de datos, con toda la informaci3n b3sica que se obtuvo durante la ejecuci3n del crucero correspondiente al proyecto FIP N°2011 – 08, “Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, a±o 2011” se encuentra almacenada en registros magn3ticos en formato Excel. Los archivos y el formato de grabaci3n de la componente de huevos de anchoveta del proyecto se detallan a continuaci3n.

1. Datos huevos de anchoveta

La informaci3n asociada a huevos de anchoveta de cada una de las estaciones oceanogr3ficas realizadas durante el crucero se encuentran en el siguiente archivo: **Final huevos 2011.xls**, cuyo formato est3 compuesto por registros de informaci3n de distancia de la costa, fecha y hora de recolecta, temperatura de 10°C, latitud, longitud y n°mero de huevos por estadio de desarrollo.

a) definici3n de las columnas en el archivo y unidades

Columna	descripci3n	Unidades
N° Est.	n°mero de estaci3n	
Dist Costa	distancia de la costa	millas naúticas
Fecha	día, mes, a±o	
Hora	hora	minutos
T-10m	Temperatura 10m de profundidad	Grados celsius
latitud	latitud	decimales
longitud	longitud	decimales
long(m)	minutos de longitud	
I	estadio uno	
II	estadio dos	
III	estadio tres	
IV	estadio cuatro	
V	estadio cinco	
VI	estadio seis	
VII	estadio siete	
VII	estadio siete	
VIII	estadio ocho	
IX	estadio nueve	
X	estadio diez	
XI	estadio once	
DES	desintegrados	
Total huevos		



BASE DE DATOS FIP N° 2011-08: OCEANOGRAFÍA

La estructura de las bases de datos, con toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del crucero correspondiente al proyecto FIP N°2011 – 08, “Evaluación del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2011” se encuentra almacenada en registros magnéticos en formato Excel. Los archivos y el formato de grabación de cada una de las componentes de **oceanografía** del proyecto se detallan a continuación:

1. Datos oceanográficos y meteorológicos

La información oceanográfica y meteorológica de cada una de las estaciones oceanográficas realizadas durante el crucero se encuentran en el siguiente archivo: **CRUCE542.XLS**, cuyo formato de codificación de datos meteorológicos corresponde a una modificación del formato **NODC**. El siguiente formato está compuesto por registros de identificación, meteorológicos y registros de información de profundidad, temperatura, salinidad, densidad (como sigma-t), oxígeno disuelto (de sensor), fluorescencia *in vivo* (de sensor), oxígeno disuelto (discreto Winkler), clorofila-a (discreta) y feopigmentos (discreto):

a) definición de las columnas en el archivo y unidades

Columna	descripción	Unidades
Crucero	número de crucero de IFOP	
país	país	
buque	nombre del buque	
n° Est	número de la estación	
lat(g)	latitud	grados Sur
lat(m)	minutos de latitud	
long(g)	longitud	grados Oeste
long(m)	minutos de longitud	
Año	año	
Mes	mes	
día	día	
Hora	hora local	
Minuto	minuto de la hora	
Profeco	profundidad de ecosonda	metros
Dir Olas	dirección de las olas	grados
Olasalt	altura de olas	ver códigos
Olasper	período olas	ver códigos
Dir Viento	dirección del viento	grados
int Viento	velocidad del viento	nudos
Pres atmof	presión barométrica	milibar
T seco	Temp. del Aire (bulbo seco)	°C
% hum rel	Humedad relativa (%)	
Tiempo Pres	tiempo presente	ver código
Tipo nube	tipo de nubes observadas	ver códigos
Cant nube	cantidad de nubes	ver códigos
visibilidad	visibilidad	ver códigos
profundidad	profundidad del dato	metros



Temperatura.	temperatura del agua	°C
Salinidad	salinidad del agua	psu
Sigmat	densidad del agua	sigma-t (kg/m ³)
Oxig sensor	oxígeno disuelto de sensor	mL/L
Fluor	Fluorescencia <i>in vivo</i>	volt
OxigW	Oxígeno disuelto discreto Winkler	mL/L
Cloa	Clorofila-a discreta	µg/L
Feop	feopigmentos discreto	µg/L

Observaciones:

Códigos de datos meteorológicos a continuación:

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

ALTURA DE LA OLA DOMINANTE			
CODIGO	Altura en metros		
X	X	altura no determinada	
0	0	a	0.25 m
1	0.25	a	0.75 m
2	0.75	a	1.25 m
3	1.25	a	1.75 m
4	1.75	a	2.25 m
5	2.25	a	2.75 m
6	2.75	a	3.25 m
7	3.25	a	3.75 m
8	3.75	a	4.25 m
9	> 4.25		m

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

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

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

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

OTROS
Direcciones viento y olas = (en grados verdaderos)
Intensidad del viento = en nudos (calma=0)
Cantidad de nubes = de 0 a 8 partes 9 = no observable o no observado.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción
Almte. Manuel Blanco Encalada 839,
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl