



**Instituto de
Investigación
Pesquera**

Informe Final

PROYECTO FIP 2004-33

**CONDICIÓN BIOLÓGICA DE JUREL EN
ALTA MAR, AÑO 2004**

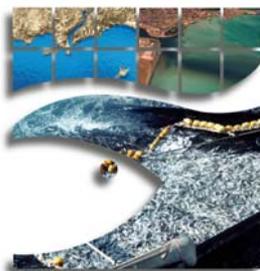
**Avenida Colón 2780,
Casilla 350,
Talcahuano, Chile**
Fax : +56-41-920410
Tel : +56-41-920411
e-mail: inpesca@inpesca.cl
<http://www.inpesca.cl>

Talcahuano, agosto de 2005

TITULO DEL PROYECTO	:	Condición biológica de jurel en alta mar, año 2004
REQUIRENTE	:	Consejo de Investigación Pesquera (CIP) Fondo de Investigación Pesquera (FIP) Presidente CIP: Felipe Sandoval Precht
UNIDAD EJECUTORA	:	Departamento de Pesquerías Instituto de Investigación Pesquera Director: Dagoberto Arcos Rojas
UNIDADES SUBCONTRATADAS	:	Instituto de Fomento Pesquero Director: Guillermo Moreno Paredes Universidad Católica de la Santísima Concepción Rector: Fernando Jiménez Larrain
JEFE PROYECTO	:	Dagoberto Arcos R. (Ph.D.) Oceanógrafo Instituto de Investigación Pesquera Casilla 350, Talcahuano, Chile Tel.: 56-41-920410 Fax: 56-41-920411 E-mail: darcos@inpesca.cl

FIP 2004-33

**CONDICIÓN BIOLÓGICA DE JUREL EN ALTA MAR, AÑO
2004**



**Instituto de
Investigación
Pesquera
Octava Región**

Jefe Proyecto

Dagoberto Arcos Rojas

AUTORES

Dagoberto Arcos R

Claudio Gatica

Patricia Ruiz

Aquiles Sepúlveda

María Angela Barbieri

Ruben Alarcón

Sergio Núñez

Javier Chong

José Córdova

Hernan Rebolledo

Carlos Gonzáles

Francisco Contreras

Mario Aguayo

Flor Vejar

Patricio Torres

Claudio Toro

Talcahuano (Chile), 2005.-

1 PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA

PERSONAL PROFESIONAL	TÍTULO PROFESIONAL	FUNCIÓN
Dagoberto Arcos R.	Oceanógrafo	Jefe de Proyecto. Coordinación. Relación ambiente recurso. Oceanografía
Aquiles Sepúlveda O.	Biólogo Marino	Modelos asignación de la edad. Crucero de adultos. Asignación de edad. Informes
Claudio Gatica M	Biólogo Marino	Estimación de varianza. Evaluación de tamaños de muestra adultos y estaciones. Crucero. Informes
Sergio Núñez E.	Biólogo Marino	Oceanografía e ictioplancton. Informes.
Patricia Ruiz	Biólogo Marino	Ictioplancton. Asignación de edades a huevos. Experimento de incubación a bordo. Clasificación de estadios de desarrollo. Frecuencia de tallas y condición macroscópica de madurez.
Rubén Alarcón	Biólogo	Análisis espacial de la densidad de huevos y larvas. Geoestadística. Informes
Mario Aguayo	Biólogo Marino	Estimación biomasa desovante por edad
Francisco Contreras	Biólogo Marino	Estimación de varianza. Evaluación de tamaños de muestra adultos y estaciones.
Flor Vejar D.	Biólogo Marino	Crucero, análisis espacial de la densidad de huevos y larvas. Geoestadística.

Instituto de Investigación Pesquera

FIP 2004-33 "Condición biológica de jurel en alta mar, año 2004"

Hernán Rebolledo	Ingeniero de Ejecución en Gestión Pesquera	Crucero. Análisis de la alimentación.
Carlos Gonzalez	Tecnólogo Marino	Coordinación crucero. Preparación cartas satelitales de temperatura superficial.
Samuel Hormazábal F	Oceanógrafo	Campo superficial de T°, corrientes y vientos
Luis Bustos E.	Tecnólogo Marino	Crucero, plancton y adultos
Gonzalo Padilla F.	Biólogo Marino	Crucero, revisión muestras planctónicas.
Patricio Torres	Biólogo Marino	Crucero. Ictioplancton.
Claudio Toro	Biólogo Marino	Crucero.
Robinson Torres	Técnico	Crucero
Francisco Gómez	Técnico	Crucero.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

NOMBRE	TITULO	FUNCION
María Angela Barbieri B.	Ingeniero Pesquero	Coordinación. Procesamiento, análisis de datos y elaboración de informes.
José Córdova M.	Ingeniero Pesquero	Procesamiento, análisis de datos y preparación de informes.
Alvaro Saavedra G.	Ingeniero Electrónico	Preparación de crucero. Embarque, procesamiento, análisis de datos y preparación de informes.
Jorge Cortés C.	Ingeniero Pesquero	Embarque, procesamiento, análisis de datos.
Bernardo Leiva P.	Ingeniero Pesquero	Embarque, procesamiento de datos.
Rodolfo Serra B.	Biólogo Marino	Análisis de datos.
Cristián Barraza G.	Técnico Marino	Embarque y registro de datos. Preparación de informes.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION

Personal Profesional	Título Profesional	Función
Javier Chong L.	Lic. Biología	Condición reproductiva. FPO, fecundidad.
Paola Gonzalès K.	Lic. Biología	Condición reproductiva. FPO.
María C. Pardo G.	Lic. Biología	Fecundidad
Chistian Ibañez	Biólogo Marino	Fecundidad
Ricardo Chong F.	Biólogo Marino	Condición reproductiva.

2 RESUMEN EJECUTIVO

En este Informe final se entregan los resultados correspondientes al Proyecto FIP 2004-33 "Condición Biológica de Jurel en Alta Mar, año 2004", destinado a estimar índices relativos de abundancia de huevos y larvas de jurel en el sector oceánico de Chile centro-sur y caracterizar las agregaciones del recurso en el área, durante el período de máxima actividad reproductiva. Para lo cual se desarrolló un crucero de prospección de huevos y larvas, y de adultos de jurel en alta mar lo cual involucró la colaboración de 12 embarcaciones industriales cerqueras que operan en la pesquería del jurel.

El crucero se desarrolló entre los días 20 y 29 de noviembre de 2004, utilizando 12 naves de pesca industrial que cubrieron simultáneamente el área de estudio, comprendida entre los 31°40' - 38°S y 75°-92°W, a través de un muestreo sistemático realizado por 10 embarcaciones para completar 20 transectas separadas cada 20 millas náuticas y estaciones dispuestas cada 18 millas náuticas a lo largo de cada transecta, simultáneamente 2 embarcaciones trabajaron en un esquema de tipo adaptativo destinado a zonas de mayor abundancia de huevos y larvas de jurel.

En total se obtuvieron 910 lances planctónicos para evaluar la abundancia de huevos y larvas, y 153 lances estratificados para evaluar la distribución vertical de huevos y larvas. El crucero cubrió adecuadamente las isotermas de 14 a 19°C, que representan rangos de temperatura superficial en las cuales se ha encontrado las mayores abundancias de huevos de jurel en estudios previos. La operación conjunta de las 12 embarcaciones participantes permitió un grado de cobertura adecuado del área y núcleos de desove de jurel.

La densidad promedio de huevos fue 373,5 huevos en 10 m², notoriamente superior a la reportada para el mes de noviembre de 2003, pero inferior a lo informado para los años 1999, 2000 y especialmente el 2001. Por su parte, la densidad promedio de larvas de 97,6 larvas en 10 m², estimación notoriamente superior a la reportada para la evaluación anterior (noviembre del 2003), pero inferior a lo informado para el resto de las evaluaciones realizadas.

El análisis estructural para la distribución espacial de huevos indicó la presencia de anisotropía en la dirección Este-Oeste, en el caso de las larvas de jurel y al igual que en el caso de los huevos, se presentó anisotropía zonal en la dirección Este-Oeste.

El área de desove, calculada según la cuantificación de las sub-áreas que representan estaciones positivas alcanzó a 307.400 mn², siendo 62,7% mayor que el área de desove observada en el año 2003 (=188.917,2 mn²).

En esta área la producción diaria de huevos fue 273,2 m², este valor es casi 3 veces mayor al estimado el 2003. Por su parte, la tasa de mortalidad fue de 0,28. Esta tasa de mortalidad indica que el 24,42% de los huevos de jurel muere diariamente.

En cuanto al crucero de adultos, se realizaron 75 lances de pesca, que representaron el 79% del número total de lances propuestos al inicio del crucero, considerando que cada una de las embarcaciones según el protocolo debería realizar 8 lances de pesca si las condiciones así lo permitían. La estructura de tallas de jurel estuvo representada por ejemplares de entre 20 y 65 cm LH, con una moda principal en los 29 cm y una segunda moda en los 46 cm, y un tamaño promedio de 32,15 cm LH. El porcentaje de jurel bajo 26 cm LH fue de 11,41 %.

El examen de la condición reproductiva microscópica de las hembras utilizadas para los análisis histológicos, muestran que un elevado porcentaje (71%) se encuentra en EMMI 4, asociado a un gran número de hembras con FPO (> 50%) y un notable porcentaje de hembras hidratadas en dos días de muestreos (26% y 12 %), así como, a un elevado porcentaje de hembras con atresia (52%). Esta situación podría corresponder a que el período del crucero de prospección coincidió con un evento de desove en su punto alto, por lo que los resultados son bastante diferentes a los registrados en los estudios realizados en años anteriores.

Se realizaron experimentos de incubación de huevos de jurel a la temperatura de 14°C. Estos resultados fueron incorporados a los obtenidos en las incubaciones de 17 y 19°C, generadas en el proyecto FIP 2000-10, para mejorar el modelo de asignación de edad de los huevos de jurel, abarcando con ello, un rango más amplio de temperaturas (14 - 19°C).

La biomasa desovante estimada para el área de estudio, y a partir de los estimados obtenidos durante el período de ejecución del crucero, fue de 3.287.439 de toneladas (CV=15.6%)

En la ecoprospección se utilizaron los equipos acústicos (ecosonda y sonar) de las embarcaciones. Además, durante la navegación del track acústico se realizaron lances de pesca, así como, estaciones oceanográficas superficiales y de plancton.

En el área prospectada el índice de cobertura (IC), expresado en unidades básicas de muestreo fue de 10,38%. Las distribuciones espaciales de los ecotrazos de jurel, reportados por el ecosonda, presentaron un incremento en el índice de cobertura (IC) hacia el sector oceánico,

evidenciando una mayor presencia del recurso hacia el sector oeste en la zona de estudio, lo cual también se observó a través de los cambios que presentaron los índice de presencia (IPE), clusters simples (CS) y clusters complejos (CC).

La altura promedio de los ecotrazos fue de 20,05 y fluctuó entre los 19,82 m para la abundancia clase "mala" y los 27,79 m para la clase "regular", mientras que para los tipos de agregaciones, la altura promedio varió desde 13,71 m para el tipo individual a 24,78 m para el tipo cardumen.

La profundidad media de los ecotrazos alcanzó los 53,7 m, con un rango que fluctuó entre los 53,5 m para la clase "mala" y de 58 m para la clase "regular". Los ecotrazos tipo cardumen se reportaron más someros a 57,88 m y los tipos estratos, dispersos e individuales más profundos a los 63 m como promedio. En la noche presenta una distribución más somera y en el día con mayor profundidad.

La profundidad en que se presenta el jurel varía en relación a las densidades de huevos, en zonas de alta densidad de huevos, las agregaciones de jurel se distribuyen a mayor profundidad que en zonas de baja densidad de huevos.

La distribución espacial obtenida en este estudio fue coincidente con el patrón observado en anteriores prospecciones realizadas en la zona de estudio, donde es característico el predominio de abundancias clase "mala" con escasos registros de clase "regular".

El índice de Gini (IG) de los huevos de jurel es 0,474 y del jurel 0,907 indicando que en el uso del espacio la distribución de los huevos es más uniforme y la del jurel mas gregaria, el índice de cobertura (IC) es medio alto 10,38 asimismo el índice sintético del área de alta densidad de huevos (IA) 27,23 y la densidad total de huevos 373,5 ind/10m², estos valores son intermedios respecto a los obtenidos en el período de estudio.

TABLA DE CONTENIDOS

1	PERSONAL PARTICIPANTE	4
2	RESUMEN EJECUTIVO	7
3	OBJETIVO GENERAL	25
4	OBJETIVOS ESPECIFICOS	25
5	RESULTADOS ESPERADOS	25
6	ANTECEDENTES	26
6.1	HIPOTESIS DE TRABAJO	30
6.1.1	Con respecto a la distribución y zonas de producción de huevos:	30
6.1.2	Con respecto a la distribución y agregaciones del recurso	30
7	METODOLOGIA	31
7.1	AREA Y EPOCA DE ESTUDIO	31
7.2	DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTONICO	32
7.3	HUEVOS Y LARVAS DE JUREL	34
7.3.1	Muestras planctónicas	34
7.3.2	Estimación de índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio	36
7.3.3	Índices de abundancia de huevos y larvas	37
7.3.4	Determinación de la distribución vertical de huevos y larvas	40
7.3.5	Estratificación vertical de huevos y larvas de jurel	42
7.3.6	Análisis de la distribución espacial de la abundancia de huevos	49
7.3.7	Modelación espacial de la abundancia (GAM)	54
7.3.8	Relación entre la TSM y los huevos y larvas de jurel	55
7.4	Estimación de la producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad	57
7.4.1	Modelo de estimación producción diaria de huevos	57
7.4.2	Experimentos de Incubación de Huevos de Jurel	59
7.4.3	Determinación de la edad promedio (horas) de los huevos por estadios	61
7.4.4	Hora del desove y corrección de la edad	63
7.4.5	Delimitación del área de desove	63
7.5	MUESTREO OCEANOGRÁFICO	64
7.5.1	Temperatura superficial del Mar	64

7.5.2	Campo de viento superficial _____	65
7.5.3	Caracterización vertical de la columna de agua _____	65
7.6	DISEÑO DE MUESTREO DE ADULTOS _____	67
7.6.1	Plan crucero de adultos _____	67
7.6.2	Relaciones y variables biológicas _____	70
7.6.3	Proporción sexual y estados de madurez sexual macroscópicos _____	71
7.6.4	Examen macroscopico de la condición reproductiva _____	73
7.6.5	Estados de madurez macroscopios (EMMA) _____	73
7.6.6	Análisis histológico de la condición reproductiva de jurel en alta mar _____	74
7.7	ALIMENTACION _____	81
7.7.1	Obtención de las muestras _____	81
7.7.2	Análisis de la información _____	83
7.8	CARACTERIZACION DE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL _____	85
7.8.1	Ecoprospección _____	85
7.8.2	Ecosonda _____	87
7.8.3	Sonar _____	88
7.8.4	Distribución espacial de las agregaciones de jurel _____	88
7.8.5	Índice de cobertura (IC) en el área de estudio _____	88
7.8.6	Morfología de las agregaciones y distribución batimétrica _____	90
7.8.7	Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel _____	91
8	RESULTADOS _____	93
8.1	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA TEMPERATURA _____	93
8.1.1	Datos de terreno (termómetros digitales) _____	93
8.1.2	Información satelital _____	94
8.1.3	Viento superficial _____	105
8.1.4	Turbulencia y transporte de Ekman _____	108
8.1.5	Secciones verticales de temperatura _____	110
8.1.6	Secciones verticales de salinidad y densidad _____	112
8.1.7	Profundidad de la capa de mezcla _____	115
8.1.8	Variación vertical de temperatura en zonas de lances estratificados _____	116
8.1.9	Índices de abundancia de huevos y larvas de jurel _____	117
8.1.10	Determinación de la estratificación vertical de huevos y larvas de jurel _____	120
8.1.11	Análisis de la distribución espacial de huevos y larvas de jurel _____	124
8.1.12	Modelación de la distribución espacial de huevos y larvas (GAM) _____	133

8.1.13	Relación entre huevos y larvas de jurel y la temperatura superficial del mar _____	136
8.2	Estimación de la producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad de huevos ___	140
8.2.1	Comparación de los modelos temperatura - dependiente _____	143
8.3	PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS _____	145
8.3.1	Distribución de edades _____	145
8.3.2	Producción diaria de huevos y mortalidad _____	146
8.4	CRUCERO DE ADULTOS _____	148
8.4.1	Estructura de tamaño _____	151
8.4.2	Relación longitud-peso _____	153
8.4.3	Alimentación _____	157
8.4.4	Importancia relativa de las presas. (IIR) _____	158
8.5	CONDICIÓN REPRODUCTIVA _____	162
8.5.1	Número de muestras y estructura de tallas del jurel _____	162
8.5.2	Proporción sexual y estados de madurez sexual macroscópicos _____	164
8.5.3	Índice gonadosomático (IGS) _____	166
8.5.4	Análisis histológico de la condición reproductiva de jurel _____	168
8.5.5	Fecundidad parcial del jurel en el periodo de desove _____	174
8.5.6	Vigilancia histológica del periodo reproductivo _____	179
8.6	Caracterización de las agregaciones de jurel _____	181
8.6.1	Distribución espacial de jurel _____	181
8.6.2	Distribución batimétrica en el ciclo de las 24 horas _____	186
8.6.3	Altura y profundidad de las agregaciones _____	190
8.6.4	Índice de agregación e índice sintético de presencia de huevos _____	192
8.6.5	Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel de los cruceros realizados en el periodo 1997 - 2004 _____	193
8.6.6	Índice de sintético de presencia de huevos _____	206
8.6.7	Curva de Lorenz e Índice de Gini _____	206
9	COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO _____	209
10	DISCUSION _____	212
11	CONCLUSIONES _____	219
12	REFERENCIAS _____	223
13	SOBRE-OFERTAS _____	232

13.1	Estimación de Biomasa Desovante de Jurel _____	232
13.2	ESTRUCTURA DE LONGITUD-EDAD DE LA POBLACIÓN DESOVANTE DE JUREL ____	239
13.3	Campo superficial de temperatura, clorofila, corrientes y vientos _____	254
13.4	Precisión en los estimados de distribución de frecuencia de tamaño de jurel ____	263
13.5	Determinación de la talla de primera madurez sexual _____	270
14	ANEXO _____	273

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Transectas de ida y regreso asignadas a los barcos participantes proyecto FIP 2004-33	33
Tabla 2. Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario	35
Tabla 3. Resumen del número de lances planctónicos y estratificados obtenidos en el crucero de Noviembre de 2004.	41
Tabla 4. a) Número de lances por estratos verticales y b) ubicación media de las minigrillas de evaluación de la distribución vertical de huevos.	44
a)	44
Tabla 5. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden y Raitt, 1975).	69
Tabla 6. Escala de madurez microscópica	75
Tabla 7. Clases de folículos postovulatorios con sus respectivas características	78
Tabla 8. Bitácora de pesca indicando nombre de la embarcación, número de lance, hora, latitud y longitud horquilla (LH), número de estómagos totales y número de estómagos con contenido	82
Tabla 9. Grupos de tamaño para el análisis de contenido estomacal.	83
Tabla 10. Embarcaciones, armador y transecta realizada en la zona de estudio 2004.	86
Tabla 11. Zona de estudio y asignación de macrozonas.	88
Tabla 12. Diseño prospecciones alta mar, 1997 al 2003.	91
Tabla 13. Estadística de la distribución de huevos de jurel entre 1997 y 2004. D= densidad total, Var(D) = Varianza, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) = varianza de la densidad media en estaciones positivas, Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima; FS = estimador de Finney Sichel; Var(FS) = varianza del estimador FS e índice de agregación de Lloyd (IP).	118
Tabla 14. Estadística de la distribución de larvas de jurel entre 1997 y 2004. D= densidad total, Var(D) = Varianza, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) = varianza de la	

densidad media en estaciones positivas, Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima; FS = estimador de Finney Sichel; Var(FS) = varianza del estimador FS e índice de agregación de Lloyd (IP).	119
Tabla 15. Densidad de huevos de jurel (ind/10m ²) por estrato de profundidad y minigrilla de muestreo vertical.	121
Tabla 16. Densidad de larvas de jurel (ind/10m ²) por estrato de profundidad y minigrilla de muestreo vertical.	122
Tabla 17. Area (mn2) de los polígonos de estimación identificados para huevos y larvas de jurel en el área de estudio en noviembre de 2004 según el enfoque geoestadístico transitivo	127
Tabla 18. Parámetros del variograma teórico ajustado a los registros de densidad de huevos (huevos 10m ²) y larvas (larvas 10m ²) de jurel. Bondad de ajuste: SCR = suma de cuadrados residuales.	128
Tabla 19. Parámetros de los modelos GAM aplicados a huevos y larvas de jurel.	136
Tabla 20. Rangos de preferencia de los huevos y larvas de jurel para la temperatura superficial del mar en el área de desove de jurel frente a Chile central. Período: 1998 – 2004	138
Tabla 21. Análisis de la varianza de una vía (Variable dependiente: Edad; Factor: Muestra; Covariante: Estadio), para la temperatura de incubación de 14°C. Significancia p<0.05	140
Tabla 22. Edad promedio observada (horas) de huevos de jurel por estadio y temperatura	141
Tabla 23. Parámetros a, b y c para la relación entre el estadio (i) de los huevos de jurel y la edad promedio para cada temperatura.	141
Tabla 24. Parámetros a, b, c, d y coeficiente de determinación R ² del modelo temperatura-edad para el jurel.	142
Tabla 25. Edad media estimada para cada estadio de huevos de jurel entre el rango de 14 – 19°C	142

Tabla 26. Análisis de Varianza para los modelos desarrollados en los proyectos FIP 2000-10 y 2004-33 _____	143
Tabla 27. Análisis de varianza para los modelos desarrollados en los proyectos FIP 2000-10 y 2004-33 donde se incorpora como factor los estadios. _____	144
Tabla 28 Producción diaria de huevos y coeficiente de mortalidad total de huevos de jurel, para la serie histórica 1999-2004. A) Modelo FIP 2000-10 B) Modelo FIP 2004-33. _____	147
Tabla 29. Resumen de los lances de pesca realizados durante el crucero de Noviembre de 2004. _____	150
Tabla 30. Principales indicadores de la relación longitud peso de <i>T. symmetricus</i> en 2004 por barco y sexo _____	156
Tabla 31. Resumen por año de la estructura de tamaños de jurel, para la caracterización de los ítems alimentarios. _____	158
Tabla 32. Índice de Importancia Relativa (IIR), número (N), peso (P) y frecuencia de aparición (F) total y porcentual de las principales presas de <i>T. s. murphyi</i> _____	159
Tabla 33. Índice de importancia relativa (IIR) separado por grupos de tamaños. _____	160
Tabla 34. Número de ejemplares de jurel muestreados por embarcación, sexo y tipo de muestreo. _____	163
Tabla 35. Estados de madurez microscópicos por embarcación y lance de jurel hembras ____	169
Tabla 36. Frecuencia de estados de madurez microscópicos y de FPO según edad, para la estimación de frecuencia de desove por lance (EMMI = estado de madurez microscopico; FPO 0, 1, 2 = folículos postovulatorios de día 0, 1, 2; N° = número de ejemplares Frec Des 1, 2, 1+2 = fracción de FPO 1, 2, 1+2). _____	173
Tabla 37. Frecuencia de estados de madurez microscópicos y de FPO según edad, para la estimación de frecuencia de desove por lance, con eliminación de ovarios que presentan FPO + Atresia (EMMI = estado de madurez microscopico; FPO 0, 1, 2 = folículos postovulatorios de día 0, 1, 2; N° = número de ejemplares; Frec Des 1, 2, 1+2 = fracción de FPO 1, 2, 1+2). _____	174
Tabla 38. Estimación de fecundidad media poblacional _____	178

Tabla 39. Frecuencia porcentual de los distintos estados de madurez microscópicos obtenidos en los muestreos correspondiente al monitoreo del jurel _____	180
Tabla 40. Índice de cobertura (IC) de los ecotrazos reportados por el ecosonda en las macrozonas: norte costero, norte oceánico, sur costero, sur oceánico y total zona de estudio, 2004. _____	184
Tabla 41. IPE en N° de agregaciones por cada 100 millas náuticas lineales y n° de agregaciones por zona. _____	185
Tabla 42. Clusters simple (CS) y clusters complejos (CC) por macrozonas, 2004. _____	186
Tabla 43. (A) Índice de cobertura por ecotrazos y periodo del día, (B) Índice de cobertura estandarizado por ecotrazos y periodo del día. _____	187
Tabla 44. Profundidad mínima, máxima, promedio y altura media por clase de abundancia, 2004. _____	190
Tabla 45. Profundidad mínima, máxima, promedio y altura media por tipos de agregación, 2004. _____	190
Tabla 46. Presencia de ecotrazos (%) en la columna de agua a una profundidad superior e inferior a los 100 m, por clase y tipo de ecotrazos. _____	191
Tabla 47. (A) Índice de cobertura (IC), profundidad media (Prf) y altura media (Alt) de los ecotrazos reportados por el ecosonda y (B) Índice de cobertura estandarizado (IC _{est}) y altura media (Alt) de los ecotrazos reportados por periodo del día. _____	194
Tabla 48. Índices de cobertura por macrozona. _____	195
Tabla 49. Profundidad y porcentaje de agregaciones entre la superficie y los 100 m. _____	197
Tabla 50. Inferencia de las macro zonas en la profundidad media por año y los pos- hoc. Inferencia significativa (*) $P < 0,05$ y no significativa (NS), $P > 0,05$. _____	203
Tabla 51. Índice de presencia de ecotrazos (IPE) (Número de agregaciones por milla náutica lineal. _____	205
Tabla 52. Número de Clusters simples (CS), clusters complejo (CC) y total por crucero. _____	205
Tabla 53. Cronograma de Actividades. _____	209

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de muestreo realizadas en el crucero FIP 2004-33. Noviembre de 2004.	34
Figura 2. Localización de las minigrillas de evaluación de la distribución vertical de huevos y larvas de jurel.	43
Figura 3. a) Track de navegación Libas (extraído de MaxSea) destacándose b) las zonas de ocurrencia de ambientes con recurso (figuras de peces) y las minigrillas de estratificación vertical de huevos y larvas.	46
Figura 4. Estratos dispersos de plancton con presencia de agregaciones desovantes de jurel (en 30 m). a) ecosonda y b) sonar.	47
Figura 5. Ubicación de los sistemas de incubación utilizados y detalle de huevos vivos de jurel colectados desde el plancton.	48
Figura 6. Distribución espacial de las estaciones de muestreo de temperatura superficial del mar durante el crucero de noviembre de 2004.	66
Figura 7. Transectos realizados durante el crucero de noviembre de 2003 y que contaron con información de CTD.	67
Figura 8. Distribución de transectos en la zona de estudio, Nov. 2004.	85
Figura 9. Tipos de Ecotrazos de jurel.	87
Figura 10. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio a partir de datos de terreno ajustados de acuerdo el modelo de variograma obtenido.	94
Figura 11. (a) Semivariograma obtenido para los valores de TSM obtenidos en terreno (modelo esférico; nugget=0,001; sill= 1,148; rango= 668 y $r^2= 0.895$). (b) Validación cruzada para los valores de TSM obtenidos en terreno versus la TSM estimada a partir del modelo de variograma ajustado. Noviembre del 2004.	95
Figura 12. Imagen satelital de temperatura superficial del mar. (a) 19 de Noviembre de 2004, (b) 20 de Noviembre de 2004, (c) 21 de Noviembre de 2004, (d) 22 de Noviembre de 2004, (e) 27 de Noviembre de 2004.	97

Figura 13. Variación semanal en la distribución espacial de la TSM para el período y área de estudio (Fuente: IGOSS).	98
Figura 14. Variación semanal de la distribución espacial de la anomalía de TSM para el área y período de estudio (Fuente: IGOSS).	99
Figura 15. Distribución espacial de TSM en el área de estudio para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004 (Fuente: IGOSS).	101
Figura 16. Distribución espacial de la anomalía de TSM en el área de estudio para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004 (Fuente: IGOSS).	102
Figura 17. (a) Distribución temporal de las anomalías promedio mensuales de TSM para el área de estudio y el periodo comprendido entre los años 1982 a 2004. La flecha indica el mes de noviembre del 2004. (b) Distribución temporal de las anomalías promedio de TSM para el mes de noviembre durante el periodo comprendido entre los años 1982 a 2004.	104
Figura 18. Vientos de escaterometría durante el crucero realizado durante noviembre de 2004.	106
Figura 19. Vientos de escaterometría durante noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.	107
Figura 20. Distribución espacial de la turbulencia y del transporte de Ekman para los meses de noviembre de 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.	109
Figura 21. Secciones verticales de temperatura (°C) para los tres transectos realizados durante noviembre de 2004.	111
Figura 22. Secciones verticales de salinidad (psu) para los tres transectos realizados durante noviembre de 2004.	113
Figura 23. Secciones verticales de densidad (σ_t) para los tres transectos realizados durante noviembre de 2004.	114
Figura 24. Profundidad de la capa de mezcla para las tres transectas realizadas durante noviembre de 2004.	115
Figura 25. Profundidad de la capa de mezcla para las tres transectas realizadas durante noviembre de 2004.	117

Figura 26. Cambios interanuales de las abundancias de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones. _____	118
Figura 27. Cambios interanuales de las abundancias de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones. _____	120
Figura 28. Distribución vertical promedio de huevos de jurel (expresados en porcentaje) por estrato de profundidad en cada una de las minigrillas (2-6) y transecta T (ver figura 2). _____	123
Figura 29. Distribución vertical promedio de larvas de jurel (expresadas en porcentaje) por estrato de profundidad en cada una de las minigrillas (2-6) y transecta T (según figura 2) _____	123
Figura 30. Densidad media por estrato de profundidad de huevos de jurel (se incorpora ajuste exponencial; barras indican 1 d.e.) _____	124
Figura 31. Mapa que representa la disposición espacial del área de estudio de la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de de jurel en noviembre de 2004. _____	126
Figura 32. Variograma teórico (modelo esférico , línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de huevos de jurel (huevos $10m^{-2}$) en el área de estudio en noviembre de 2004. _____	129
Figura 33. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de huevos (huevos $10m^{-2}$) de jurel en el área de estudio en noviembre de 2004. _____	130
Figura 34. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de larvas de jurel (<i>Trachurus symmetricus</i> , núm/ $10m^2$) en la zona de estudio. _____	131
Figura 35. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de larvas (larvas $10m^{-2}$) de jurel en el área de estudio en noviembre de 2004. _____	132
Figura 36. Densidad de huevos de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar (Noviembre de 2004, las bandas representan intervalos de confianza del 95%). _____	134

Figura 37. Densidad de larvas de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar (Noviembre de 2004, las bandas representan intervalos de confianza del 95%). _____ 135

Figura 38. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre huevos de jurel (huevos m⁻²) y la temperatura superficial del mar para el crucero realizado en noviembre de 2004. f(t)= frecuencia acumulada de la variable ambiental. g(t)= frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de huevos o larvas, d= diferencia entre g(t) y f(t). S= 0,1070, P= 0,033 (S distancia máxima entre f(t) y g(t), P significancia estadística). _____ 137

Figura 39. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas de jurel (larvas 10 m⁻²) y la temperatura superficial del mar para el crucero realizado en noviembre de 2004. f(t)= frecuencia acumulada de la variable ambiental. g(t)= frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de huevos o larvas, d= diferencia entre g(t) y f(t). S= 0,2115, P= 0,000 (S distancia máxima entre f(t) y g(t), P significancia estadística). _____ 138

Figura 40. Distribución de frecuencias de temperatura superficial del mar informadas para las prospecciones de huevos de jurel en el área de desove de jurel frente a Chile central. Período: 1998 - 2004. _____ 139

Figura 41. Edad promedio estimada para cada estadio de desarrollo de los huevos de jurel en función de la temperatura. _____ 143

Figura 42. Desarrollo embrionario a distintas temperaturas generadas por los modelos de los proyectos FIP 2000-10 y FIP 2004-33. _____ 144

Figura 43. Número de huevos por estadio de desarrollo de jurel, expresados como porcentaje, para la serie histórica 1999-2004. _____ 145

Figura 44. Número de huevos de jurel por grupos de edad provisionales de medio día. _____ 146

Figura 45. Curva de sobrevivencia de jurel: Abundancia promedio (Nº huevos de jurel /10 m²) v/s Edad (días). _____ 147

Figura 46. Distribución de los lances de pesca totales. Los círculos color café representan los lances positivos (n = 49). _____ 149

Figura 47. Distribución de frecuencia de tallas de jurel durante el crucero de Noviembre de 2004.	151
Figura 48. Distribución espacial del tamaño modal de jurel en los lances de pesca.	152
Figura 49. Distribución espacial de la proporción de ejemplares bajo talla mínima legal (BTML) de jurel, obtenida en los lances de pesca.	153
Figura 50. Relación longitud peso de <i>T. symmetricus</i> para el total de individuos obtenidos en el crucero 2004	154
Figura 51. Relación longitud peso de <i>T. symmetricus</i> para el total de machos obtenidos en el crucero 2004.	154
Figura 52. Relación longitud peso de <i>T. symmetricus</i> para el total de hembras obtenidos en el crucero 2004	155
Figura 53. Distribución espacial de lances efectivos de pesca utilizados para la caracterización de los items alimentarios de jurel	157
Figura 54. Distribución de frecuencia de tamaños expresada en porcentaje de los individuos utilizados para el análisis de contenido estomacal de Jurel.	158
Figura 55a. Dendrograma de similitud trófica en jurel, para 6 grupos de tamaños..	161
Figura 55b. Dendrograma de similitud trófica en jurel, entre años.	161
Figura 56. Histograma de frecuencia porcentual de talla de jurel en alta mar.	163
Figura 57. Frecuencia porcentual de los estados de madurez sexual macroscópicos, para el total de la muestra aleatoria.	164
Figura 58. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópicos por embarcación.	165
Figura 59. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópicos según día de captura.	166
Figura 60. Variación del IGS promedio (\pm d.e.) con la longitud horquilla correspondiente a la muestra aleatoria total de jurel del área prospectada.	167

Figura 61. Variación de los valores de IGS promedios (\pm d.e.) en relación con los estados de madurez sexual macroscópicos en ovarios de jurel. _____	167
Figura 62. Proporción de los estados de madurez sexual microscópicos determinados en las hembras capturadas en el crucero del jurel en alta mar. _____	170
Figura 63. Proporción de los estados de madurez sexual microscópicos por día de muestreo obtenidos en el crucero del jurel en alta mar. _____	171
Figura 64. Valores promedios de IGS para los diferentes estados de madurez microscópicos. _____	171
Figura 65. Relación entre la fecundidad parcial y la longitud horquilla para hembras hidratadas de jurel (n = 48). _____	175
Figura 66. Relación entre la fecundidad parcial y el peso eviscerado, para hembras de jurel con gónada hidratada. _____	176
Figura 67. Relación entre la fecundidad parcial y el peso corporal, para hembras de jurel con gónada hidratada. _____	176
Figura 68. Relación entre la fecundidad parcial y el peso total, para hembras de jurel con gónada hidratada. _____	177
Figura 69. Distribución espacial de la abundancia de jurel detectada por ecosonda en la zona de estudio, Nov. 2004. _____	181
Figura 70. Distribución espacial de la abundancia de jurel detectadas por sonar en la zona de estudio, Nov. 2004. _____	182
Figura 71. Distribución de las agregaciones por clase de abundancia a) clase mala, b) clase regular y c) total, 2004. _____	188
Figura 72. Distribución de la profundidad en el ciclo de 24 horas por clase de abundancia y tipo de agregación. Noviembre 2004. _____	189
Figura 73. Distribución espacial de la abundancia de huevos de jurel, noviembre 2004. _____	192
Figura 74. Índice de cobertura de las agregaciones por macro zona entre 1998-2004. _____	196

Figura 75. Distribución de la profundidad media de ecotrazos de jurel durante los períodos del día: Orto (o), Día (D), Crepúsculo (C) y Noche (NO). Y por macrozonas: Norte costero (NC), Norte Oceánico (NO), Sur Costero (SC) y Sur Oceánico (SO). _____ 199

Figura 76. Distribución de la profundidad media de ecotrazos de jurel durante los períodos del día. Orto (o), Día (D), Crepúsculo (C), Noche (N) en las macro zonas Norte costero (NC), Norte Oceánico (NO), Sur Costero (SC), Sur Oceánico entre 1998-1999. _____ 200

Figura 77. Índice de cobertura total (IC) e índice sintético de la presencia de huevos. _____ 206

Figura 78. Curvas de Lorenz, cruceros 1997 a 2004: a) jurel y b) huevos de jurel. _____ 207

Figura 79. Índice de Gini para jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2004. _____ 208

3 OBJETIVO GENERAL

Estimar índices relativos de abundancia de huevos y larvas de jurel en el sector oceánico de Chile centro-sur y caracterizar las agregaciones del recurso en el área, durante el período de máxima actividad reproductiva.

4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 3.1 Estimar índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio.
- 3.2 Caracterizar la condición reproductiva de jurel en la zona de estudio y determinar el área de desove.
- 3.3 Determinar y caracterizar la distribución espacial de las agregaciones de jurel en la zona de estudio.

5 RESULTADOS ESPERADOS

- 4.1 Distribución espacial de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio, y su comparación con estimaciones anteriores.
- 4.2 Índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio y su comparación con estimaciones anteriores.
- 4.3 Estimación de la condición reproductiva del jurel en la zona de estudio, especificando los estadios de madurez microscópica, la fecundidad parcial en función del peso y tamaño corporal.
- 4.4 Determinación de la distribución espacial de jurel, en términos de profundidad, en la zona de estudio.
- 4.5 Determinación de los tipos de agregaciones y nivel de densidad de jurel en la zona de estudio.

6 ANTECEDENTES

El jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*, especie pelágica de amplia distribución en el Pacífico Sur-oriental, se encuentra formando dos unidades de stocks autosustentables, una localizada esencialmente frente a Perú y la otra frente a Chile, incluyendo en esta última a la fracción oceánica que se distribuye frente a las costas de la zona centro-sur sobre la cual operó una flota internacional, principalmente rusa, entre 1978 y 1991 (**Serra 1991, Grechina et al., 1998**).

A lo largo de las costas chilenas se identifican las siguientes unidades de pesquerías: a) zona norte (18° – 24°S), b) Caldera (27°S) - Coquimbo (29°S); y c) zona centro-sur (33° – 40°S). Estas pesquerías lograron una captura máxima de 4,4 millones de t en 1995. En 1997, la pesquería de jurel entra en crisis debido a la alta incidencia de jurel juvenil menor a la talla mínima legal de 26 cm de longitud horquilla en la zona centro-sur. Esta situación se mantiene hasta 1998, y sólo a contar del 2001 comienza un período de ordenamiento de la pesquería con la entrada en vigencia de la Ley de Capturas Máximas por Armador.

De acuerdo con **Arcos et al., (2001)**, la población de jurel está organizada en tres hábitat: **a)** una zona de crianza de juveniles, localizada en aguas oceánicas al norte de los 30°S; **b)** una zona de alimentación de adultos donde se congregan los adultos y ocurre el reclutamiento de juveniles de 2 a 3 años en a la zona centro-sur; y **c)**, un área de desove oceánica, la cual es visitada en primavera para llevar a cabo la reproducción. En el área de alimentación, cerca en la costa y a fines de otoño y comienzos del invierno, el jurel se distribuye conformando agregaciones densas entre la superficie y 230 m de profundidad, con el 39 – 90 % de las agregaciones entre la superficie y los 100 m de profundidad. Mientras que en primavera, cuando el jurel presenta una distribución más oceánica, éste se encuentra ampliamente distribuido en la columna de agua hasta 300 m de profundidad y sólo entre el 9 y 47,5 % se encuentra entre la superficie y los 100 m de profundidad. Entonces, el jurel se encuentra más ampliamente distribuido en la columna de agua y más profundo, formando agregaciones más pequeñas en primavera - verano (**Barbieri et al., 1998**).

Los antecedentes de los investigadores soviéticos indican que el hábitat de jurel en el Pacífico Sur Oriental se ubica a distancias mayores a las 200 mn de la costa, al norte de los 30° latitud sur y circundando las islas desventuradas San Félix y San Ambrosio; (80°28'W; 26°25'LS) y el archipiélago de Juan Fernández (78°50' W; 33°37'LS). En este sentido **Serra (1991)**, establece un patrón de migración para jurel en sentido este-oeste, indicando que durante la primavera el recurso se desplaza hacia el oeste en su fase reproductiva, mientras que en otoño, el jurel regresa a la costa para alimentarse y recuperarse del proceso de reproducción.

En base a esta información, el presente estudio considera la existencia de un área de desove principal del jurel localizada en el área oceánica contigua a Chile centro-sur, la cual es recurrente a través de los años y se manifiesta una alta actividad reproductiva entre los meses de noviembre-diciembre. Esta hipótesis de trabajo se basó en que la extensión y localización de los núcleos de desove en esta área, son modulados principalmente por la distribución de las masas de agua con temperaturas características (entre 15 y 18 °C), que manifiestan desplazamientos interanuales según se registren períodos fríos o cálidos en este sistema o bien por la intensificación o no de la Corriente de Deriva del Oeste.

En la época del desove, la estrategia reproductiva del jurel es dispersarse en una gran área frente a Chile central (30 – 40° S), (**Barbieri et al., 1999**). **Evseenko (1987)** sugirió que el desove del jurel está confinado a la Zona de Convergencia Subtropical, que se extiende desde Chile hasta los 150 – 160°W. **Elizarov et al., (1993)** encontró importantes núcleos de abundancia de huevos desde los 78° – 90° W en los 38° – 42° S frente a Chile, extendiéndose hasta cerca de 150°W al analizar más de 10 años con datos ictioplanctónicos. Por otra parte, debido a que el jurel está completamente maduro entre los 3 – 4 años de edad, y cada hembra madura puede liberar varias tandas de huevos en la época de desove (**Macewicz y Hunter, 1993; Oyarzún y Gacitúa, 2003**), se consideró que era factible estimar la biomasa desovante por medio del método de la producción diaria de huevos (**Lasker, 1985; Hunter y Lo, 1993; Hunter y Lo, 1997**).

La evaluación de stock de jurel que se realiza utilizando modelos edad-estructurados (**Serra et al., 2001, Cubillos 2001**), requiere de índices de abundancia relativa o absolutas. En particular, se han utilizado datos de captura por unidad de esfuerzo estándar y las evaluaciones acústicas de biomasa realizadas frente a la zona centro-sur en otoño-invierno del período 1997-2001. Sin

embargo, cambios operacionales en la flota debido al régimen de cuotas individuales, así como, cambios en la disponibilidad de jurel en la zona costera podrían ser determinantes en las tasas de captura de la flota y en la evaluación acústica de la biomasa. Un ejemplo de ello ocurrió en invierno del 2002, cuando la evaluación acústica se realizó desde Valparaíso hasta el 40°S y hasta las 200 millas náuticas, cuando en realidad el jurel presentó una distribución oceánica por fuera de las 200 millas náuticas al sur de los 36°S, conformando una baja densidad. Los resultados fueron cerca de 1,9 millones de t en circunstancias que el 2001 se habían evaluado casi 6 millones de t (**Córdova et al., 2002**). Durante el año 2004, la pesquería del jurel se ha desarrollado sobre la base de una cuota anual de 1,47 millones de toneladas bajo la modalidad de explotación establecida por la Ley de Capturas Máximas por Armador. Aunque el régimen de explotación se ha desarrollado ordenadamente durante este período, se han observado cambios en la disponibilidad y patrones de agregación del jurel frente a Chile centro-sur, similares a los presentados el año 2002. Esta situación no sólo afecta la operación de la industria sino que también la estimación de la biomasa de jurel mediante acústica, ya que la principal fracción del jurel se encontró en aguas oceánicas por fuera de las 200 millas náuticas de la costa entre los 33°20'S y 38°30'S (**Sepúlveda y Alarcón, 2004**), reportándose un estimado de biomasa de 7,3 millones de toneladas.

En 1997, un análisis de la condición desovante de jurel, distribución y abundancia de huevos y larvas en aguas oceánicas fue determinante para considerar la posibilidad de contar con información nueva e independiente de la pesquería acerca de la situación del stock. Más tarde, se postuló que el Método de la Producción Diaria de Huevos (**Lasker, 1985**) tenía la potencialidad de ser aplicado al jurel. El Fondo de Investigación Pesquera (FIP), en los años 1999, 2000, 2001 y 2003, ha demandado analizar esta factibilidad, considerando las siguientes interrogantes: ¿Cuál es la principal área de desove del stock de jurel? ¿Cuáles son los límites oceánicos del desove de jurel? ¿Cuál es la abundancia de huevos y larvas en alta mar, en la época del desove? ¿Qué diseño de crucero debe ser óptimo para cubrir el área oceánica de jurel? ¿Cuál es el comportamiento de las agregaciones de jurel en condición reproductiva en aguas oceánicas? ¿Es posible estimar la biomasa desovante de jurel con el MPDH? ¿Qué representa esta estimación? ¿Cuál es la importancia para la evaluación del stock y el manejo de la pesquería?

Luego de tres años de trabajo, **Cubillos *et al.*, (2003)** realizaron por primera vez estimaciones de la biomasa desovante de jurel a partir de las estimaciones de producción de huevos y parámetros reproductivos de los estudios FIP 99-14 (**Sepúlveda *et al.*, 2001**), FIP 2000-10 (**Cubillos *et al.*, 2002**), y FIP 2001-12 (**Cubillos, 2003**). Estas estimaciones fueron determinantes para la evaluación del recurso en el 2002 (**Cubillos, 2002**), ya que cambios en la disponibilidad y comportamiento de jurel fueron importantes al momento de realizar la evaluación acústica en invierno de 2002. Esta situación también se presenta en el año 2004 observándose cambios en la disponibilidad y en los patrones de agregación del jurel frente a Chile centro-sur.

El Instituto de Investigación Pesquera presentó la Oferta Técnica con el convencimiento de que las estimaciones de biomasa desovante de jurel, y los parámetros que definen la condición reproductiva del mismo, mejorarán con cada repetición anual del proyecto, tal y como fue planteado por el Dr. John Hunter y la Dra. Beverly Macewicz (NMFS, NOAA, USA) al revisar los resultados de los proyectos FIP 2000-10 y FIP 2001-12, respectivamente. En este contexto, el presente proyecto recoge los elementos que han sido limitantes en los proyectos anteriores mejorando varios aspectos, así como, la interpretación de resultados.

Es necesario destacar que el FIP 2004-33 realizado por el Instituto de Investigación Pesquera, logró la cooperación de la industria pesquera de la zona centro-sur, quienes dispusieron para el proyecto 12 embarcaciones industriales, realizándose la grilla de muestreo sistemática con 10 embarcaciones, mientras que 2 embarcaciones trabajaron en un diseño de tipo adaptativo dirigido a zonas con una mayor abundancia de huevos y larvas de acuerdo al seguimiento de variables de tipo ambiental.

6.1 HIPOTESIS DE TRABAJO

El presente estudio se basa en la existencia de un área de desove principal del jurel localizada en la alta mar contigua a Chile centro-sur, la cual es recurrente a través de los años y en la que se manifiesta una alta actividad reproductiva entre los meses de noviembre-diciembre (**Sepúlveda et al., 2001, Cubillos et al., 2003, Sepúlveda et al., 2004**).

6.1.1 Con respecto a la distribución y zonas de producción de huevos:

La hipótesis de trabajo señala que la extensión y localización de los núcleos de desove en esta área, son principalmente modulados por la distribución de masas de agua con temperaturas características de entre 15 y 18 °C, las que manifiestan desplazamientos latitudinales interanuales según se registren períodos fríos o cálidos en este sistema o bien por la intensificación o no de la Corriente de Deriva del Oeste, la cual puede constituirse en una barrera oceanográfica para la distribución de huevos y larvas de jurel.

6.1.2 Con respecto a la distribución y agregaciones del recurso

La hipótesis sobre la distribución del jurel y su condición reproductiva indica que el jurel al momento del desove forma agregaciones dispersas de muy baja densidad. Las áreas de desove están condicionadas por características ambientales en conjunto con el patrón de distribución de adultos. Las agregaciones formadas por el jurel durante la fase reproductiva son de difícil detección por los equipos acústicos al ser utilizados de la manera convencional, ya que no se estarían formando densas agregaciones de tipo comercial. Por este motivo, la captura con redes de cerco es compleja, obteniéndose generalmente un número bajo de ejemplares. Sin embargo, un análisis de la precisión en los estimados de distribución de frecuencia de tamaños, indica que las muestras obtenidas son suficientes y representan satisfactoriamente el atributo del recurso en condición reproductiva en aguas oceánicas (**Gatica et al., 2003**).

7 METODOLOGIA

El análisis de la condición biológica de jurel en alta mar, considera un muestreo intensivo de la producción total de huevos en el área de desove, y de los atributos biológicos de los adultos que están desovando en términos de la fecundidad media poblacional, fracción de hembras desovantes diarias, peso promedio de las hembras maduras, proporción de hembras durante el período de mayor actividad reproductiva, y la caracterización de la agregaciones de jurel en alta mar (Cubillos, 2003). En este contexto, es altamente necesario limitar o circunscribir el área de desove en alta mar, identificar el período de máxima actividad reproductiva, determinar el mejor diseño de muestreo ictioplanctónico en relación con la distribución espacial de los huevos, y el diseño de muestreo de adultos en términos del número de lances necesarios.

7.1 AREA Y EPOCA DE ESTUDIO

El área de estudio fue fijada entre los límites latitudinales comprendidos entre los 31°40' - 38°S y 75° - 92°W, área que fue cubierta por 12 embarcaciones industriales de cerco, y donde 10 embarcaciones realizaron transectas sistemáticas, totalizándose 20 transectas, mientras que 2 embarcaciones trabajaron en un diseño de tipo adaptativo dirigido a zonas de mayor abundancia de huevos y larvas de jurel.

Los límites latitudinales fueron fijados a través del análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar, fijándose como límite sur la distribución de la isoterma de 15°C durante la primera quincena de noviembre de 2004. El muestreo de huevos en el área de estudio se desarrolló entre el 20 y 29 de noviembre de 2004, ya que los antecedentes disponibles señalan que si bien la principal época reproductiva de jurel se extiende entre octubre y diciembre, tiene un pico en noviembre (Cubillos, 2003).

7.2 DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTONICO

Con el objeto de estimar índices de abundancia de huevos y larvas de jurel, la producción y la tasa de mortalidad diaria de huevos, y dar así cumplimiento al Objetivo Específico 3.1, se ejecutó un muestreo planctónico que cubrió el área de estudio en alta mar.

El área de estudio quedó determinada por el despliegue del esfuerzo de muestreo que desarrolló cada una de las 12 embarcaciones. En este esquema las 10 embarcaciones que trabajaron en un diseño de tipo sistemático, desarrollando cada una dos transectas con una separación de 20 mn entre transectas y 18 mn entre estaciones de muestreo, inicialmente se cubrió en el track de ida desde los 33°20 - 36°20, posteriormente en el track de regreso 5 embarcaciones cubrieron el sector norte del área de prospección y 5 el área sur, abarcándose en definitiva entre los 31°40 - 38°00 S, y longitudinalmente entre los 75°00 - 92°00 W (**Tabla 1**). Por otra parte, considerando que la distribución de huevos de jurel tiende a presentarse en aguas con temperatura superficial del mar mayores a 15 °C (**Quiñones y Wiff, 2003**), las 2 embarcaciones que desarrollaron el muestreo en un esquema de tipo adaptativo orientaron su esfuerzo a sectores donde la información de los cruceros anteriores existe una mayor actividad reproductiva en conjunto con información satelital de TSM e información *in situ* recolectada durante el transcurso del crucero.

Tabla 1. Transectas de ida y regreso asignadas a los barcos participantes proyecto FIP 2004-33.

TRANSECTA	ESQUEMA	COORDENADA	DIRECCION	NAVE	PAM
1	sistemático	31°40'	REGRESO	1	
2	sistemático	32°00'	REGRESO	2	
3	sistemático	32°20'	REGRESO	3	
4	sistemático	32°40'	REGRESO	4	
5	sistemático	33°00'	REGRESO	5	
6	sistemático	33°20'	ida	1	CHIVILINGO
7	sistemático	33°40'	ida	2	TOLTÉN I
8	sistemático	34°00'	ida	3	YAGÁN
9	sistemático	34°20'	ida	4	DON TITO
10	sistemático	34°40'	ida	5	MACK
11	sistemático	35°00'	ida	6	QUERELEMA
12	sistemático	35°20'	ida	7	MALLECO
13	sistemático	35°40'	ida	8	RANQUILHUE
14	sistemático	36°00'	ida	9	GARDAR
15	sistemático	36°20'	ida	10	FRANCISCO
16	sistemático	36°40'	REGRESO	6	
17	sistemático	37°00'	REGRESO	7	
18	sistemático	37°20'	REGRESO	8	
19	sistemático	37°40'	REGRESO	9	
20	sistemático	38°00'	REGRESO	10	
21	adaptativo	34°00'	Ida	12	LIBAS
22	adaptativo			12	LIBAS
23	adaptativo	35°00'	Ida	11	MATIAS
24	adaptativo			11	MATIAS

La evaluación de la densidad de huevos de jurel se realizará sobre la base de 912 estaciones planctónicas, las cuales responden a un diseño de muestreo sistemático en una grilla de estaciones generadas por transectas paralelas separadas cada 20 millas náuticas y estaciones planctónicas separadas cada 18 millas náuticas a lo largo de cada transecta (**Figura 1, Tabla 1**).

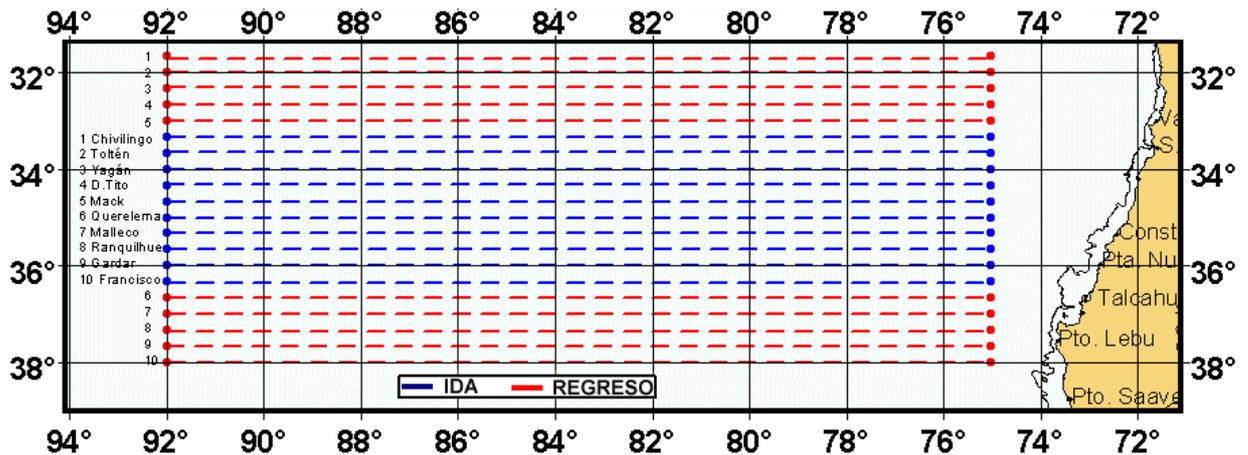


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de muestreo realizadas en el crucero FIP 2004-33. Noviembre de 2004.

7.3 HUEVOS Y LARVAS DE JUREL

7.3.1 Muestras planctónicas

En cada una de las estaciones de muestreo se realizaron arrastres planctónicos verticales desde los 100 m de profundidad hasta la superficie, utilizando redes WP-2 de 303 μ de abertura de malla. Todas las redes fueron confeccionadas utilizando las mismas medidas de abertura de boca (0,6 m de diámetro), número y longitud de las porciones de red filtrante, así como la longitud de la sección no filtrante.

El material planctónico recolectado fue trasvasiado desde el copo colector de la red a frascos plásticos de 0,5 L de capacidad debidamente etiquetados. Las muestras fueron inmediatamente fijadas después de la colecta, con una solución de formalina en agua de mar con una concentración final de 5 % neutralizada con bórax (disodio tetraborato), con el objeto de evitar la autólisis de los individuos capturados y fijar el estado de desarrollo en que fueron colectados.

En el Instituto de Investigación Pesquera las muestras de plancton se analizaron bajo estereomicroscopios Zeiss y Japan Optical con el propósito de separar la totalidad del ictioplancton de cada una de las muestras recolectadas, identificando y separando los huevos y larvas de jurel según los criterios de **Santander y Castillo (1971)**, para luego clasificarlos según estadios de desarrollo. Los criterios de clasificación de huevos han sido previamente formalizados y descritos *in extenso* por **Sepúlveda et al., (2001)**, sobre la base de **Moser y Ahlstrom (1985)**. Estos se resumen en la **Tabla 2**. Los estadios de desarrollo no identificables o desintegrados se les clasificó como huevos deteriorados.

Tabla 2. Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.

ESTADIO	CARACTERISTICAS
Estadio I	La división celular no ha comenzado, sólo es posible diferenciar el polo animal vegetal (vitelo), el cual cubre 1/4 del corion.
Estadio II	Comienza con la primera división celular en dos blastómeros la cual se identifica por la formación de un surco que atraviesa el polo animal. También es posible observar la segunda división celular con la formación de otro surco perpendicular al anterior que genera cuatro células. Sucesivas divisiones poco diferenciables en cuanto al número de células pueden observarse constituyendo las llamadas mórulas, cuya característica más relevante es que las células son claramente diferenciables unas de otras. Este estadio finaliza con la formación del blastodisco en esta etapa la división celular alcanzado tal magnitud que no es posible diferenciar las células tomando en la superficie un aspecto rugoso.
Estadio III	Esta fase que se caracteriza por la formación clara del blastodermo como un tejido, donde no es posible diferenciar entre cada célula. Además, en esta etapa se origina la cavidad de segmentación a partir del último clivaje. Al término de este estadio puede observarse la formación del anillo germinal a partir de un engrosamiento en el margen del blastodermo el cual ocupa 1/3 del área del corion.
Estadio IV	Al comienzo de este estadio el embrión ocupa 1/3 del corion. El embrión se observa hacia un costado del blastodermo, pero en general muestra un engrosamiento mucho más intenso al estadio anterior. La cavidad de segmentación se diferencia claramente ocupando alrededor de un 1/3 del corion. Al final de este estadio el embrión alcanza un largo de 2/3 del corion y el blastoporo puede ser observado muy claramente en la mayoría de los casos.
Estadio V	Se caracteriza porque el blastodermo se ha condensado completamente en un embrión que alcanza un largo total de 1/2 del corion. El blastoporo se observa en un amplio rango de aberturas hasta alcanzar su cierre casi total, además comienzan a aparecer los somitos. También se diferencia la cabeza y vesículas óticas.
Estadio VI	Este estadio comienza cuando el blastoporo esta casi al cierre para posteriormente

ESTADIO	CARACTERISTICAS
	cerrarse completamente. Después se produce un engrosamiento del embrión en su región caudal que finaliza con el comienzo de la separación de la cola del vitelo, la cabeza se observa claramente definida con las vesículas óticas y además en este estadio se observa el lente primordial, los somitos se sitúan a lo largo de todo el cuerpo con excepción de la región caudal.
Estadio VII	Este estadio comienza cuando la cola ha comenzado a desprenderse del vitelo, para luego elongarse y alcanzar como máximo la mitad del largo de la cabeza de embrión. Además se observarse un desarrollo incipiente de la aleta caudal.
Estadio VIII	En este estadio la cola es mayor a 1/2 del largo del embrión alcanzando una longitud igual al largo de la cabeza del embrión. La punta de la cola se ha tornado más puntiaguda y se dobla en el eje del embrión hacia la derecha o izquierda (Figura 8).
Estadio IX	El ancho de la aleta caudal se ha incrementado diferenciándose claramente. El largo alcanzado por la cola es mayor a 1/3 de la altura del corion.
Estadio X	La cola alcanza una longitud mayor a 2/3 de la altura del corion. El ancho de la aleta embrional es casi igual al de la cola.
Estadio XI	La cola alcanza una longitud mayor a 2/3 de la altura del corion y alcanza la cabeza o la traspasa. El ancho de la aleta es mayor o doble al ancho de la cola.

7.3.2 Estimación de índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio

La densidad de huevos y larvas de jurel fue estandarizada a número de individuos para una unidad de área estándar de 10 m² (en adelante N° ind. 10 m⁻²), para lo cual el ángulo de cala de la red fue medido periódicamente mediante un clinómetro manual. La distancia efectiva recorrida por la red fue multiplicada por el área de la boca de la red para estimar la el volumen de agua filtrada en cada estación de muestreo. La estandarización a la unidad estándar se realizó por medio de la siguiente ecuación

$$C = 10 * \frac{d}{w} * c$$

donde C es el número de huevos o larvas en una unidad de área de mar (10 m²), d es la profundidad máxima del lance (m), w es volumen de agua filtrado (m³), y c es el número de huevos o larvas en la muestra de plancton.

La profundidad máxima del lance (d), fue obtenida a partir de la siguiente expresión:

$$d = \cos \alpha \cdot (L_0)$$

donde L_0 es la cantidad de cable arriado (m), $\cos(\alpha)$ es el coseno del ángulo registrado antes del virado de la red.

El volumen de agua filtrado (w) se calculó por:

$$w = Q * t$$

donde Q es el volumen de agua filtrado por unidad de tiempo ($\text{m}^3 \times \text{s}^{-1}$), y t es el tiempo empleado en el arrastre (s). El valor de Q se calculó por

$$Q = V * A$$

donde V es la velocidad de arrastre de la red expresada en $\text{m} \times \text{s}^{-1}$, y A es el área de la boca de la red (m^2).

Para la confección de mapas de distribución y abundancia y asignación de categorías de densidad para huevos y larvas de jurel se utilizó el programa SURFER 8.0.

7.3.3 Índices de abundancia de huevos y larvas

Con propósitos comparativos, se considera los siguientes índices para la abundancia de huevos y larvas de jurel. Los resultados de estos índices se compararán con los de cruceros previos financiados por el FIP.

7.3.3.1 Densidad promedio

Para la estimación de la densidad media del total de estaciones se utilizó el siguiente estimador:

$$\hat{D} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

donde D es la densidad promedio de todas las estaciones, d es la densidad en cada estación, y n el número total de estaciones (positivas y negativas). La varianza ($\hat{V}(\hat{D})$) de este estimador se determinará según la expresión:

$$\hat{V}(\hat{D}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (d_i - \hat{D})^2$$

7.3.3.2 Densidad promedio en estaciones positivas

Para estimar la densidad media de las estaciones positivas, se utilizará un estimador similar al anterior:

$$\hat{D}_{pos} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{pos}} d_{i_{pos}}}{n_{pos}}$$

donde D_{pos} es la densidad promedio de las estaciones positivas, n_{pos} es el número de estaciones positivas; y $d_{i_{pos}}$ es la densidad de las estaciones positivas. La varianza del estimador viene dada por:

$$\hat{V}(\hat{D}_{pos}) = \frac{\sum_{i=1}^{n_{pos}} (d_{i_{pos}} - \hat{D}_{pos})^2}{n_{pos}(n_{pos}-1)}$$

7.3.3.3 Estimador Finney-Sichel (FS)

Para considerar la distribución espacial de la densidad promedio de huevos y larvas de jurel, se utilizará el método de distribución delta de **Pennington (1983)**. Esta distribución permite asignar una probabilidad distinta de cero a las estaciones negativas y una distribución log-normal para las estaciones positivas.

En la teoría estadística correspondiente a la distribución delta, tanto para la estimación del promedio como para la varianza de la estimación, el promedio de la variable distribuida log-normalmente se denomina estimador Finney-Sichel (FS) (**McConnaughey y Conquest, 1993**), y viene dada por:

$$FS = \left(\frac{m}{n}\right) \exp(\bar{Y}) Gm(x)$$

donde m es el número de estaciones positivas, n es la cantidad total de estaciones, \bar{Y} es el promedio de la variable transformada a logaritmo neperiano, y $Gm(x)$ es una función de la varianza de la forma:

$$Gm(x) = 1 + \frac{(m-1)x}{m} + \frac{(m-1)^3 x^2}{2! m^2 (m+1)} + \frac{(m-1)^5 x^3}{3! m^3 (m+1)(m+3)} + \frac{(m-1)^7 x^4}{4! m^4 (m+1)(m+3)(m+5)} + \dots$$

donde m es mayor que cero, $x = s^2/2$, donde s^2 es la varianza de la variable transformada a logaritmo. La varianza, $Var(FS)$, se estima mediante:

$$Var(FS) = \left(\frac{m}{n}\right) \exp(2\bar{Y}) \left[\left(\frac{m}{n}\right) Gm^2 - \frac{(m-1)}{(n-1)} Gm \frac{(m-2)2x}{(m-1)} \right]$$

7.3.3.4 Índices de dispersión (ID)

Para analizar la variabilidad espacial de la abundancia, se aplicará dos índices de dispersión. El primer índice se basa en **Pielou (1977)**, en el cual el cociente entre la varianza y el promedio de la abundancia de huevos y larvas se compara con una distribución Chi cuadrado, considerando como hipótesis nula que el patrón de distribución es aleatorio, i.e.

$$\chi^2(n-1) = \frac{S^2}{\bar{X}}$$

El segundo índice de dispersión corresponde al índice de "patchiness" (*IP*), el cual compara cuantas veces más agregado está un individuo promedio comparado con un individuo en una población de igual densidad pero aleatoriamente dispersa:

$$IP = \frac{\bar{X} + (S^2 / \bar{X} - 1)}{\bar{X}}$$

donde \bar{X} y S^2 representan el promedio y la varianza de la densidad.

7.3.4 Determinación de la distribución vertical de huevos y larvas

Con el propósito de conocer la distribución vertical de huevos y larvas de jurel en el área de prospección, se analizó 4 estratos de profundidad en la columna de agua evaluada: 0 – 25 m, 25 – 50 m, 50 – 75 m y 75 – 100 m, los cuales fueron muestreados con redes WP-2 de 0,6 m de área de boca y 0,33 mm de abertura de malla con sistema de cierre mediante gatillos y mensajeros. Para determinar la distribución vertical dos embarcaciones trabajaron en un esquema diferente al del resto de las embarcaciones participantes del crucero que operaron bajo un esquema sistemático (**Tabla 3**).

Tabla 3. Resumen del número de lances planctónicos y estratificados obtenidos en el crucero de Noviembre de 2004.

TRANSECTA	PAM	LATITUD	NºLances Planctónicos	Nº Lances Estratificado
1	CHIVILINGO	31°40'	46	
2	TOLTEN I	32°00'	48	
3	YAGAN	32°20'	49	
4	DON TITO	32°40'	48	
5	MACK	33°00'	44	
6	CHIVILINGO	33°20'	47	
7	TOLTEN I	33°40'	46	
8	YAGAN	34°00'	48	
9	DON TITO	34°20'	40	
10	MACK	34°40'	47	
11	QUERELEMA	35°00'	45	
12	MALLECO	35°20'	45	
13	RANQUILHUE	35°40'	46	
14	GARDAR	36°00'	45	
15	FRANCISCO	36°20'	44	
16	QUERELEMA	36°40'	45	
17	MALLECO	37°00'	45	
18	RANQUILHUE	37°20'	45	
19	GARDAR	37°40'	45	
20	FRANCISCO	38°00'	44	
-	MATÍAS	35°00'	-	80
-	LIBAS	34°00'	-	71
TOTAL			912	153

7.3.5 Estratificación vertical de huevos y larvas de jurel

La metodología aplicada en el crucero de noviembre de 2003 (Sepúlveda *et al.*, 2004) para evaluar la distribución vertical, se basó en el uso de 3 embarcaciones que realizaron muestreos verticales integrados por capas desde los 0-25, 0-50, 0-75 y 0-100 m. En ese crucero se utilizó este método ya que no se disponía de sistemas de cierre para las redes WP-2 utilizadas. En cambio para el crucero efectuado en noviembre de 2004, se diseñaron 2 sistemas provistos de gatillos accionables vía mensajero que a través de un cable de acero de 6,25 mm, dispuesto en un huinche de cada embarcación utilizada, permitían cerrar la red WP-2, idénticas a las utilizadas en las otras embarcaciones (0,6 m de área de boca y 330 μ m de abertura de malla).

Con el objeto de analizar la distribución vertical de huevos y larvas, se consideraron cuatro estratos en la columna de agua: 0 – 25 m, 25 – 50 m, 50 – 75 m, y 75 – 100 m, los cuales fueron muestreados llevando la red WP-2 a la mayor profundidad de cada intervalo, esperando una estabilización de la red a esa profundidad por al menos 60 segundos y luego iniciar el izado de la red hasta el límite superior de cada intervalo para finalmente cerrar la red mediante el envío de un mensajero.

De este modo, se contó con un método más adecuado de estimación de la densidad media de huevos por estrato y se redujo notablemente la posible incorporación de huevos y larvas de jurel desde otras capas. Se debe destacar que la red durante un lance vertical, desciende a una profundidad deseada con un peso suficiente como para no permitir que la red se invierta o colecte plancton mientras desciende.

Debido al número de sistemas de cierre disponibles, se optó por operar estos sistemas a bordo de 2 embarcaciones (Libas y Matías I) y a diferencia de lo realizado en noviembre de 2003, estas naves debían desplazarse libremente y no siguiendo un track definido por una transecta. Es así como ambas naves zarparon con posterioridad al día de inicio del crucero, desfasadas en 2 días de tal forma que con los antecedentes de TSM y de avistamientos de recurso, más eventuales informaciones que indicaran la ocurrencia de huevos o larvas de jurel desde las otras embarcaciones, se determinó el track que estas naves realizarían.

Previo al zarpe de las naves se consideró el presupuesto de tiempo y número deseable de lances verticales que se realizarían y por esto se determinó establecer 6 minigrillas de evaluación, 3 por cada nave, y que serían dispuestas adaptativamente en localidades al oeste de los 82°W. Durante el desarrollo del crucero, se determinó disponer de las grillas de evaluación vertical entre los 34°20'S y los 35°S (**Figura 2**), lográndose un total de 151 lances, 71 realizados desde el Libas y 80 efectuados desde el Matias I.

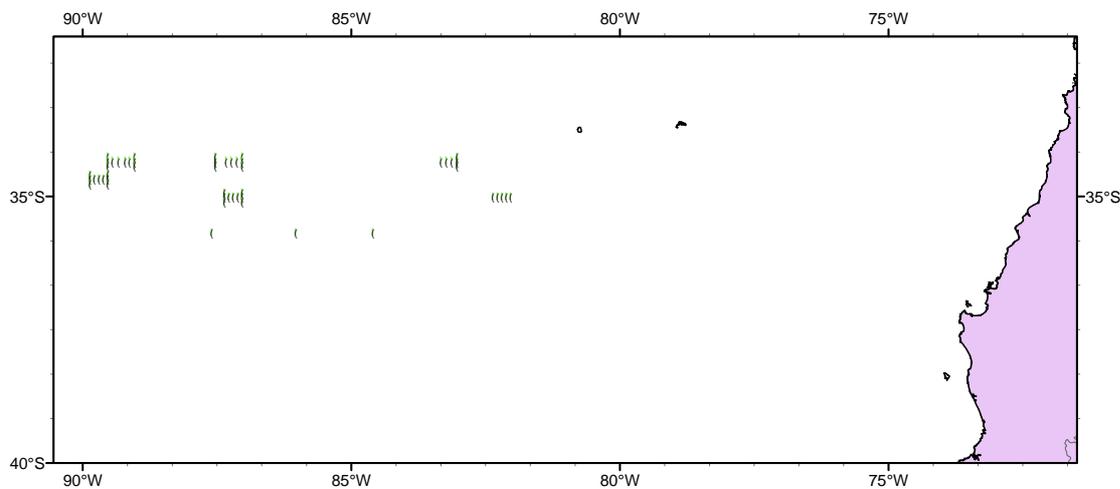


Figura 2. Localización de las minigrillas de evaluación de la distribución vertical de huevos y larvas de jurel.

Las minigrillas consideraron la disposición inicial de 5 estaciones en un eje central a lo largo de una latitud y 4 estaciones localizadas en los vértices de las cajas de evaluación. La separación entre estaciones se conservó fija y fue de 5 mn entre estaciones.

Para efectos de análisis y de poder resumir la información obtenida, se analizaron las densidades medias por estrato de profundidad obtenidas para cada minigrilla de evaluación. En la **Tabla 4** se presentan las coordenadas de los lances verticales efectuados, agrupados en las seis minigrillas efectuadas y tres estaciones adicionales realizadas en la latitud 35°40'S.

En la **Figura 3** se presenta el track realizado por una de las naves (Libas), la que a su vez tenía la tarea de efectuar colectas de pesca de recurso mediante lances de media agua. Se destaca en esta figura las localidades a lo largo del track en las cuales se registró ambientes con presencia

de jurel en los equipos de detección acústica, siendo en algunos casos detectados ambientes con recurso en las cercanías o al interior de las minigrillas evaluadas, en especial las números 2 y 3 (**Tabla 4**).

Dentro del track, también se destaca una zona donde se registró ambiente de recurso desovante combinado con estratos dispersos predominantemente compuestos de micronecton (**Figura 4**). En este ambiente, se realizaron lances de plancton verticales y/o arrastres oblícuos de muy corta duración (3 a 5 min) para recolectar huevos de jurel que permitieran su posterior sorteo e incubación abordo. Un detalle de las instalaciones dispuestas a bordo del PAM Libas, se observa en la **Figura 5**.

Tabla 4. a) Número de lances por estratos verticales y b) ubicación media de las minigrillas de evaluación de la distribución vertical de huevos.

a)

NAVE	0-25 m	26-50 m	51-75 m	76-100 m	0-100 m	TOTAL
LIBAS	16	15	15	16	9	71
MATIAS I	18	18	18	18	8	80
TOTAL	34	33	33	34	17	151

Instituto de Investigación Pesquera

FIP 2004-33 "Condición biológica de jurel en alta mar, año 2004"

b)

Minigrilla	Latitud (S)	34°15'	34°20'	34°25'	34°30'				Total	
Libas	Longitud (W)									
1	83°00'	1	4	1					6	
1	83°06'	4							4	
1	83°12'	4							4	
1	83°18'	3							3	
2	87°00'	1	1	1					3	
2	87°06'	4							4	
2	87°12'	4							4	
2	87°18'	3							3	
2	87°30'	4	4	4					12	
3	89°00'	1	4	1					6	
3	89°06'	4							4	
3	89°11'	4							4	
3	89°18'	4							4	
3	89°25'	4							4	
3	89°30'	1	4	1					6	
T. Libas		8	55	7	1				71	
Matias I		34°35'	34°40'	34°45'	34°55'	35°00'	35°05'	35°40'		
4	82°00'					4				4
4	82°05'					4				4
4	82°10'					4				4
4	82°15'					4				4
4	82°20'					4				4
5	87°00'					1	4	1		6
5	87°05'					4				4
5	87°10'					4				4
5	87°15'					4				4
5	87°20'					1	4	1		6
6	89°30'	1	4	1					6	
6	89°35'	4							4	
6	89°40'	4							4	
6	89°45'	4							4	
6	89°50'	1	4	1					6	
T3	84°34'							4		4
T2	86°00'							4		4
T1	87°34'							4		4
Matias I		2	20	2	2	40	2	12	80	
Total									151	

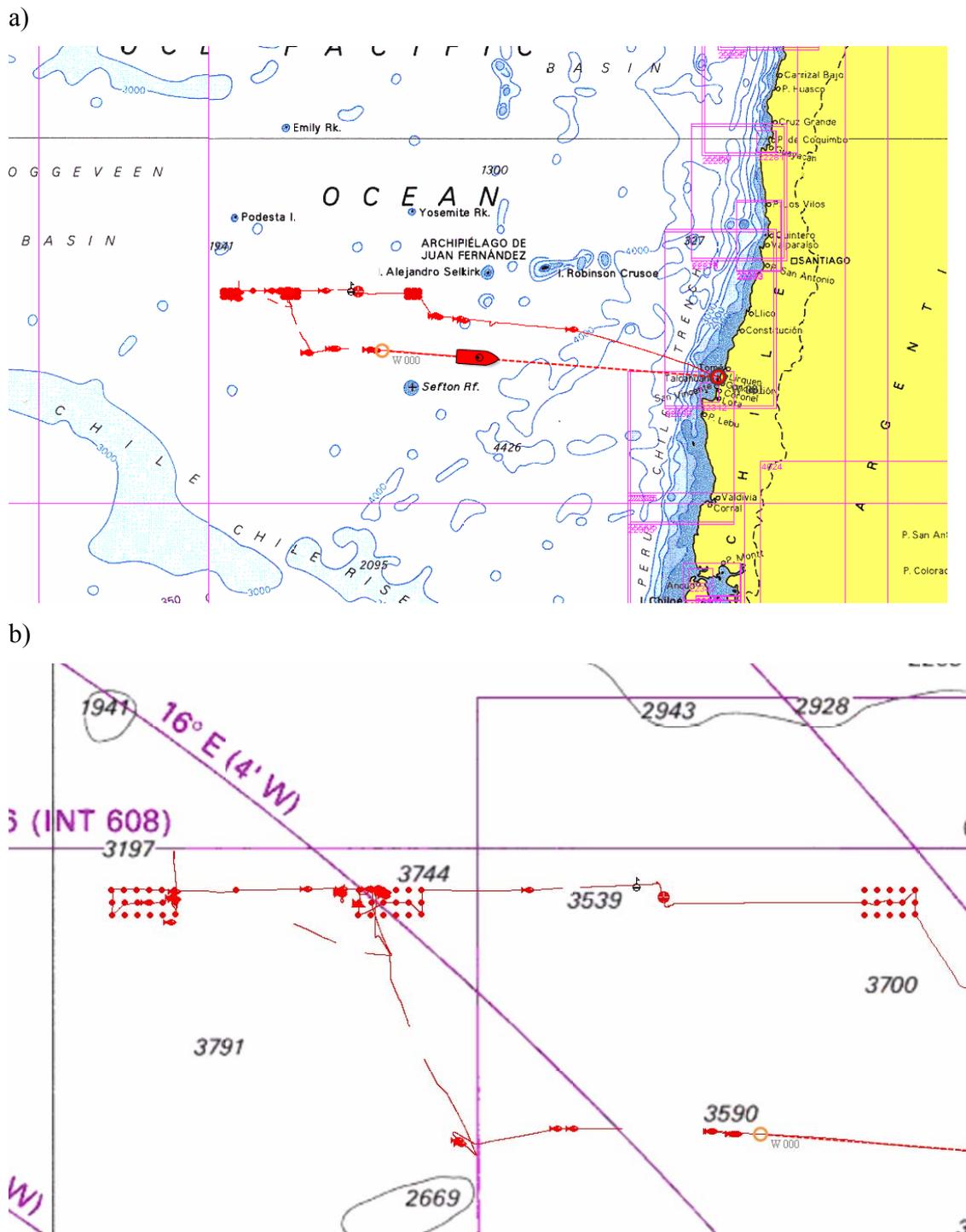
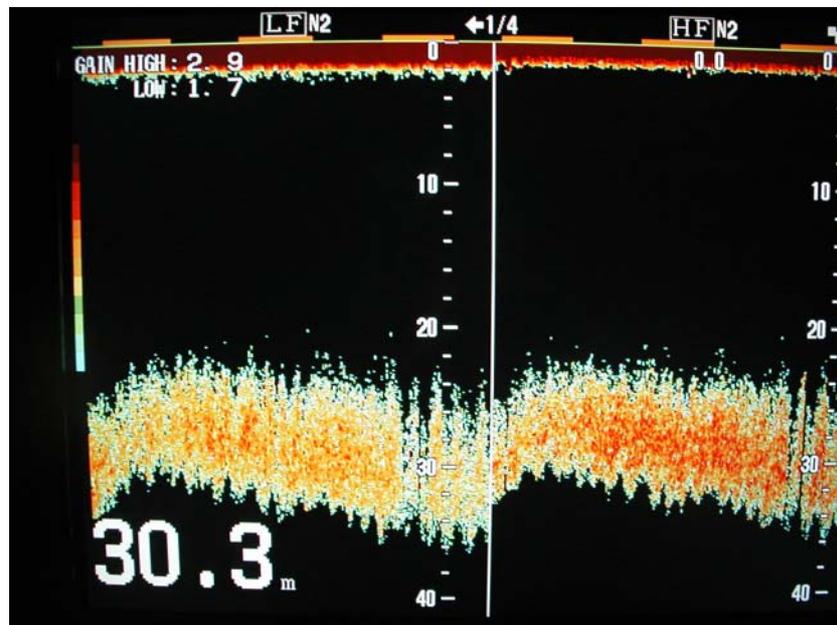


Figura 3. a) Track de navegación Libas (extraído de MaxSea) destacándose b) las zonas de ocurrencia de ambientes con recurso (figuras de peces) y las minigrillas de estratificación vertical de huevos y larvas.

a)



b)

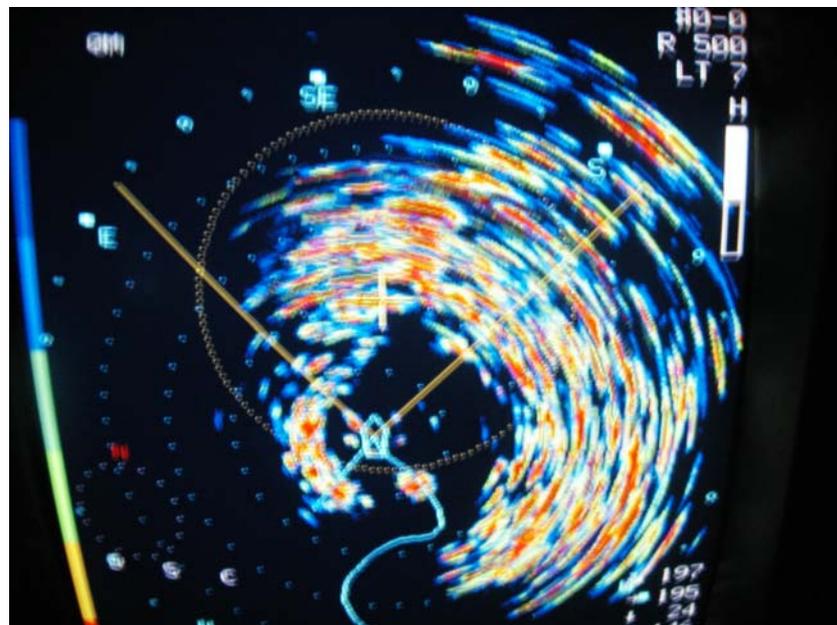


Figura 4. Estratos dispersos de plancton con presencia de agregaciones desovantes de jurel (en 30 m). a) ecosonda y b) sonar.

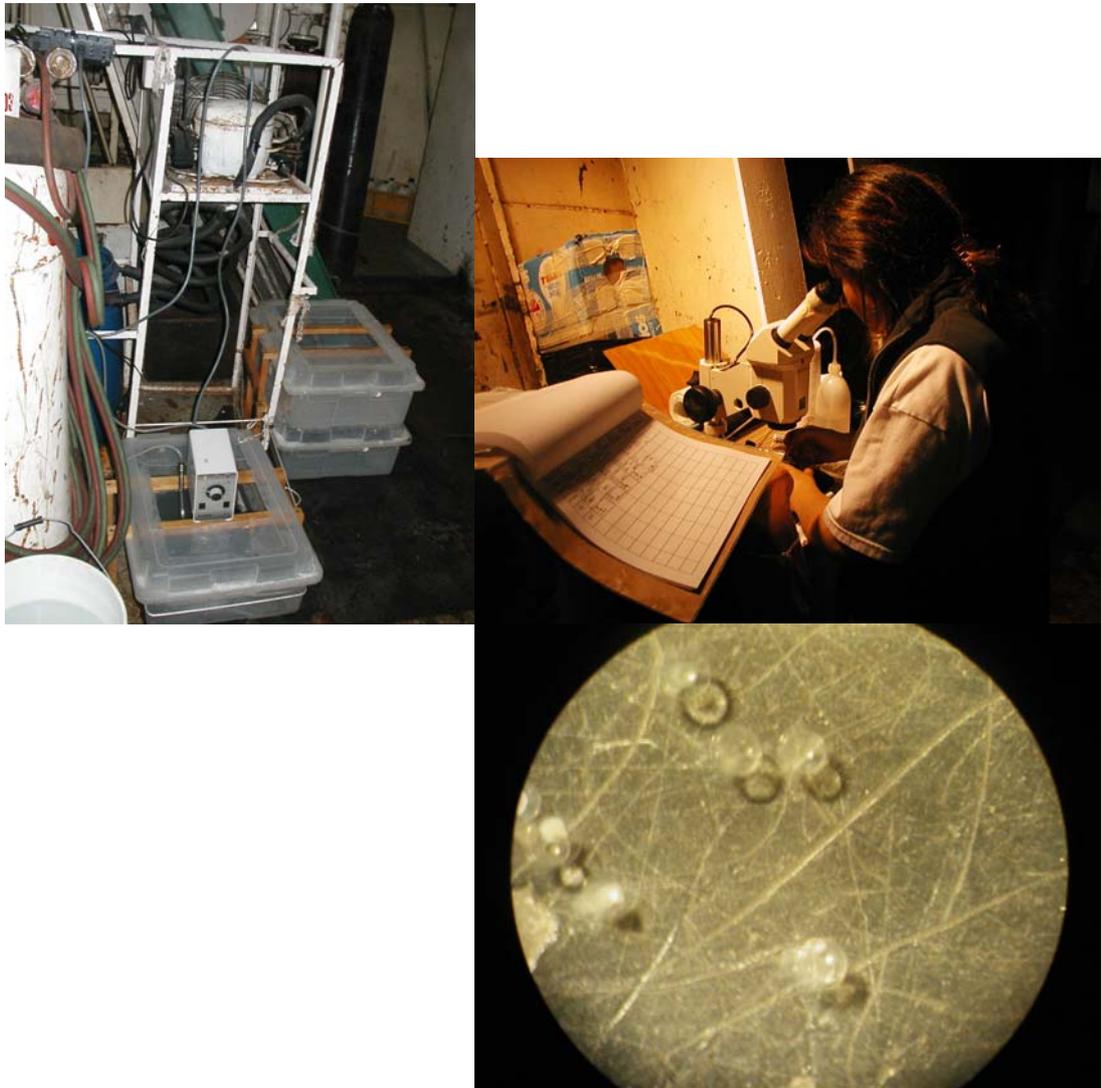


Figura 5. Ubicación de los sistemas de incubación utilizados y detalle de huevos vivos de jurel colectados desde el plancton.

7.3.6 Análisis de la distribución espacial de la abundancia de huevos

a) Análisis geoestadístico

Se realizó un análisis geoestadístico para describir la distribución espacial de la abundancia de huevos y larvas de jurel. Desde el punto de vista del análisis geoestadístico, la población observada es una realización de un proceso estocástico en el espacio, y los datos obtenidos se consideran una muestra de dicho proceso.

En tal sentido, se realizó el análisis estructural de la correlación espacial entre las observaciones utilizando una medida de continuidad espacial representada por el variograma y sus parámetros (*i.e.* rango, *sill* y efecto *nugget*). El rango del variograma ajustado se utilizó para estimar el diámetro del parche para el total de número de huevos y larvas (Lo *et al.*, 2001). Una vez definido el modelo de variograma, se procedió a interpolar valores en una grilla regular utilizando un algoritmo de optimización denominado *kriging*.

- Análisis estructural

El análisis estructural consiste en analizar la función variograma $2\gamma(x+h)$ que representa la esperanza matemática de la variable aleatoria $[Z(x) - Z(x+h)]^2$ (Journel y Huilbregts, 1978), donde Z es la densidad de huevos, x es la localización espacial (2 dimensiones), y h es un vector de distancia que tiene dirección y magnitud. Bajo la hipótesis de estacionaridad de segundo orden, el variograma depende solamente del vector h y no de la posición x , razón por la cual es posible estimar el variograma $2\gamma(h)$ a partir de los datos disponibles por:

$$2\gamma^*(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2$$

donde $N(h)$ es el número de pares, $Z(x_i) - Z(x_i+h)$, en dos puntos cualquiera separados por el vector h . Cuando un variograma es calculado como un promedio en todas las direcciones, se denomina variograma omnidireccional. Este tipo de variograma es apropiado en casos donde el proceso estocástico es isotrópico, lo que quiere decir que la misma estructura espacial ocurre en cualquier dirección. Por el contrario, un variograma anisotrópico revela estructuras espaciales diferentes en diferentes direcciones. Así, el eje mayor de continuidad espacial se identifica a partir de variogramas calculados en una dirección particular.

- Modelo de Variograma

Una vez calculado el variograma experimental, se ajustó un modelo estadístico que permitió relacionar la estructura observada con el supuesto proceso generador. El modelo que se ajustó correspondió al exponencial (**Cressie, 1993**). Los parámetros del modelo fueron estimados a partir del variograma experimental mediante el método de mínimos cuadrados descrito por **Cressie (1993)**, minimizando la siguiente función objetivo

$$\sum_{i=1}^H N(h_i) \left(\frac{\hat{\gamma}(h_i)}{\gamma(h_i)} - 1 \right)^2$$

donde H es el número de intervalos en que se divide la distancia entre puntos de muestreo. En esta función de minimización cada residuo al cuadrado se pondera según $N(h_i)$, que corresponde al número de pares utilizado para calcular $\hat{\gamma}(h_i)$, y según el inverso de $\gamma(h_i)^2$. Este procedimiento tiene la ventaja de disminuir la ponderación de pares menos representados en la muestra y aumentar la de puntos cercanos al origen del variograma, zona crucial en la estimación de los parámetros del modelo (**Pelletier y Parma, 1994**).

- Validación Cruzada

Se realizó una validación cruzada de los parámetros del variograma teórico ajustado y de los parámetros utilizados en la interpolación por *kriging* (*i.e.* parámetros del variograma teórico, radio de búsqueda, número máximo de pares a utilizar en la interpolación). El método de validación cruzada consiste en eliminar uno a uno los puntos en que se realizó el muestreo y utilizar el resto de los datos para estimar el valor de la variable en ese punto, utilizando el modelo de variograma y parámetros de *kriging* seleccionados (**Maravelias et al., 1996, Petitgas 1996**). De esta forma, se define el error de predicción en cada localidad muestreada como la diferencia entre el valor medido y el estimado a partir del resto de los datos (**Isaaks y Srivastava, 1989**). El objetivo final de este procedimiento es obtener un criterio de decisión para seleccionar una combinación dada de parámetros del variograma teórico y del *kriging*.

- Mapeo por Kriging

Los parámetros del variograma teórico y del *kriging* seleccionados después de la validación cruzada, fueron utilizados para calcular las ponderaciones óptimas a ser asignadas a cada estimación local de densidad, para así estimar la densidad $Z(x_0, y_0)$ en cada uno de los nodos de la grilla de interpolación (x_0, y_0) utilizando

$$Z^*(x_0, y_0) = \sum_{i=1}^n w_i Z(x_i, y_i)$$

donde w_i representa las ponderaciones asignadas a cada localidad muestreada. La suma de estas ponderaciones es igual a 1 (*i.e.* constituyen una combinación lineal convexa), y por lo tanto la estimación es insesgada ($E[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = 0$). Cada ponderación fue estimada de tal forma que el error de estimación ($\sigma_k^{*2}(x_0)$), llamado *varianza de kriging*, fuera minimizado (Simard *et al.*, 1992).

Una vez realizada la interpolación, sólo aquellos nodos de la grilla que se encontraron dentro de los polígonos de estimación, definidos sobre la base de las estaciones positivas y negativas, se consideraron en el mapeo de la densidad y posterior estimación de la densidad media. Se utilizó el módulo Spatial Stat del *software* S-Plus 2000 para el cálculo de los variogramas experimentales, para la validación cruzada, y para el *kriging*. El posterior mapeo de la densidad se realizó en el programa Surfer 8.0.

b) Determinación de áreas de focos de distribución de huevos/larvas

El área de los focos de distribución de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio se determinó bajo dos enfoques metodológicos, a saber:

- Cuantificación de las sub-áreas que representan estaciones positivas

Este procedimiento consiste en cuantificar las sub-áreas que representan las estaciones positivas (con presencia de huevos/larvas) y se basa en considerar el área mínima de presencia de huevos/larvas para cada estación de muestreo. Debido a la existencia de estaciones negativas (ausencia de huevos/larvas) al interior de algunas transectas, circundadas por estaciones positivas, estas fueron consideradas como ceros locales que contribuyen a la estimación del área total de distribución. Este criterio fue aplicado en los ejes norte-sur (entre transectas adyacentes) y este-oeste (entra estaciones sobre una misma transecta). Posteriormente, se procedió a juntar las celdas de manera que los bordes definen los vértices del polígono de estimación, tal y como lo muestra el siguiente esquema (**Figura a**):

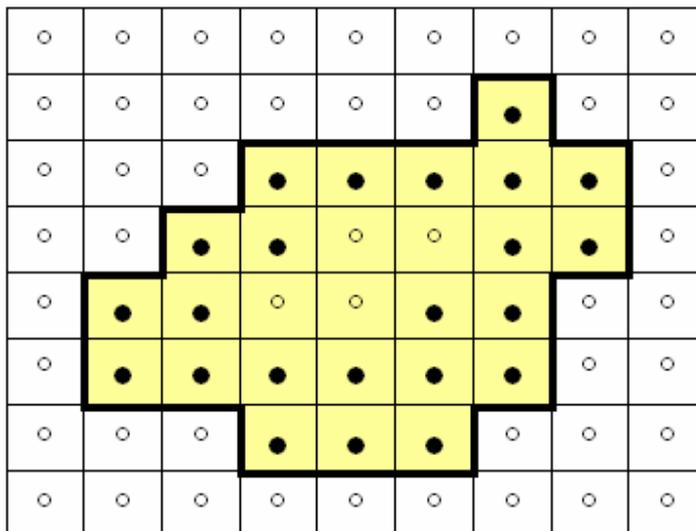


Figura a. Esquema de cuantificación de sub-áreas que representen estaciones positivas.

donde las celdas amarillas con un punto negro al centro representan celdas positivas y las celdas amarillas con punto blanco corresponden a celdas negativas consideradas ceros locales.

- Estimación del área de desove por geoestadística transitiva (Sobre-Oferta)

Varios son los métodos de estimación del área de distribución espacial de una variable ambiental o biológica a partir de un diseño de muestreo cualquiera, a saber: (a) posicionamiento de todas las estaciones de muestreo (positivas y negativas) en cartas náuticas; (b) antecedentes históricos sobre la distribución y dinámica del recurso estudiado; (c) información de lances comerciales realizados en la misma área y período (en el caso de recursos pesqueros); (d) área que circunscribe los lances de pesca con captura (presencia); (e) interpolación lineal (geométrica); (f) método de kriging, entre otros.

En el caso del kriging, sin embargo, sustentada en la teoría intrínseca de la geoestadística asume la existencia de un efecto de borde, esto es, que la distribución espacial de la variable estudiada es truncada por un límite previamente establecido e independiente de la propia naturaleza que de la variable (efecto de la geometría del hábitat).

Por otro lado, cualquier método de estimación basado en la estadística clásica del muestreo de poblaciones finitas no está permitido pues esa teoría supone que el número total de unidades de muestreo en la población es conocido antes de la estimación. Consecuentemente, cualquier

método de remuestreo exhibe de la misma deficiencia pues los datos mismos a ser remuestreados no contienen información independiente acerca del número de datos a ser remuestreados. Incluso, la teoría intrínseca de la geoestadística no permite una estimación del área porque en esa teoría no está definida la covarianza entre el hábitat y el proceso estocástico.

Afortunadamente, existe una rama de la geoestadística que permite cubrir este problema desde un punto de vista consistente con la teoría de estimación estadística, la geoestadística transitiva. Esta teoría fue desarrollada por el fundador de la teoría geoestadística, **Matheron (1971)**, pero no ha sido ampliamente usada en pesquerías a pesar del ya consolidado uso de la geoestadística para el análisis de datos espaciales de densidad de recursos pesqueros. Aparte de un trabajo de **Petitgas (1996)** en una dimensión, la literatura principal pesquera registra sólo dos estudios muy recientes, a saber, **Bez y Rivoirard (2001)** y **Bez (2002)**. Se propone la introducción de estas técnicas específicamente para la estimación del área de las distintas particiones del stock a ser evaluadas mediante transectas espaciadas regularmente (**Petitgas y Lafont, 1997**).

Como el análisis de la distribución espacial de las variables estudiadas en este estudio ya está cubierta por el uso de la geoestadística intrínseca, sólo interesa estimar el área S . Convenientemente, entonces, realizamos la transformación de los datos muestrales con la función indicadora

$$I(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{si } z(x, y) = 0 \\ 1 & \text{si } z(x, y) > 0 \end{cases}$$

lo que significa que la grilla regular dentro de cada partición espacial de la variable analizada se convierte en una grilla de 1s y 0s. Esta técnica permite que la doble integral sobre la latitud y la longitud, multiplicada por el área de influencia de cada unidad muestral, sea inmediatamente igual al área de la partición espacial del stock que se está considerando. Sea S el área total que cubre la distribución espacial de la función indicadora $I(x,y)$, entonces la cantidad a ser estimada es

$$S = \int_{-\infty}^{+\infty} dx \int_{-\infty}^{+\infty} I(x, y) dy$$

y su estimador geoestadístico transitivo es

$$\hat{S}(x_0, y_0) = s_x s_y \sum_{k_1=-\infty}^{+\infty} \sum_{k_2=-\infty}^{+\infty} I(x_0 + k_1 s_x, y_0 + k_2 s_y)$$

donde x_0, y_0 son los puntos de partida de la grilla, que deben ser elegidos aleatoriamente para garantizar insesgamiento respecto del diseño (que se cumple aquí pues nuestra primera transecta fue elegida al azar dentro de cada estrato), s_x y s_y son las áreas latitudinales y longitudinales cubiertas por cada unidad de muestreo (cada estación de muestreo dentro de cada transecta), iguales para todas las unidades (garantizado por el diseño de espaciamiento regular), y donde las sumas van hacia el infinito porque se permite el efecto de borde y de hecho el borde mismo es estimado.

En esta teoría, la herramienta estructural conveniente no es el variograma de la teoría intrínseca, sino que el covariograma transitivo de la forma

$$g(h) = \int_{-\infty}^{+\infty} dx \int_{-\infty}^{+\infty} I(x, y) I(x+u, y+v) dy$$

donde u y v son los lados de un triángulo tal que el vector de distancia cuadrático $h^2 = u^2 + v^2$. La varianza de estimación es equivalente a la varianza del estimador ya que este método es diseño-basado y luego la cantidad S no se supone que sea la realización de una variable aleatoria sino que se supone fija,

$$\sigma_S^2 = s_x s_y \sum_{k_1=-\infty}^{+\infty} \sum_{k_2=-\infty}^{+\infty} g(k_1 s_x, k_2 s_y) - \int_{-\infty}^{+\infty} g(h) dh$$

7.3.7 Modelación espacial de la abundancia (GAM)

Con la finalidad de modelar la tendencia espacial de la abundancia de huevos, se usará modelos aditivos generalizados (GAM), de la forma:

$$E(y) = f\left(\beta_0 + \sum_i s_i(x_i)\right)$$

donde x_i representa a la variable explicatoria, mientras que y es la variable respuesta (número de huevos) que posee alguna distribución estadística específica y cuya esperanza $E(y)$ es una función ($f(\bullet)$) de las variables explicatorias. Lo original de un modelo GAM es que provee

una forma flexible para definir la función predictor $f_j(\bullet)$, la cual es análoga a los coeficientes de regresión en los modelos lineales. Los términos $f_j(\bullet)$ se pueden modelar en forma no-paramétrica o paramétrica, o ambas formas se pueden combinar en un modelo semiparamétrico. Los términos no-paramétricos son ajustados utilizando suavizadores de dispersión ("scatterplot smoothers"), entre ellos el suavizador de regresión con ponderación local llamado loess (**Cleveland et al., 1992**). Los términos paramétricos pueden ser definidos como coeficientes lineales, polinomiales de grado n ó polinomiales "piecewise" como B-spline y spline natural. La gran ventaja de modelos GAM sobre métodos de regresión tradicionales es su capacidad para modelar no-linealidad utilizando suavizadores de dispersión, constituyéndose en una herramienta poderosa para análisis exploratorios tales que permitan identificar las relaciones funcionales sugeridas por los datos (**Hastie y Tibshirani, 1990**).

Se utilizará la temperatura superficial del mar, la longitud y la latitud como variables explicatorias. Según **Borchers et al., (1997)**, la modelación basada en la metodología GAM permite establecer funciones de suavizamiento de los datos observados de densidad y que son lo suficientemente flexibles para permitir mantener las tendencias observadas en las densidades de huevos. Este tipo de estrategia permite a su vez reducir el número de parámetros de estimación con respecto a los que utilizaría una estrategia basada en la estratificación.

7.3.8 Relación entre la TSM y los huevos y larvas de jurel

Para la exploración de las asociaciones entre variables ambientales y la abundancia de huevos y larvas de jurel en el área de desove frente a Chile central, se utilizó la metodología propuesta por **Perry y Smith (1994)** y **Perry et al., (1994)**.

La construcción de la distribución de frecuencia acumulada relativa (FRA) para la variable ambiental representativa del hábitat (en este caso temperatura superficial del mar) fue realizada a través de:

$$f(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_i)$$

con la función indicador:

$$I(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{si } x_i \leq t; \\ 0, & \text{de otra manera} \end{cases}$$

donde t se verifica como el índice que representa un rango desde el menor al más alto valor de la TSM con un intervalo adecuado para la resolución esperada, el que en este caso fue de 0,1 °C. n = número total de lances planctónicos y x_i = TSM dentro del rango t en el lance planctónico i ($i = 1, \dots, n$).

Posteriormente, se calculó la frecuencia acumulada relativa de la TSM multiplicada por la densidad de huevos o larvas de jurel (FRAD), por medio de:

$$g(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} I(x_i)$$

donde y_i = variable de densidad específica en el lance i dentro del rango t de la variable ambiental (TSM), \bar{y} = abundancia media de larvas o huevos del jurel.

La comparación de la distribución de frecuencia relativa acumulada de la variable ambiental (FRA) con la distribución de frecuencia relativa acumulada de la variable ambiental ponderada por la variable biológica (FRAD); entrega evidencia si los huevos y larvas de jurel están asociadas o no con la variable ambiental ensayada. De esta manera, si la población se distribuye en forma aleatoria con la variable ambiental, las dos curvas de frecuencia acumulada evolucionarán de manera similar sin evidenciar diferencias significativas (**Perry y Smith, 1994**). Por el contrario, si los huevos o larvas de jurel se encuentran asociados a un rango particular de valores de la variable ambiental, estas curvas se comportarán en forma diferencial, evolucionando a tasas diferentes (pendientes distintas), siendo la pendiente de la FRAD más pronunciada que la obtenida para la FRA. Lo contrario es válido para el caso de rechazo a un rango ambiental.

Asimismo, se determinó la fuerza de la asociación entre la densidad de huevos y larvas de jurel y la variable ambiental ensayada, evaluando el grado de diferencia entre las dos funciones de frecuencia acumulada, $g(t)$ y $f(t)$. Para determinar la significancia estadística (P) de la diferencia entre las curvas, se calculó la máxima distancia absoluta entre $g(t)$ y $f(t)$ como:

$$\max_{\forall t} |g(t) - f(t)| = \max_{\forall t} \left| \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \bar{y}}{y} \right) I(x_i) \right|$$

donde $|g(t) - f(t)|$ indica el valor absoluto de la diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$ a cualquier punto t . Para evaluar la significancia estadística en la ecuación anterior, se modeló la distribución de la prueba estadística bajo la hipótesis nula de una asociación al azar entre la densidad de huevos y larvas de jurel y la variable ambiental representativa del hábitat, a través de un remuestreo Monte Carlo. Lo anterior se llevó a cabo aleatorizando los pares de $[(Y_i - \bar{Y}) / \bar{Y}]$ y x_i a través de todos los i para todos los datos y luego se calculó la prueba estadística para los nuevos pares. El x_i para el apareamiento se obtuvo de un muestreo con reemplazo de la x_i observada con la probabilidad $1/n$. Este procedimiento se repitió 2000 veces hasta obtener una pseudopoblación de las pruebas estadísticas bajo la hipótesis nula.

7.4 Estimación de la producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad

7.4.1 Modelo de estimación producción diaria de huevos

De acuerdo con **Picquelle y Stauffer (1985)**, la producción diaria de huevos en el mar es el número de huevos promedio desovados por día, por unidad de área, en el rango de duración de un crucero que provee de datos de abundancia de huevos por edad. El intercepto a la edad cero de un modelo de mortalidad exponencial ajustado a los datos, representa un estimado de la producción diaria de huevos (P_0).

La estimación de este parámetro en la actualidad, es producto de una minuciosa metodología la cual ha sido mejorada año tras año con la finalidad de aumentar la precisión de este estimador y a la vez hacer comparable esta estimación con la de otros países en donde se aplica el Método de Producción de Huevos.

La metodología a seguir es la siguiente:

- 1) Una vez asignadas y corregidas las edades para cada estadio de desarrollo identificado según lo explicado en el punto 7.3.1, las abundancias de huevos se agrupan por cohortes diarias (< 1, 2 y 3 días). El número de cohortes esperadas depende de la temperatura de cada estación, para este crucero la mayor edad esperada estuvo cercana a los 3 días, razón por la cual se emplearon las 3 cohortes antes mencionadas. La edad asignada a cada cohorte corresponde al promedio ponderado por el número de huevos encontrados en cada estadio. En el caso que una cohorte no esté representada en la estación (ausencia de huevos), se le asigna la edad esperada según la hora de colecta y la hora de desove (23:30 hrs) y su abundancia tendrá valor cero. Esta rutina se realizó mediante un procedimiento automatizado descrito por **Lo (1985)**, el cual se programó en Visual Basic for Applications.
- 2) Las estaciones negativas, pero que se encontraban dentro del área de desove se incluyeron en los análisis, asignándoles la edad esperada para cada cohorte según la hora de colecta y la hora de desove (23:30 hrs) al igual que lo explicado en el punto anterior.
- 3) Los huevos menores a 3 horas no se incluyeron en los análisis debido a que se encuentran muy cercanos al desove (submuestreo), excluyendo también los huevos de edades mayores por encontrarse muy cercanos a la eclosión, para ello, se estimó en cada estación el 95% del mayor tiempo de desarrollo esperado según la temperatura del lugar. Todos los huevos que tuvieran una edad superior a ese valor, fueron excluidos de los análisis.

La producción diaria de huevos, P_0 , y su varianza, fue estimada de acuerdo con el siguiente modelo de mortalidad:

$$P_t = P_0 \exp(-Zt) + \varepsilon$$

donde

P_t = Número de huevos por una unidad de área (m^2) en la edad t

t = Edad en días de los huevos

P_0 = Producción diaria de huevos por una unidad de área (m^2)

Z = Tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos
 ε = Término de error aditivo.

El modelo asume que todos los huevos son fertilizados y desovados a una hora fija, y que todos los huevos experimentan una tasa instantánea de mortalidad constante hasta la eclosión. Debido a la estructura aditiva del término error, se utilizó regresión no lineal minimizando las diferencias cuadráticas entre la producción de huevos estimada por el modelo y la observada, utilizando la rutina *nls* de S-plus.

7.4.2 Experimentos de Incubación de Huevos de Jurel

El objetivo principal de esta actividad es generar un modelo que permita determinar el tiempo de desarrollo de los huevos en función de la temperatura. El año 2000 y bajo el marco del proyecto FIP 2000-10, fueron realizadas por primera vez incubaciones exitosas, generando un modelo temperatura-dependiente basado en la metodología de **Lo, 1985**. Esta estimación ha sido empleada con éxito en todos los cruceros de investigación relativos al tema (FIP 1999-14, FIP 2000-10, FIP 2001-12 y FIP 2002-12) para la asignación de edad a huevos de jurel.

Las temperaturas seleccionadas en esa oportunidad para las incubaciones fueron 17 y 19°C, siendo valores esperables de encontrar en el océano durante la época de desove, sin embargo el rango empleado fue muy estrecho. Este modelo fue utilizado para estimar la edad promedio de los huevos de jurel, considerando que entre 17 y 19 °C habrá una interpolación de edades, mientras que fuera de estos rangos, la edad estimada consistirá en una extrapolación. (**Cubillos et al., 2002**).

Debido a lo anterior y como parte importante de las conclusiones y recomendaciones generadas por los talleres de resultados de los proyectos FIP 2000-10 y FIP 2001-12, es que a partir del año 2001 se ha intentado repetir esta experiencia pero incluyendo tiempos de desarrollo por estadios a temperaturas más bajas. Los años 2001 y 2003 no fue exitosa esta actividad debido principalmente a que para lograr resultados confiables es necesario contar con un número importante de huevos de jurel en alguna de sus fases de desarrollo temprano (estadios I y II), siendo estos estadios de muy baja prevalencia en las muestras.

Este año, las incubaciones fueron realizadas a bordo del PAM Libas, durante el período en el cual se desarrolló la prospección de huevos y larvas de jurel. Para ello, se instaló a bordo de la nave el sistema de incubación, el cual consiste en:

- a) **Incubadores:** Recipientes rectangulares de 20 L de capacidad, que contienen agua dulce a temperatura constante. En este medio se deben colocar pequeños contenedores de agua de mar que servirán de medio de incubación de los huevos de jurel.
- b) **Sistema de refrigeración:** Su función es bajar la temperatura del agua de los incubadores por debajo de la temperatura ambiente. Este sistema funciona haciendo pasar refrigerante a través de un serpentín el cual, por contacto directo, enfría el agua, contenida en un bidón de 60 L de capacidad, a temperaturas entre 2 y 4 °C. Luego, el agua fría es impulsada a través de mangueras hacia cada incubador, por donde circula, y finalmente vuelve al sistema de refrigeración para reiniciar el ciclo. De esta forma, se impide que la temperatura de los incubadores se eleve por sobre la temperatura deseada.
- c) **Termo Reguladores:** Aparatos que permiten elevar la temperatura del agua de cada incubador hasta la temperatura deseada y mantenerla constante.

Tal como se mencionó anteriormente, para realizar una incubación exitosa es necesario contar con un número elevado de huevos en estadio de desarrollo temprano. Para ello, se realizaron lances de plancton en los sectores comprendidos entre el 34°40' S y el 35°50'S y el 82°00' W y el 84°40'W, zonas donde históricamente se han encontrado focos de alta abundancia de huevos de jurel. Estos lances se realizaron preferentemente cerca de la medianoche, hora en la cual se ha determinado que el jurel desova con más frecuencia (**Cubillos et al., 2001**).

En cada lance, la muestra colectada es observada bajo lupa para verificar la presencia de huevos en estadio temprano de desarrollo. Una vez encontrados, éstos son separados de la muestra para trasladarlos a los incubadores. Si es necesario, se deben realizar más lances en la misma zona para contar con una cantidad suficiente ya que la mortalidad puede ser alta.

Una vez colectados los huevos, estos son mantenidos en frascos de vidrio estériles de 20 ml, que contienen agua de mar filtrada (0.5 µm) la cual se encuentra a la temperatura de ensayo. Estos frascos son colocados en el baño termo-regulado para seguir la evolución del desarrollo de los huevos, la cual es controlada a intervalos de tres horas en forma continuada durante el día y la noche, así como los registros de la temperatura de experimentación. En cada revisión se realiza el cambio de agua a los frascos estériles para evitar la contaminación de los huevos y además descartar los huevos deteriorados o muertos. El criterio para determinar el término del experimento es la identificación del último estadio previo a la eclosión, esto es, el estadio XI según la categoría de clasificación de estadios de desarrollo embrionario de huevos de peces (Moser y Ahlstrom, 1985).

Inicialmente, las temperaturas seleccionadas para las incubaciones fueron de 14, 16 y 18 °C. Lamentablemente, el número de huevos con las características requeridas sólo fue suficiente para realizar la incubación de una sola temperatura, por lo tanto, se optó por realizar la de 14°C. Esta información fue posteriormente incorporada al modelo del año 2000, para mejorar la estimación de asignación de edad.

7.4.3 Determinación de la edad promedio (horas) de los huevos por estadios

La determinación de la edad promedio observada por estadio para cada réplica, se obtuvo mediante:

$$Y_i = \frac{\sum_{i=1}^{11} (n_i * h_j)}{\sum_{i=1}^{11} n_i}$$

Donde:

Y_i = Edad promedio observada del estadio i en cada réplica

n_i = Número de huevos observados en el estadio (i)

h = hora a la cual fue observado el estadio (i)

i = 1,2,3,.....11

j = 1,2,3,.....n

Una vez obtenidas las edades promedio por estadio y temperatura, se procede al análisis de la información según el modelo desarrollado por **Lo (1985)** para la anchoveta de California (*Engraulis mordax*). La primera relación a analizar fue la existente entre cada estadio y su edad promedio (horas) para cada temperatura según la relación:

$$\bar{Y}_{i,t} = a_t e^{b^t i} (i)^{c_t}$$

Donde:

$Y_{i,t}$: Edad promedio observada de los huevos para cada estadio y temperatura

t : Temperatura

i : Estadio de desarrollo

a, b y c : Son constantes temperatura-específicas

Con la información generada, se desarrolló un modelo temperatura dependiente, el cual permite estimar la edad de un huevo de jurel en función de su temperatura y estadio. Esto permite, por lo tanto, obtener la edad de un huevo de jurel en un estadio de desarrollo cualquiera, desde una muestra planctónica a una temperatura de terreno determinada (en este caso se utiliza la temperatura superficial del mar).

Basado en el modelo elaborado por **Lo (1985)**, esta relación se describe como:

$$Y_{i,t} = a e^{(bt+ci)} (i)^d$$

Donde:

$Y_{i,t}$: Edad promedio estimada de los huevos de jurel para cada estadio y temperatura

t : Temperatura

i : Estadio de desarrollo

a, b, c y d : Son constantes comunes para todos los estadios y temperatura

Finalmente, se realizó una comparación del modelo desarrollado el año 2000 (FIP 2000-10) con respecto del generado el año 2004 (FIP 2004-33), mediante un análisis de varianza.

7.4.4 Hora del desove y corrección de la edad

Una vez asignada la edad a la totalidad de los huevos de jurel encontrados en la muestra, previa clasificación por estadio de desarrollo, se procede a corregir esa edad por la hora de colecta de los huevos.

Para ello, se aplicó la metodología de **Lo (1985)**, la cual corrige la estimación de la edad al tiempo de la colecta de los huevos, considerando un tiempo cero que corresponde a la hora del desove, asumiéndose para esta especie, las 23:30 horas. La corrección considera un ajuste por la fracción del día desde la hora del desove hasta la colecta. Para ello, se utilizó:

$$Y_{D,T,k} = Y_{D,T} + k - f$$

donde $Y_{D,T}$ es la edad estimada por el modelo estadio-temperatura dependiente, k es la hora de la colecta (lance), y f es la porción remanente que surge de la suma de la hora estimada y la hora del desove menos 24 horas. Las decisiones de corrección según la hora de colecta son:

$$Y_{D,T,k} = \left[\begin{array}{ll} k < (f - g) \Rightarrow & y_{D,T} - g \\ (f - g) < k < (f + g) \Rightarrow & y_{D,T} + k - f \\ (f + g) < k \Rightarrow & y_{D,T} + g \end{array} \right]$$

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

7.4.5 Delimitación del área de desove

La identificación del área de desove es un aspecto fundamental, y se utilizan diversos criterios para delimitar dicha área. Al respecto, se define como área de crucero o de estudio a la delimitada por los contornos de las estaciones muestreadas, sin realizar interpolaciones inter-transectas, y que viene dada por la suma de las áreas que representa cada estación de muestreo. El área de desove, en cambio se estimará por el patrón espacial de estaciones positivas, considerando la posibilidad de estaciones negativas al interior del área de desove que pueden

contribuir a la estimación de la misma. Este es un estimador del tipo estructural o de límite inferior.

7.5 MUESTREO OCEANOGRÁFICO

La caracterización ambiental del campo físico del área de desove de jurel fue realizada utilizando información registrada en terreno y derivada de satélites. La información correspondiente a esta campaña se ha contrastado con la variabilidad ambiental exhibida en el período 1998-2003 para el área y período de desove del jurel frente a Chile central.

7.5.1 Temperatura superficial del Mar

La temperatura superficial del mar (TSM) fue registrada en cada una de las estaciones de muestreo (**Figura 6**) por medio de termómetros digitales Hanna Instruments – Mod. CheckTemp de 0,1 °C de precisión. Se efectuaron un total de 886 registros de TSM durante el crucero. Asimismo, se analizó la TSM derivada de satélites para el período de prospección. En esta oportunidad se contó con dos fuentes de datos: (a) imágenes diarias de TSM provenientes del radiómetro de alta resolución (AVHRR) a bordo del satélite NOAA-16 (1,1 x 1,1 km), recepcionadas por la estación SmarTrack del Instituto de Investigación Pesquera. Estas imágenes fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente graficadas y georeferenciadas para obtener finalmente los valores de TSM para la región oceánica frente a Chile central; (b) información de TSM mensual y semanal (y sus anomalías) provenientes del Sistema IGOOS, con una resolución espacial de 111,1 x 111,1 km. Para el análisis temporal, se construyó una serie de tiempo de frecuencia mensual que abarcó desde enero de 1982 hasta noviembre de 2004, comprendiendo el área de de prospección histórica de huevos de jurel, esto es, entre los 30° y los 40°S y desde la costa hasta los 92°W. La información fue obtenida desde el sitio web “Integrated Global Ocean Services System Products Bulletin (IGOSS)”:

http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.IGOSS/.nmc/.Reyn_SmithOiv2/.monthly/.ssta/

7.5.2 Campo de viento superficial

El campo horizontal de viento superficial fue obtenido a través de: (a) el Programa del CERSAT (Centre ERS d'Archivage et de Traitement), base programática de los satélites ERS 1 y ERS 2, cuya información posee una resolución espacial de 111,1 x 111,1 km y una resolución temporal igual a una semana; (b) el Programa QuickScat, con una resolución espacial de 27,8 x 27,8 km y una resolución temporal igual a un día. Con esta información se calcularon los parámetros asociados al viento: turbulencia y transporte de Ekman.

La turbulencia está definida como **(Elsberry y Garwood, 1978)**:

$$W^3 = |(w)^3|$$

Donde:

- W^3 : Turbulencia del viento
 w : Intensidad del viento

Por su parte el transporte de Ekman perpendicular a la costa está dado por la siguiente expresión **(Sandwell y Smith, 1997)**.

$$M = Ts / (Ro * f)$$

Donde:

- M : Transporte de Ekman
 Ts : Esfuerzo del viento en el eje y **(Wu, 1982)**.
 Ro : Densidad media del agua de mar.
 f : Parámetro de Coriolis.

7.5.3 Caracterización vertical de la columna de agua

La estructura vertical de la columna de agua fue evaluada en 3 transectos al interior del área de prospección, situados a las latitudes de 33°40'S, 36°00'S y 37°40'S **(Figura 7)**. Por fallas en una de las sondas oceanográficas durante el crucero, no pudo realizarse un cuarto transecto

originalmente considerado. El registro vertical de la temperatura, la salinidad y la densidad del agua de mar en estaciones de colecta de huevos de jurel se realizó por medio de dos sondas CTD llevadas a bordo de las naves Gardar y Toltén I. Las sondas CTD utilizadas fueron: (a) CTD Meereschtechnik Elektronik - Mod. Memory Probe y (b) CTD Neil-Brown. En la gran mayoría de las estaciones con CTD, se evaluó la columna de agua entre la superficie y 100 m de profundidad.

En estaciones de muestreo seleccionadas, se recolectó muestras de agua de mar a diferentes profundidades para el posterior análisis de salinidad, con el propósito de verificar el buen funcionamiento de los sensores de conductividad de las sondas CTD utilizadas. El análisis de salinidad se realizó en el Laboratorio de Oceanografía Química de la Universidad de Concepción mediante un salinómetro de inducción BECKMAN RS7C utilizando agua de mar estándar. El cálculo de la densidad del agua de mar fue realizado utilizando la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 ([Millero y Poisson, 1981, UNESCO, 1981a](#)). Se calculó, además, la profundidad de la capa de mezcla ([PCM, Kara et al., 2000](#)) en cada una de las estaciones con perfiles oceanográficos.

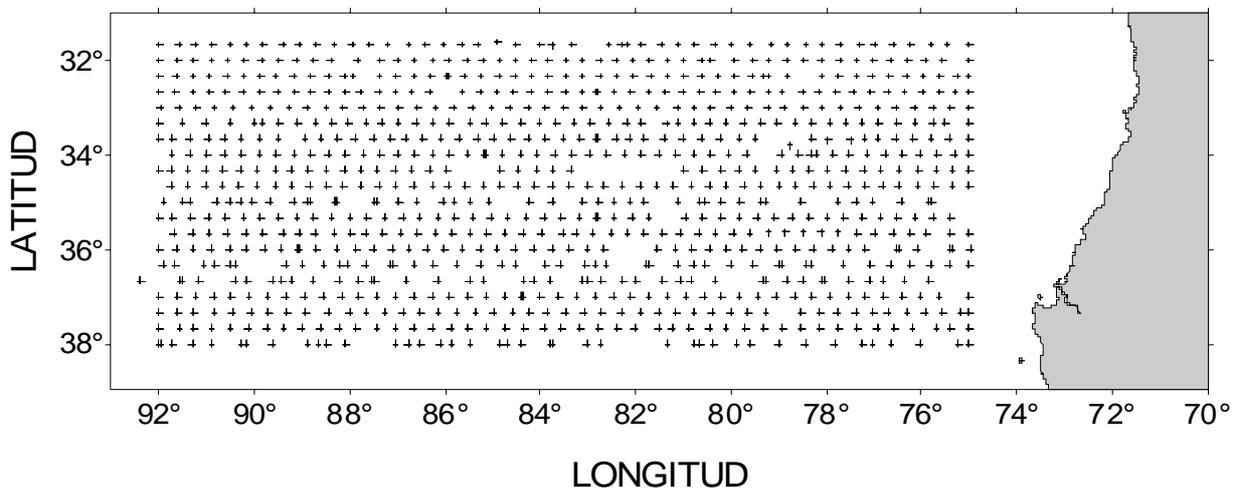


Figura 6. Distribución espacial de las estaciones de muestreo de temperatura superficial del mar durante el crucero de noviembre de 2004.

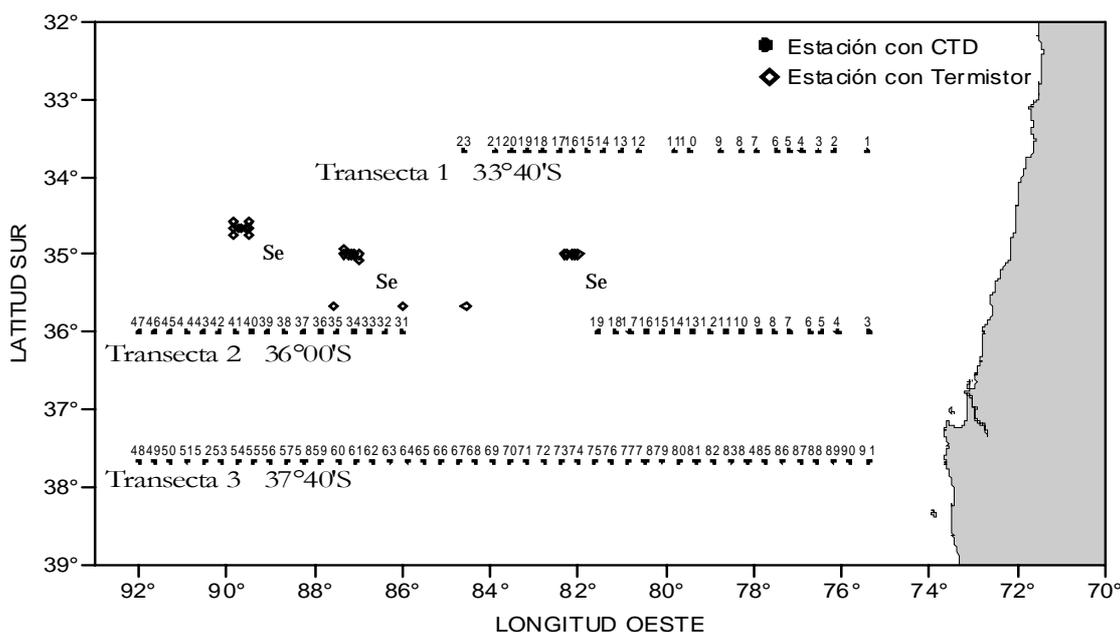


Figura 7. Transectos realizados durante el crucero de noviembre de 2003 y que contaron con información de CTD.

7.6 DISEÑO DE MUESTREO DE ADULTOS

El objetivo específico 3.2 requiere que, simultáneamente con el desarrollo del crucero de huevos, se determinen los parámetros relacionados con la dinámica reproductiva de la población adulta. Para este logro, se implementó un plan de muestreo que permitiera cumplir los requerimientos de cada parámetro reproductivo. En concordancia con la Oferta Técnica, se ha planteado analizar los indicadores reproductivos siguientes: a) Examen macroscópico de la condición reproductiva (EMMA y IGS); b) Peso promedio de hembras maduras; c) Proporción sexual; d) Análisis microscópico de la condición reproductiva; e) Fecundidad parcial y fecundidad media poblacional; y f) Fracción de hembras desovantes.

7.6.1 Plan crucero de adultos

Basados en la experiencia de cruceros anteriores (e.g. FIP 99-14, FIP 2000-10, FIP 2001-12 y FIP 2002-12), se tiene el conocimiento de que el jurel no conforma agregaciones de tipo comercial en alta mar, sino que se encuentra disperso y abierto, lo que dificulta en gran medida el éxito de pesca. La estrategia de pesca durante la prospección consistió en realizar al menos un lance de pesca diario, aprovechando cualquier avistamiento dentro del día. En caso de no existir

la posibilidad de realizar un lance exitoso durante la navegación, se realizó un lance al atardecer donde apoyados de la experiencia de los capitanes es posible la obtención de una muestra suficiente para los fines del proyecto. En caso de no poder ser realizado este lance, éste se efectuó en la mañana del día siguiente.

En consecuencia, se planeó desarrollar un total de cuatro lances de pesca en el track de ida y cuatro durante el regreso, con lo cual se logro un total de 75 lances de pesca, lo que representa 79 % del número total de lances propuestos al inicio del crucero asociado al total de 12 embarcaciones participantes.

a) Muestreo aleatorio

Con el objeto de optimizar el trabajo a bordo, en cada lance de pesca exitoso se realizó un muestreo aleatorio de ejemplares adultos de jurel de la captura. De éstos se obtuvo una muestra aleatoria de 300 ejemplares, a los cuales se les determinó el sexo. Los primeros 70 machos y 70 hembras fueron separados con el objeto de realizar un análisis biológico posterior (estómagos, peso total, peso eviscerado, estado de madurez sexual). A los 160 ejemplares restantes (machos y hembras) se les midió en su longitud horquilla y se registró la frecuencia al límite inferior de intervalos de 1 cm.

En el caso de las hembras, la frecuencia de individuos se registró por estado de madurez sexual (EMMA) de las gónadas según la escala macroscópica de madurez de cinco puntos (**Tabla 5**). En esta escala de madurez, un indicador de desove inminente lo constituye el EMS 4 que representa los ovarios hidratados. La hidratación de los ovocitos es un proceso que dura pocas horas, siendo una condición de los cardúmenes desovantes. A su vez, la mayor proporción de individuos en el EMS 3 indica una mayor actividad reproductiva poblacional.

Tabla 5. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de **Holden y Raitt, 1975**).

EMS	ESTADO	ASPECTO GENERAL
I	Inmaduro	Ovarios ocupan cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal, rosáceos, traslúcidos, ovocitos invisibles a simple vista.
II	Virgen madurando y en recuperación	Ovarios ocupan casi la mitad de la longitud la cavidad abdominal. Color rosado y ovocitos invisibles a simple vista.
III	Maduro	Los ovarios cubren cerca de 2/3 de la cavidad abdominal. Color rosado a amarillento. Aspecto granular, ovocitos visibles. Los ovocitos son grandes e indentificables a simple vista. Se observan vasos sanguíneos superficiales.
IV	Hidratado	Los ovarios ocupan toda la cavidad abdominal. Color naranja opaco a rosado, casi transparentes, con vasos sanguíneos superficiales poco visibles. Al presionar fluyen ovocitos hidratados, transparentes, del doble de tamaño que los ovocitos de una gónada madura.
V	En regeneración	Ovarios flácidos, distendidos, contraídos a la mitad de la cavidad abdominal. Las paredes son delgadas, flojas y lumen grande. Los ovarios pueden contener aún restos de ovocitos opacos, maduros y en desintegración, obscurecidos o traslúcidos. Este ovario pasa a la etapa II de esta escala.

El muestreo biológico específico de los 70 machos y 70 hembras consistió en registrar la longitud horquilla, el peso total y eviscerado (g), extracción de estómagos, y extracción de las gónadas a las primeras 50 hembras maduras. La longitud de estos 140 ejemplares se agregó a los datos de frecuencia de longitud, mientras que las gónadas de las 50 primeras hembras maduras fueron fijadas en formalina al 10 % neutralizada con Borax y etiquetadas con los datos de la hembra, barco, lance y número correlativo de la planilla de muestreo. Posteriormente esta muestra se guardó en una bolsa con cierre hermético (tipo ziploc).

b) Muestreo dirigido

Una vez finalizado el muestreo aleatorio, se realizó un muestreo dirigido para contar con un número suficiente de hembras hidratadas con la finalidad de utilizar estas muestras en la estimación de fecundidad parcial. Se destaca que la frecuencia de hembras hidratadas es una propiedad de los cardúmenes desovantes más que de los individuos, razón por la cual el número de hembras hidratadas en cardúmenes no desovantes puede ser muy bajo. Debido a que la fecundidad parcial se relacionará con el tamaño y peso corporal de las hembras, interesó cubrir un rango amplio de tallas y peso corporal. Se consideró como criterio buscar la mayor cantidad de hembras hidratadas en los primeros lances (60 ejemplares), y luego de contar con un número suficiente bajar a un tamaño mínimo de 30 hembras hidratadas, a las cuales se les midió la longitud horquilla y el peso eviscerado en formularios apartes. Las gónadas de estas hembras serán guardadas en formalina al 10 % con los datos de la hembra, barco, lance y número correlativo de la planilla. Estas muestras fueron rotuladas con el nombre hidratadas para diferenciarlas del muestreo aleatorio de las gónadas que serán utilizadas para la estimación de la fracción de hembras desovantes diarias.

7.6.2 Relaciones y variables biológicas

Relación Longitud-peso

Se utilizaron las mediciones de longitud horquilla (cm) y peso total (g) de los ejemplares muestreados para determinar la relación longitud-peso, cuya forma es la siguiente:

$$W = a \cdot L^b$$

donde L es la longitud horquilla (cm), W es el peso total (g), y los parámetros a y b serán estimados por medio de regresión no-lineal.

El peso promedio de las hembras maduras fue estimado a partir del tamaño fijo de la sub-muestra de 50 hembras maduras por lance. A partir del peso promedio de las hembras en cada lance, se estimó el peso promedio de hembras maduras por:

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

y la varianza por:

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

donde \bar{W} es el peso promedio de hembras maduras, \bar{W}_i es el peso promedio de hembras maduras en el lance i , m_i es el número de peces muestreados del lance i , y n es el número total de lances, $\bar{m} = \sum_{i=1}^n m_i / n$.

En el caso de las hembras hidratadas, debido a que su peso se encuentra momentáneamente incrementado por la retención de agua del ovario, en cada lance que se presentó este problema se ajustó una regresión lineal entre el peso total y el peso corporal (peso total descontado el peso del ovario), para lo cual se utilizaron hembras que no presentaban ovocitos hidratados.

$$PT = \alpha * PC$$

donde:

PT= Peso Total (g)

PC= Peso Corporal (g)

Para llevar a cabo esta corrección, se consideraron las hembras que se encontraban en el estadio microscópico III.

7.6.3 Proporción sexual y estados de madurez sexual macroscópicos

La sub-muestra aleatoria de 70 machos y 70 hembras por lance fue utilizada para estimar el peso promedio. Se define por y_i al número de peces de la muestra de frecuencia de tallas y \bar{R}_i a la fracción en peso de hembras maduras. Se destaca que tanto los peces maduros como inmaduros

son incluidos en la estimación debido a que es imposible distinguir entre machos maduros e inmaduros. Por lo tanto, se asume que la razón de sexos, en peso, es la misma para peces maduros e inmaduros. Para ahorrar esfuerzos de muestreo, \bar{R}_i es un valor estimado más que un valor medido directamente.

El peso promedio para cada sexo será estimado para cada lance a partir de la sub-muestra. El peso total, de cada sexo en la sub-muestra, se estimó multiplicando el número observado de machos y hembras en las muestras de frecuencia de la muestra aleatoria de 300 peces por el peso promedio de cada sexo en la sub-muestra:

$$\hat{W}_i^H = y_i^H \bar{W}_i^H$$

$$\hat{W}_i^M = y_i^M \bar{W}_i^M$$

donde \hat{W}_i^k (k= H, M) es el peso total estimado del sexo k en el lance i; y_i^k es el número de peces del sexo k de la muestra de frecuencia de tallas i; y \bar{W}_i^k es el peso promedio del sexo k estimado a partir de la sub-muestra de 70 peces en el lance i. Luego se estimó la suma del peso total de machos más hembras

$$\hat{y}_i = \hat{W}_i^F + \hat{W}_i^M$$

y \bar{R}_i se estimó utilizando el peso total estimado de hembras dividido por \hat{y}_i

$$\bar{R}_i = \frac{\hat{W}_i^F}{\hat{y}_i}$$

La proporción total de hembras en peso fue estimada por:

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

donde m_i es el número de hembras maduras en el lance i , y su varianza por:

$$V\hat{A}R(\bar{R}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n(n-1)}$$

donde \bar{R} es la proporción en peso promedio de hembras maduras, \bar{R}_i es la proporción en peso de hembras maduras en el lance i , m_i es el número de hembras maduras del lance i , y n es el número total de lances.

7.6.4 Examen macroscopico de la condición reproductiva

La condición reproductiva desde un punto de vista macroscópico considera la determinación y el análisis de los estados de madurez macroscópicos (EMMA) y las variaciones del índice gonadosomático (IGS).

7.6.5 Estados de madurez macroscopios (EMMA)

En las muestras de frecuencia de tallas, a cada ejemplar se le determinó el sexo a través de la observación directa de las gónadas y las hembras fueron clasificadas abordo de las embarcaciones en estados de madurez mediante criterios macroscópicos (tamaño, forma, color, etc.). En su determinación se utilizó la escala de madurez de cinco estados para reproductores parciales, los cuales correspondieron a: 1 inmaduro, 2 madurando, 3 maduro, 4 hidratado, y 5 en regeneración según la escala de 5 puntos (**Tabla 5**).

a) Índice gonadosomático

El índice gonadosomático (IGS) fue determinado a partir de las hembras del muestreo biológico de cada lance de pesca (muestreo aleatorio), utilizando la siguiente expresión:

$$IGS = \frac{G}{W - G} \times 100$$

donde G representa el peso del ovario y W es el peso total. La medición y el peso de los ejemplares se realizó a bordo de las embarcaciones, mediante ictiómetros y balanzas de contrapeso; en tanto que el peso de las gónadas de las hembras se efectuó con posterioridad en el laboratorio en balanzas digitales (0,01 g) a partir de muestras fijadas en formalina al 10%.

7.6.6 Análisis histológico de la condición reproductiva de jurel en alta mar

La condición reproductiva del jurel en aguas oceánicas se realizó también, a partir de estados de madurez microscópicos (EMMI). Las muestras de ovarios obtenidas a bordo, fueron inmediatamente fijadas en formalina al 10% tamponada, la que fue preparada según la metodología expuesta por **Hunter (1985), Oliva *et al.*, (1989), Rojas y Oliva (1993)**, consistente en 16,2 L de agua destilada, 117 g de fosfato de sodio dibásico (Na_2HPO_4), 72 g de fosfato de sodio monobásico ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), y 1,8 L solución de formaldehído (37 %).

Las gónadas de las hembras preservadas en formalina neutralizada fueron procesadas en el laboratorio de histología de la UCSC y el peso de cada par de ovarios se registró en una balanza con una precisión de 0,01 g.. Posteriormente, se hicieron cortes histológicos de 5 micrones de espesor los cuales fueron teñidos con hematoxilina y contrastados con eosina. La hematoxilina es el colorante más versátil y ampliamente usado en la técnica histológica. Se emplea para demostrar núcleo celular, se convierte en hamateína por oxidación. La hematoxilina-eosina colorante nuclear (aniónico) y colorante citoplasmático (catiónico).

Las condición reproductiva se determinó a través del análisis de la distribución de los estados de madurez de los ovarios, aplicando la escala microscópica específica basada en los criterios señalados por **Oliva *et al.* (1982) (Tabla 6)**. La clasificación de los estados de madurez sigue el criterio de una escala de cuatro estadios, y tratándose de una especie desovante parcial, el estado más avanzado en la gónada determina la clasificación de madurez de cada individuo (**Tabla 6**). En cada ovario se identificó la presencia o ausencia de las siguientes estructuras: ovocitos que no han comenzado la vitelogénesis; ovocitos que se encuentren en los primeros estados de la

vitelogénesis; ovocitos en vitelogénesis avanzada; ovocitos maduros (vitelogénesis completa); ovocitos hidratados, y folículos postovulatorios. También se determinó la presencia de atresia.

Tabla 6. Escala de madurez microscópica.

Estado	Actividad	Descripción
Estado I	Inactivos	Son aquellos ovarios que presentan sólo ovocitos que aún no han comenzado la vitelogénesis.
Estado II	Previtelogénesis	Son aquellos ovarios que pudiendo presentar la mayoría de los ovocitos sin iniciar la vitelogénesis, también se presentan ovocitos con las típicas vacuolas lipídicas precursoras del vitelo.
Estado III	Vitelogénesis	En las especies que son desovantes totales, se presenta una sola moda de ovocitos, y en este caso todos presentarían en su interior gránulos de vitelo. En los desovantes parciales, como es el caso del jurel, se presentan ovocitos en todos los estados, pero siendo la moda más avanzada aquella de ovocitos con vitelo y una capa coriónica notable y fácilmente distinguible.
Estado IV	Maduros	La moda más avanzada se presenta con el citoplasma completamente lleno de vitelo. Se puede diferenciar en este estado aquellos ovocitos que comienzan su hidratación o que se encuentren francamente hidratados. Se incluye también en este estado a aquellos ovarios que aunque no presentaren ovocitos llenos de vitelo si presentan folículos postovulatorios ya que son signo evidente de un desove ocurrido en las últimas 24 horas.

a) Fecundidad parcial

Para la determinación de la fecundidad parcial se aplicó el método gravimétrico descrito por **Hunter et al. (1985)**, el cual se basa en el conteo de los ovocitos hidratados en una porción del ovario como estimador de la fecundidad parcial. Todos los ovarios clasificados como hidratados del muestreo dirigido, así como los del muestreo aleatorio fueron sometidos a un examen histológico, descartando para estimar la fecundidad a aquellos con indicios de desove (presencia de FPO).

Para el conteo, el líquido superficial fue absorbido con papel filtro y luego se obtuvo una submuestra de la mitad más grande del ovario, tomando dos segmentos del tejido: uno del centro y otro de la parte media entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario. En cada una de las dos submuestras de 0,19 a 0,20 g se contabilizaron los huevos bajo microscopio estereoscópico. El promedio del número de ovocitos hidratados de las dos submuestras (**Hunter et al., 1985**) fue utilizado para estimar el número total de ovocitos hidratados del ovario mediante la siguiente expresión:

$$\bar{F}_i = \bar{n} W_i$$

donde \bar{F}_i es la fecundidad parcial (número total de ovocitos hidratados en el ovario), W_i es el peso húmedo del ovario (g), y \bar{n} es el número promedio de ovocitos hidratados por gramo de submuestra.

b) Fecundidad parcial por hembra madura y fecundidad media poblacional

La fecundidad parcial se determinó utilizando las hembras colectadas en el área de muestreo. La relación entre la fecundidad parcial (número de ovocitos hidratados) y el peso del cuerpo de las hembras (peso eviscerado), y la longitud horquilla, y el peso corporal, y el peso total se obtuvo mediante técnicas de regresión. La fecundidad media poblacional y su varianza se estimó siguiendo la metodología descrita por **Hunter et al. (1985)**:

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

donde \bar{F} es la fecundidad media poblacional, m_i es el número de hembras en el lance i , \bar{F}_i es el promedio de la fecundidad parcial en el lance i .

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

$$Var(\bar{F}) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{(\bar{F}_i - \bar{F})^2}{n-1} + \frac{s_h^2}{n_h} + (w_i^* - w_h^*)s_\beta^2 \right]}{\left(\sum_{i=1}^n (m_i / n) \right)^2 n}$$

donde \bar{F} es el estimado de la fecundidad media poblacional, \bar{F}_i es el promedio de la fecundidad para el lance i , s_h^2 es la varianza de la regresión, n_h es el número de hembras hidratadas utilizadas para ajustar la regresión, \bar{W}_i^* es el peso corporal promedio para el lance i , \bar{W}_h^* es el peso corporal promedio de hembras utilizadas en la regresión, $s^2(\beta)$ es la varianza de la pendiente de la regresión, y n es el número de lances.

c) Caracterización de los folículos postovulatorios de jurel

La caracterización de los folículos postovulatorios (FPO) se realizó sobre la base del 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 FPO no se

fragmenta y se mantiene íntegro en el ovario, sin embargo, éste se deteriora rápidamente y es reabsorbido.

Para usar los FPO en la estimación de la frecuencia de desove es necesario dividir el proceso de deterioración y reabsorción del folículo en series de diferentes estadios histológicos, cada uno con una edad asignada. Los criterios para clasificar por edad a los FPO se basan en la hora de colecta, hora de desove y en los diferentes estadios de degeneración por los que ellos atraviesan, la definición de éstos se llevó a cabo sobre la base de criterios discretos de las características citológicas y morfohistológicas del folículo (tamaño, forma aparente, aspectos de las células de la granulosa y del lumen).

En la clasificación por edades de los FPO se utilizaron los criterios citológicos y morfohistológicos propuestos por **Hunter y Goldberg (1980)** para *Engraulis mordax* y por **Macewicz y Hunter (1993)** para *Trachurus symmetricus*, asumiendo que dichos criterios y cambios estructurales son similares a los que experimentan los FPO de jurel (**Tabla 7**).

Tabla 7. Clases de foliculos postovulatorios con sus respectivas características

<p>FPO nuevos de día 0 (< 24 h)</p>	<p>Folículos postovulatorios nuevos que no muestran signos de degeneración. Estructura de forma irregular formada por una columna epitelial bien organizada con numerosas involuciones. Adyacente a las células foliculares se ubica la lámina de células tecales conectivas que pueden verse como una capa prominente. El lumen es amplio e irregular.</p>
<p>FPO de día 1 (24 h < FPO 48 h)</p>	<p>Folículos postovulatorios en regresión, mostrando signos de degeneración. Son más pequeños que los folículos postovulatorios nuevos, por contracción sobre sí mismo. Presencia de células foliculares con citoplasma vacuolado y núcleo picnótico, cuyas paredes no son claramente distinguibles. La disposición lineal de las células se mantiene. La lámina tecal se destaca claramente. El lumen es estrecho e irregular.</p>
<p>FPO de día 2 (> 48 h)</p>	<p>Folículos postovulatorios con marcada degeneración celular. De menor tamaño que el folículo postovulatorio de día 1. Epitelio folicular desorganizado, que pierde la disposición lineal de sus células, las cuales se presentan en avanzado estado degenerativo, de forma irregular, con citoplasma vacuolado y núcleo picnótico. Lámina tecal desarrollada. El lumen está ocluido.</p>

d) Frecuencia de hembras maduras desovantes por día

La fracción diaria de hembras desovantes se determinó a partir de las ecuaciones de **Santander *et al.* (1984)**. Cuando el muestreo de hembras hidratadas o de hembras con FPO de día 1 ó de día 2 no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes en el lance *i* puede ser estimado por:

$$S_i = \frac{m_{h,i}}{m_i} \text{ o } \frac{m_{1,i}}{m_i} \text{ o } \frac{m_{2,i}}{m_i}$$

donde:

$$m_i = m_{h,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}$$

y cada uno de los términos corresponden a:

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

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

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

m_{ai} = Número de hembras que no han desovado entre las 9 y 56 horas (incluidas las hembras con FPO con una edad menor de 9 horas, FPO nuevos)

m_i = Número de hembras maduras en el lance *i*.

S_i = Fracción desovante en el lance *i*.

Debido a que los lances de pesca que se realizan con red de cerco pueden sesgar el número de hembras hidratadas (**Alheit, 1985**), es necesario realizar una corrección. El número de hembras hidratadas (m_{hi}), se asume puede ser representada por:

$$m_{h,i} = \frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2}$$

de tal forma que la fracción de hembras desovantes de día 1 es:

$$S_{1,i} = \frac{m_{1,i}}{\frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}} = \frac{m_{1,i}}{m_{y,i}}$$

y la fracción desovante de hembras de día 2 es:

$$S_{2,i} = \frac{m_{2,i}}{\frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}} = \frac{m_{2,i}}{m_{y,i}}$$

donde S_i es la fracción corregida de hembras con FPO de día 1 ó de día 2, en el lance i . El número de hembras que no ha desovado se estima por: $m_{a,i} = m_i - m_{0,i} - m_{1,i} - m_{2,i} - m_{h,i}$ (se recuerda que $m_{a,i}$ incluye las hembras con FPO nuevos menores a 9 hrs, $m_{0,i}$), mientras que el número corregido de hembras maduras para el lance i viene dado por la siguiente expresión:

$$m_{y,i} = \frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}$$

Finalmente, la estimación de la fracción de hembras desovantes diarias se ha efectuado considerando sólo las fracciones de los FPO de día 1 y 2 para el lance i se realizó promediando las ecuaciones (43) y (44), mediante la siguiente expresión:

$$\bar{S}_i = \frac{S_{1,i} + S_{2,i}}{2} = \frac{\sum (m_{1,i} + m_{2,i})}{2 \sum \left[\frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i} \right]} = \frac{\sum (m_{1,i} + m_{2,i})}{2 \sum m_{y,i}}$$

La fracción de hembras desovantes promedio se estimó según:

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

con varianza igual a:

$$Var(\bar{S}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum \left(\frac{m_{y,i}}{\bar{m}} \right)^2 (\bar{S}_i - \bar{S})^2$$

donde: \bar{S} es la fracción promedio de hembras desovantes por día en todos los lances, m_{yi} es el número corregido de hembras maduras en el lance i , \bar{m} es el número promedio corregido de hembras maduras, i.e.

$$\bar{m} = \sum \frac{m_{y,i}}{n}$$

7.7 ALIMENTACION

7.7.1 Obtención de las muestras

Las muestras fueron obtenidas de lances de pesca realizados, a bordo de 12 naves industriales, distribuidos sistemáticamente en toda el área de estudio, durante el crucero realizado en noviembre del año 2004. Se realizaron un total de 75 lances de pesca de los cuales 49 presentaron capturas y se consideraron en el análisis trófico. En cada lance de pesca se separaron aleatoriamente un promedio de 100 ejemplares, representados en igual proporción (machos y hembras). A cada ejemplar se le determino su condición sexual, longitud de horquilla (LH) y el peso total.

Los estómagos extraídos de estos individuos, fueron debidamente etiquetados y almacenados en cámaras de congelación a bordo de cada embarcación a una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, para su posterior análisis en laboratorio.

El numero total de estómagos obtenido y la información relativa a cada lance de pesca se presenta en la **Tabla 8**

Tabla 8. Bitácora de pesca indicando nombre de la embarcación, número de lance, hora, latitud y longitud horquilla (LH), número de estómagos totales y número de estómagos con contenido.

Fecha	Barco	Lance	Hora	Latitud	Longitud	Moda (cm)	LH (cm) prom	Muestra (número)	(%) estómagos c/contenido
24-11-2004	Toltén I	1	11:20	33°42'	89°10'	26	26,6	100	41,0
25-11-2004	Matias I	2	14:18	35°40'	89°11'	24	30,0	66	53,0
26-11-2004	Matias I	3	13:20	35°40'	84°34'	41	40,7	62	64,5
27-11-2004	Matias I	4	10:45	36°39'	81°49'	29	30,4	101	37,6
28-11-2004	Matias I	6	11:20	36°05'	77°22'	32	33,1	48	70,8
21-11-2004	Malleco	1	15:49	35°20'	81°09'	29	31,9	48	41,7
23-11-2004	Malleco	2	10:17	35°20'	89°33'	30	29,0	119	62,2
24-11-2004	Malleco	3	10:41	37°00'	91°13'	30	32,5	74	87,8
25-11-2004	Malleco	4	11:30	37°00'	85°45'	30	33,1	19	73,7
26-11-2004	Malleco	5	8:13	37°00'	81°14'	30	28,7	99	1,0
22-11-2004	Libas	1	8:40	35°07'	80°30'	25	29,2	60	36,7
23-11-2004	Libas	2	18:18	34°19'	85°02'	28	29,3	59	32,2
24-11-2004	Libas	3	17:00	34°13'	87°38'	24	28,6	114	26,3
25-11-2004	Libas	4	16:43	34°18'	88°59'	28	28,6	30	33,3
26-11-2004	Libas	5	10:20	34°39'	87°16'	26	29,9	25	12,0
26-11-2004	Libas	6	16:20	34°14'	87°24'	25	29,3	75	17,3
27-11-2004	Libas	7	11:15	35°57'	88°40'	29	31,5	66	37,9
20-11-2004	Querelema	1	20:08	35°01'	76°40'	43	43,5	100	70,0
23-11-2004	Querelema	3	9:35	35°00'	89°31'	26	27,5	85	82,4
23-11-2004	Querelema	4	21:32	35°01'	91°51'	30	29,4	85	31,8
24-11-2004	Querelema	5	20:12	36°40'	89°09'	30	30,9	69	21,7
25-11-2004	Querelema	6	20:04	36°40'	84°02'	27	29,8	72	58,3
21-11-2004	Francisco	1	10.3	36°20'	80°21'	29	32,8	6	100,0
23-11-2004	Francisco	2	15:15	36°20'	91°30'	30	31,4	99	56,6
24-11-2004	Francisco	3	15:00	38°00'	89°17'	32	34,3	73	95,9
25-11-2004	Francisco	4	15	38°00'	83°52'	44	38,6	13	76,9
26-11-2004	Francisco	5	23.03	38°01'	77°06'	31	32,2	98	79,6
23-11-2004	Yagan	2	10:11	34°00'	85°33'	29	31,1	100	25,0
27-11-2004	Yagan	6	21:56	32°20'	79°11'	43	44,5	121	83,5
28-11-2004	Yagan	8	13:32	32°20'	76°40'	41	43,8	120	76,7
21-11-2004	Don Tito	1	19:10	34°21'	75°41'	43	44,0	120	86,7
23-11-2004	Don Tito	3	19:17	34°20'	84°56'	27	32,6	100	17,0
24-11-2004	Don Tito	4	20:00	34°20'	89°35'	27	30,5	100	30,0
20-11-2004	Mack	1	20:25	34°40'	75°50'	45	45,5	117	86,3
21-11-2004	Mack	2	20:48	34°40'	79°53'	29	32,2	88	59,1
23-11-2004	Mack	3	11:43	34°39'	86°24'	27	27,4	112	65,2
24-11-2004	Mack	4	14:37	34°40'	91°07'	28	29,0	32	65,6
21-11-2004	Ranquilhue	1	10:20	35°39'	79°15'	31	31,4	101	92,1
23-11-2004	Ranquilhue	2	14:40	35°40'	89°11'	24	28,2	100	33,0
24-11-2004	Ranquilhue	3	3:50	35°40'	91°42'	29	29,3	100	93,0
25-11-2004	Ranquilhue	4	3:13	37°20'	89°04'	32	29,6	100	86,0
26-11-2004	Ranquilhue	5	1:08	37°20'	84°34'	29	28,1	100	97,0
27-11-2004	Ranquilhue	6	3:10	37°20'	78°53'	30	28,3	100	96,0
20-11-2004	Gardar	1	21:05	35°59'	76°39'	47	44,3	7	57,1

Continuación Tabla 8

21-11-2004	Gardar	2	20:33	36°01'	80°34'	30	31,9	100	80,0
23-11-2004	Gardar	3	20:37	36°00'	89°10'	29	30,6	102	27,5
25-11-2004	Gardar	4	20:35	37°39'	87°37'	29	29,1	100	34,0
26-11-2004	Gardar	5	21:45	37°40'	83°09'	28	27,7	80	90,0
27-11-2004	Gardar	6	21:30	37°39'	78°55'	35	36,3	87	94,3
		49				29	32,4	3952	59,3

7.7.2 Análisis de la información

El análisis e identificación del contenido estomacal de la especie objetivo se realizó considerando el nivel taxonómico mas bajo posible, dependiendo del grado de digestión de los recursos alimentarios, utilizando para ello un estereoscopio marca Zeis de amplificación 10x. El bolo alimenticio fue analizado utilizando los métodos gravimétricos, numérico y de frecuencia de ocurrencia. (Hynes, 1950).

El análisis e identificación de los recursos alimentarios, se realizó por conglomerados clasificados arbitrariamente en seis grupos de tamaño que representan la totalidad de los ejemplares capturados (Tabla 9).

Tabla 9. Grupos de tamaño para el análisis de contenido estomacal.

Grupo	Longitud Horquilla (cm)	
	Desde	Hasta
I	<25	25
II	26	30
III	31	35
IV	36	40
V	41	45
VI	46	>46

-Índice de Importancia Relativa

La importancia de cada item presa fue determinada mediante el Índice de Importancia Relativa (**Pinkas et al., 1971**, modificado, *vide* **Hyslop. 1980**), donde relaciona el número (N), la frecuencia de ocurrencia (F) y el peso (P) del item presa i , todos expresados en porcentaje, según la siguiente expresión:

$$IIR_i = \log[(N_i \% + P_i \%)* F_i \% + 1]$$

-Similitud Trófica

La similitud trófica en los estómagos fue determinada mediante el cálculo de similitud de Czekanowski, o Bray-Curtis, también conocido como índice de similitud porcentual (**Bloom, 1981**). El análisis de similitud trófica consideró componentes entre grupos de tamaños y resultados de cruceros anteriores.

$$IST = \frac{2 \sum_{i=1}^n \min(x_{ij}, x_{ik})}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} + x_{ik})}$$

donde: mín es el peso menor entre x_{ij} y x_{ik} ; x_{ij} denota la presencia del i -ésimo taxón presa en la j -ésima clase de tamaño del predador, x_{ik} denota la presencia del mismo taxón presa en la k -ésima clase de talla del predador y n es el número total de taxa presas. Según **Bloom (1981)** este índice es el que mejor refleja la similitud entre grupos, sin sobrestimar ni subestimar la sobre posición, por lo que se considera más ventajoso en este tipo de estudios.

En los análisis sólo se consideraron las presas que aportaron con más del 1% en peso del contenido estomacal total. Para la construcción de los dendrogramas se utilizó el criterio de enlace de pares no ponderados, utilizando promedios aritméticos (**Sneath y Sokal, 1973**). La significancia de agrupamiento se determinó mediante la metodología desarrollada por **Arancibia**

(1988), que consiste en obtener el promedio de las similitudes entre pares de variables para la matriz de similitud.

7.8 CARACTERIZACION DE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL

El crucero de investigación contempló una prospección acústica, pesca de identificación, caracterización ambiental (temperatura), estaciones de plancton verticales estratificada y muestreo de tallas de jurel. El estudio se desarrolló entre el 19 y el 29 de noviembre del 2004.

7.8.1 Ecoprospección

La zona de estudio se extendió en sentido latitudinal desde los 31° 40' LS (norte de Los Vilos) hasta los 38° 40' LS (sur de Pto. Lebu), en sentido longitudinal desde los 75° W hasta los 92° W (835 mn promedio) (**Figura 8**). La superficie muestreada en el estudio fue de aproximadamente 317.300 mn².

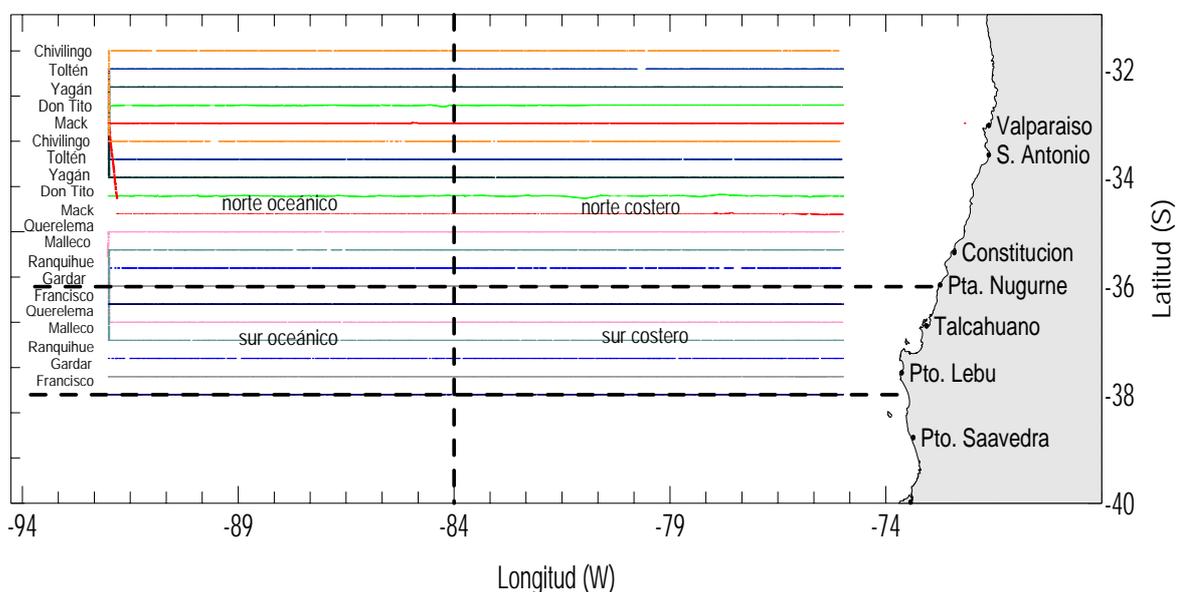


Figura 8. Distribución de transectos en la zona de estudio, Nov. 2004.

La zona fue explorada por 10 embarcaciones de empresas pesqueras que habitualmente operan en la pesquería del jurel centro-sur (**Tabla 10**). La ecoprospección consideró la

realización de 20 transectos perpendiculares a la costa y paralelos entre sí, con una separación de 20 mn entre transecto. Cada embarcación ejecutó dos transectos a una velocidad de 12 nudos, recorriendo una distancia aproximada de 16.705 millas lineales (**Figura 8**).

Tabla 10. Embarcaciones, armador y transecta realizada en la zona de estudio 2004.

EMBARCACION	ARMADOR	TRANSECTAS
CHIVILINGO	PESQUERA FISHERIES S.A.	1 y 6
TOLTEN	PESQUERA ITATA S.A.	2 y 7
YAGAN	CIA. PESQUERA CAMANCHACA S.A	3 y 8
DON TITO	PESQUERA LANDES S.A.	4 y 9
MACK	PESQUERA EL GOLFO S.A.	5 y 10
QUERELEMA	ALIMAR S.A.	11 y 16
MALLECO	SOUTH PACIFIC KORP S.A	12 y 17
RANQUILHUE	PESQUERA SOPESA ALIMAR S.A.	13 y 18
GARDAR	PESQUERA BIO-BIO S.A.	14 y 19
FRANCISCO	PESQUERA BAHIA CORONEL S.A.	15 y 20

La ecoprospección se efectuó con los equipos acústicos (ecosonda y sonar) de las embarcaciones, se registró la información del ecosonda, la observación de este equipo fue continua la que para efecto de análisis se discretizó en unidades básicas de muestreo (ubm) de 6 minutos. Se aplicó el diseño de prospección propuesto por **Barbieri *et al.*, (1998)**, que considera los procedimientos de diseño del crucero y análisis propuesto por el ICES (**Simmonds *et al.*, 1991; MacLennan y Simmonds, 1992**).

7.8.2 Ecosonda

Para cada registro ecotrazo se determinó su posición (latitud y longitud) y su profundidad, los que se clasificaron en:

- i) Los tipos: cardumen, estrato, disperso e individual (**Figura 9**) y
- ii) Las categorías de abundancia, que a su vez se dividieron en:
 - Sin presencia de jurel
 - mala: cuando los niveles de captura esperada (nce) eran inferiores a 20 toneladas.
 - regular: cuando los nce eran de 21 a 200 t y
 - buena: cuando los nce eran superiores a 200 toneladas.

TIPOS DE ECOTRAZOS DE JUREL

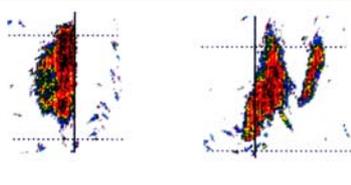
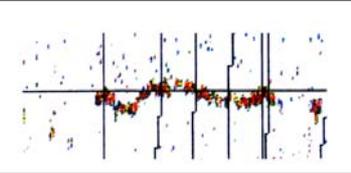
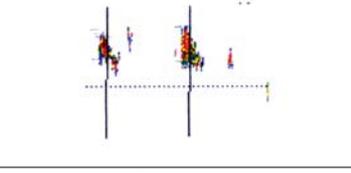
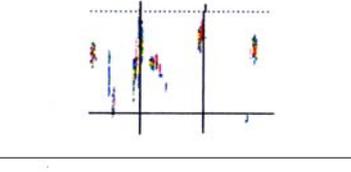
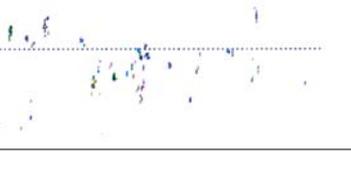
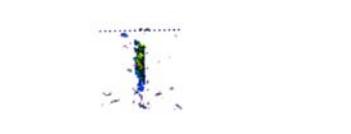
1) Cardumen	
2) Estrato denso	
3) Estrato medio	
4) Estrato disperso	
5) Disperso	
6) Individual	

Figura 9. Tipos de Ecotrazos de jurel.

7.8.3 Sonar

Con el sonar que operó simultáneamente con el ecosonda, se reportaron los contactos clasificados en los niveles de abundancia (buena, regular y mala). Los sonares fueron operados bajo los siguientes criterios: ángulo de barrido 360°, rango de búsqueda 1.500 m, ángulo de incidencia 3° (tilt), ganancia (TVG) intermedia.

7.8.4 Distribución espacial de las agregaciones de jurel

La cartografía de la distribución del jurel, en la zona prospectada, se efectuó realizando un vaciamiento gráfico de la información por categoría de abundancia (alta, media y baja) georeferenciada.

A modo de facilitar el análisis de los resultados la zona de estudio se dividió en cuatro macrozonas (**Tabla 11**).

Tabla 11. Zona de estudio y asignación de macrozonas.

Macrozonas	Longitudinal	Latitudinal
norte – costero	75° 00' LW – 84° 00' LW	31° 40' LS – 36° 00' LS
norte – oceánico	84° 00' LW – 92° 00' LW	31° 40' LS – 36° 01' LS
sur- costero	75° 00' LW – 84° 00' LW	36° 01' LS – 38° 00' LS
sur – oceánico	84° 00' LW – 92° 00' LW	36° 01' LS – 38° 00' LS

7.8.5 Índice de cobertura (IC) en el área de estudio

A partir de la información obtenida con el ecosonda y sonar en la ecoprospección del área de estudio, se determinó el índice de cobertura, el IC que expresa la cantidad de ubm positivas presente en una unidad de distancia recorrida:

$$IC(\%) = \frac{\sum_{n=1}^{N_i} UBM^+}{\sum_{n=1}^N UBM} \times 100$$

donde:

UBM(+) = número de unidades básicas de muestreo con recurso jurel

UBM = número de unidades básicas de muestreos en el área

El índice de cobertura (IC) es empleado como un indicador del uso del espacio por parte del jurel (Córdova *et al.*, 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; Barbieri *et al.*, 1998), y ha sido utilizado en las ecoprospecciones efectuadas por las embarcaciones industriales y se trabaja con los equipos acústicos recopilando información de tipo cuantitativa discreta categorizada.

A partir de la información obtenida con el sonar y ecosonda se estimó el índice de presencia de los ecotrazos.

b) Índice de presencia de ecotrazos (IPE)

Este índice (IPE) corresponde al número de agregaciones presentes por milla náutica lineal. En cada transecta se determinó la posición de los ecotrazos y cada transecta se discretizó con un paso de retardo de una milla náutica. Los ecotrazos se agruparon en clusters considerando el número de cardúmenes observados por unidad de distancia (1 mn).

De acuerdo a la cantidad de cardúmenes presentes por milla náutica recorrida, se clasificó la información en cluster de cardumen simple (CS) cuando se registraron menos de 1,5 cardúmenes por milla náutica y clusters complejos (CC) cuando el número de ecotrazos fue mayor. La estimación del número promedio de cardúmenes por clusters fue de acuerdo a lo propuesto por Soria *et al.* (1998), además se determinó la distancia promedio de agregaciones por transecto.

7.8.6 Morfología de las agregaciones y distribución batimétrica

a) Altura y profundidad de las agregaciones

La altura de las agregaciones se estimó a partir de la posición batimétrica de los ecotrazos en la columna de agua:

$$A = Prof_{inf} - Prof_{sup}$$

La altura promedio por tipo (j) de ecotrazo (et) estaba dada por:

$$A_{prom_j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} A_{ji}}{\sum_{i=1}^{n_i} et_{ji}}$$

La profundidad de los ecotrazos se determinó de la lectura de los ecogramas y su profundidad promedio estaba dada por:

$$A = ((Prof_{inf} + Prof_{sup}) / 2) + 5$$

donde:

Prof_{sup} = profundidad superior del ecotrazo en m.

Prof_{inf} = profundidad inferior del ecotrazo en m.

b) Distribución batimétrica de las agregaciones

La distribución batimétrica y temporal del jurel se describe para los tipos de agregaciones (cardúmenes, estratos, disperso e individual) y las clases de agregaciones (buena, regular y mala) considerando la posición batimétrica y los índice de cobertura de los tipos de ecotrazos en un ciclo de 24 horas. Este se separó en cuatro periodos: el orto (5:48 a 7:48), día (7:48 a 19:57),

crepúsculo (19:57 a 21:59) y noche (21:59 a 5:48), para realizar la subdivisión se tomó la latitud media y la fecha media de las prospección, se empleó la tabla solunar publicada por (www.basslucio.com). Para comparar los IC durante el ciclo nictemeral se estandariza a 24 horas, lo que permite hacer comparable los diferentes periodos.

7.8.7 Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel

Se comparan seis cruceros que se realizaron a fines de primavera, cinco entre los años 1997 y 2003. Estos tienen diferentes diseños en la prospección (tipo de transectos, distancia entre transecta) que se muestran a continuación (**Tabla 12**).

Tabla 12. Diseño prospecciones alta mar, 1997 al 2003.

Crucero	Latitud (sur)	Longitud (Oeste)	Area Total (mn ²)	millas nauticas lineales	Número de barcos	Tipo de muestreo	Distancia entre transectas
Nov.1997	36°00'-40°00'	74°54'-84°07'	108.078	4.299	4	zigzag	30 mn
Dic. 1998	33°00'-39°00'	75°00'-86°00'	231.34	4.947	5	zigzag	75 mn
Dic.1999	35°06'-38°24'	74°00'-86°00'	114.917	6.401	6	lineal	18 mn
Nov.2000	32°06'-37°48'	75°00'-92°00'	306.327	16.134	10	lineal	18 mn
Nov.2001	32°05'-37°50'	75°00'-92°00'	288.406	14.504	9	lineal	18mn
Nov.2003	33°00'-38°	75°00'-92°00'	253.995	12.714	10	lineal	18 mn

Para cada estrato se determina la superficie en mn², estimándose en ellas: índice de cobertura (IC) por tipos de ecotrazos (cardumen, estrato, disperso e individual) y por niveles de abundancia de los ecotrazos (mala, regular y buena), la profundidad y altura de los ecotrazos como el índice de presencia de ecotrazos.

Para poder parangonar la distribución y la morfología de los ecotrazos, se generan estratos considerando la densidad de la distribución de los huevos de jurel: i) estrato sin o baja presencia de huevos <1 ind/10m², ii) estrato regular presencia de huevos: 1 – 499 ind/10m² y iii) estrato alta presencia de huevos: ≥500 ind/10m². Por cada estrato (por crucero) se estima el IC por tipos de ecotrazos (cardumen, estrato, disperso e individual) por niveles de abundancia de los ecotrazos (mala, regular y buena), profundidad y altura de los ecotrazos e IPE. Los diferentes diseños se presentan a continuación:

- Índice sintético del área de presencia de huevos

Como un índice sintético del área de presencia de huevos se estimará el índice de áreas (IA):

$$IA = \frac{SAH}{ST}$$

donde:

SAH superficie en mn² del área ocupada por estratos de alta densidad de huevos

ST superficie en mn² del área de distribución de jurel.

- Índice de agregación

Se estima el grado de agregación del jurel y los huevos, mediante la determinación del índice de Gini a partir de la aplicación de la curva de Lorenz. Esta se construye representando en el eje-x el porcentaje acumulado del área, mientras que el eje-y el porcentaje acumulado de los niveles de abundancia del jurel o de los huevos. Si los organismos están homogéneamente distribuidos, la curva de Lorenz correspondería a la función identidad, pero si están concentrados la curva tiende hacia abajo y hacia la derecha. El Índice de Gini o índice de concentración, se estima como dos veces el área comprendida entre la función identidad y la curva de Lorenz (**Myers y Cadigan, 1995**).

8 RESULTADOS

OBJETIVO 1. ESTIMAR INDICES DE ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE JUREL EN LA ZONA DE ESTUDIO

8.1 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

8.1.1 Datos de terreno (termómetros digitales)

En cada una de las estaciones de muestreo consideradas para la evaluación de huevos de jurel, se registró la temperatura superficial del mar mediante termómetros digitales. Los datos de terreno, ajustados geoestadísticamente de acuerdo al modelo de variograma, revelaron un rango térmico entre los 14° y los 19°C. Trabajos recientes han revelado la relación entre la distribución espacial de huevos de jurel y la TSM sobre un rango térmico entre 15,0 y 18,5°C, y el acoplamiento espacial entre altas concentraciones de huevos jurel y TSM comparativamente más altas (16,5-18,0 °C) en el área de desove de Chile central (Núñez *et al.*, 2004; Cubillos *et al.*, 2004).

La distribución horizontal de la TSM (Figura 10) evidenció un muy leve gradiente noroeste-sureste, con la presencia de aguas más cálidas (> 16°C) hacia el norte de los 36°S y aguas comparativamente más frías (< 14°C) en el límite austral del área prospectada. Gran parte del área de estudio estuvo dominada por las isothermas entre 15 y 17°C. Aguas con temperaturas superiores a los 17 °C estuvieron restringidas al extremo norte del área de estudio (al norte de los 34°S).

El análisis geo-estadístico realizado sobre la información de TSM obtenida mediante termómetros digitales, entregó como resultado un semivariograma ajustado a un modelo esférico (nugget=0,001; sill= 1,148; rango= 668 y $r^2= 0.895$) como se indica en la Figura 11 La validación cruzada para el modelo geo-estadístico ajustado, que relaciona los valores de TSM medidos en terreno con los valores de TSM estimados por la interpolación, entregó un coeficiente de determinación de 0,82 (Figura 11).

8.1.2 Información satelital

Durante el periodo de estudio hubo alta presencia de nubes lo que dificultó la obtención de imágenes satelitales (AVHRR) de buena calidad. No obstante, se obtuvieron cuatro imágenes representativas del periodo inicial de estudio (días 19, 20, 21 y 22 de noviembre) y una para la etapa final del crucero (día 27 de noviembre).

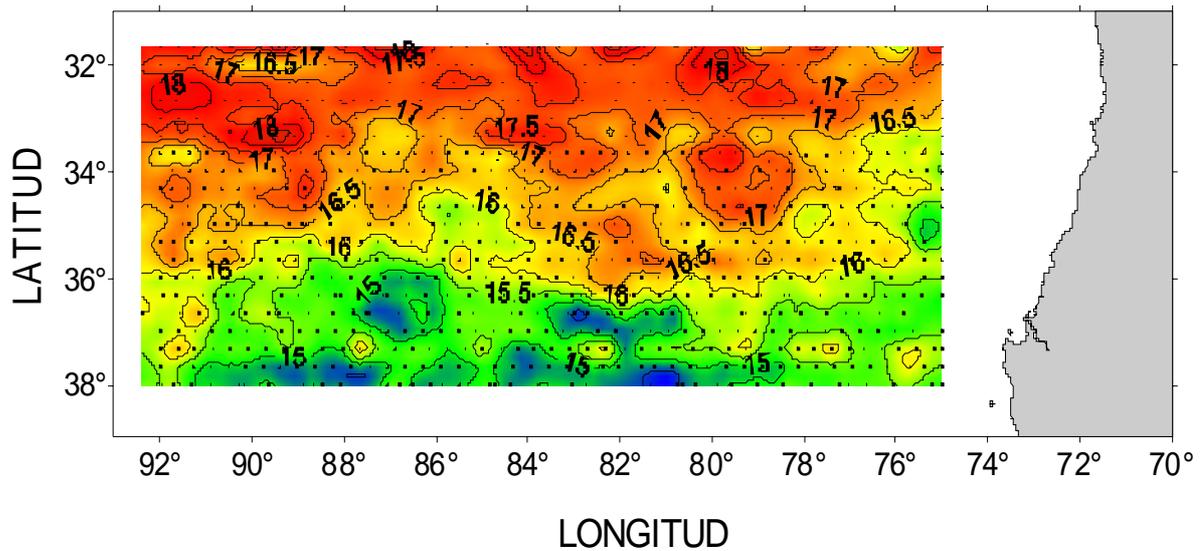


Figura 10. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio a partir de datos de terreno ajustados de acuerdo el modelo de variograma obtenido.

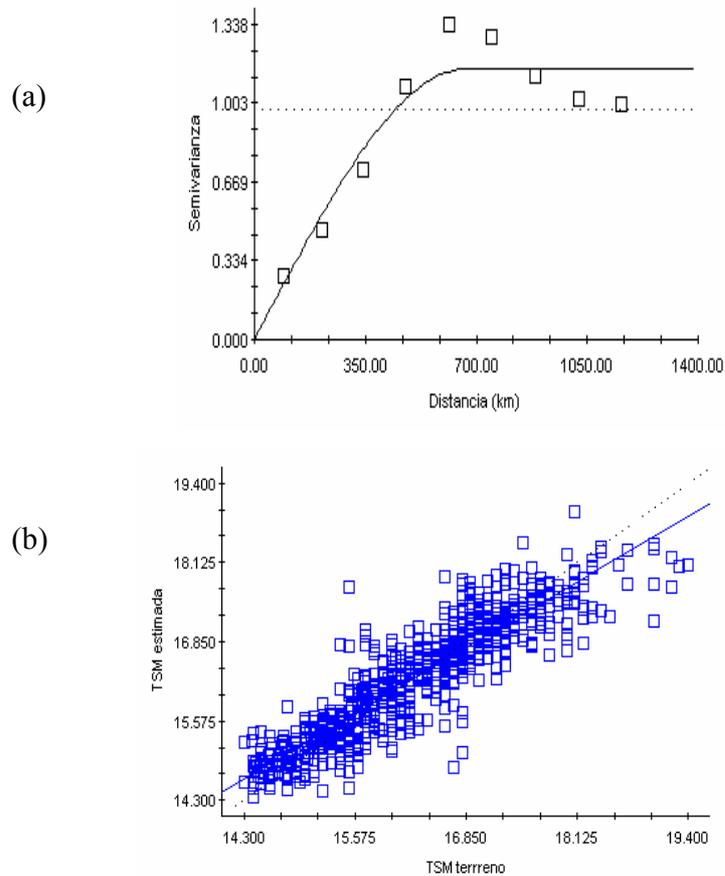


Figura 11. (a) Semivariograma obtenido para los valores de TSM obtenidos en terreno (modelo esférico; nugget=0,001; sill= 1,148; rango= 668 y $r^2= 0.895$). (b) Validación cruzada para los valores de TSM obtenidos en terreno versus la TSM estimada a partir del modelo de variograma ajustado. Noviembre del 2004.

En el inicio del crucero se observó la presencia de aguas cálidas ($> 19^{\circ}\text{C}$) en la zona noreste del área de estudio, como lo indican las imágenes obtenidas para los días 19, 20 y 21 de noviembre de 2004 y que incrementaron su presencia a medida que se desarrollaba el crucero (**Figura 12a, 12b y 12c**). Sin embargo, durante el día 22 de noviembre (**Figura 12d**), no se registró en el área de estudio la presencia de aguas con temperaturas superiores a 17°C , predominando la presencia de aguas con temperaturas que fluctuaron entre los 14 y los 16°C . Estas condiciones se mantuvieron hacia el periodo final del crucero, con temperaturas que no superaron los 17°C , en la mayor parte del área de estudio (**Figura 12e**).

Se graficó también la información semanal de la TSM proveniente de programa IGOSS, para el mes de noviembre de 2004. Entre los días 7 y 13 de noviembre de 2004, el área de estudio

estuvo caracterizada por el dominio de las isotermas de 13, 14, 15 y 16°C, evidenciando gradientes meridionales importantes y escasa variación zonal (**Figura 13**).

Durante la semana del 14 al 20 de noviembre, que correspondió a la semana en la cual se inició el crucero de investigación, se observó un leve desplazamiento de estas isotermas hacia el sector sur, desplazamiento que continuó registrándose durante la semana del 21 al 27 de noviembre donde fue evidente la presencia de aguas comparativamente más cálidas (>17°C), especialmente en el sector norte del área de estudio. Esta situación (**Figura 13**) se mantuvo hacia el término del mes de noviembre, donde se produjo un importante desplazamiento hacia el sur de la isoterma de 16°C, especialmente en el sector costero del área de estudio (semana del 28 de noviembre al 4 de diciembre).

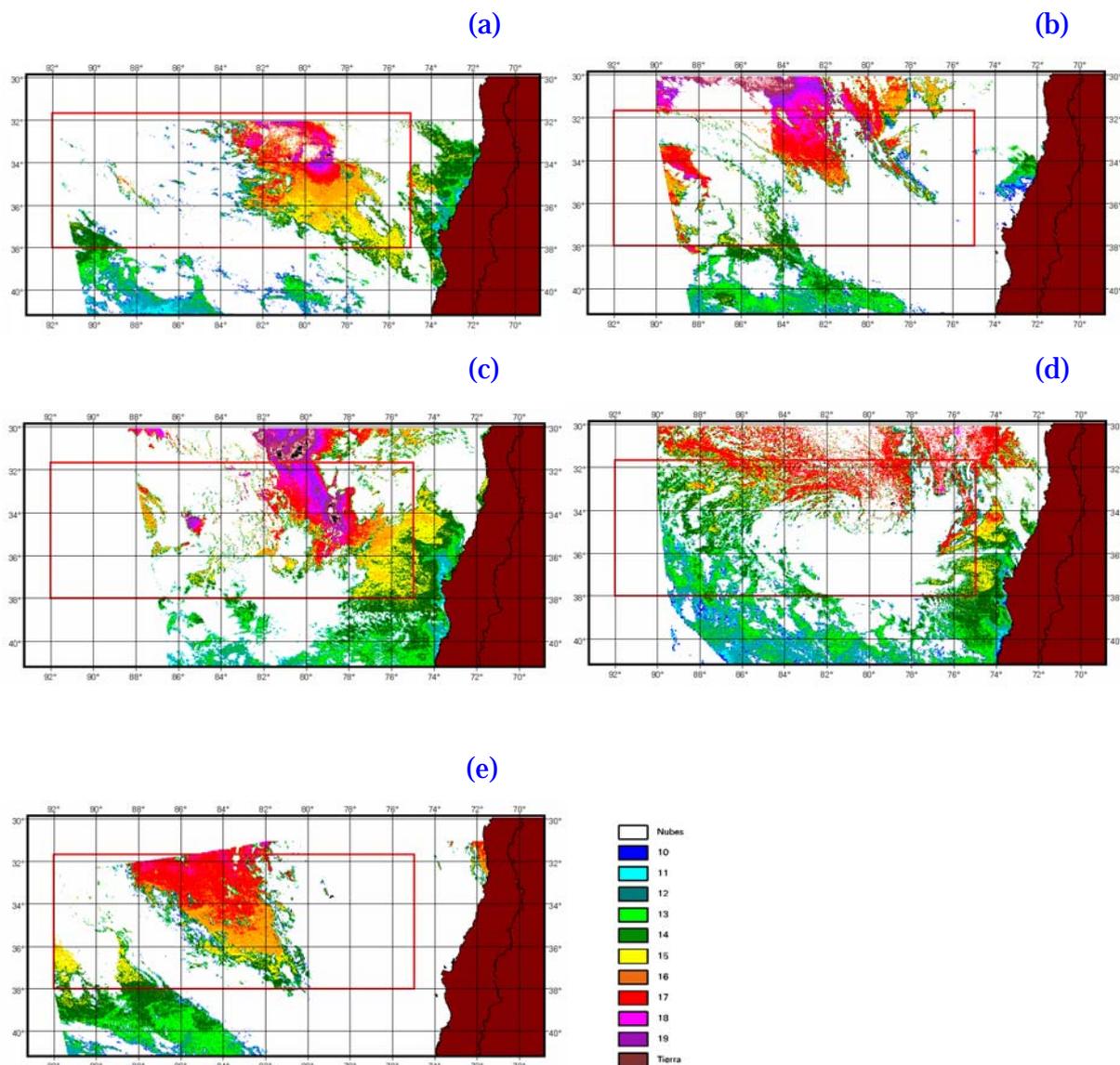


Figura 12. Imagen satelital de temperatura superficial del mar. (a) 19 de Noviembre de 2004, (b) 20 de Noviembre de 2004, (c) 21 de Noviembre de 2004, (d) 22 de Noviembre de 2004, (e) 27 de Noviembre de 2004.

Por su parte, las anomalías de la TSM para el mes de noviembre de 2004 en el área de estudio, considerando el promedio para la serie 1971-2000, muestran la presencia de valores negativos en gran parte del sector central y occidental (a partir de los 80°W), con valores que alcanzaron los -1,3°C (semana del 28 al 04 de diciembre). Por el contrario, durante el período del

crucero gran parte de la zona costera del área prospectada estuvo dominada por anomalías positivas (aguas comparativamente más cálidas) con valores de hasta $+0,8^{\circ}\text{C}$. (Figura 14).

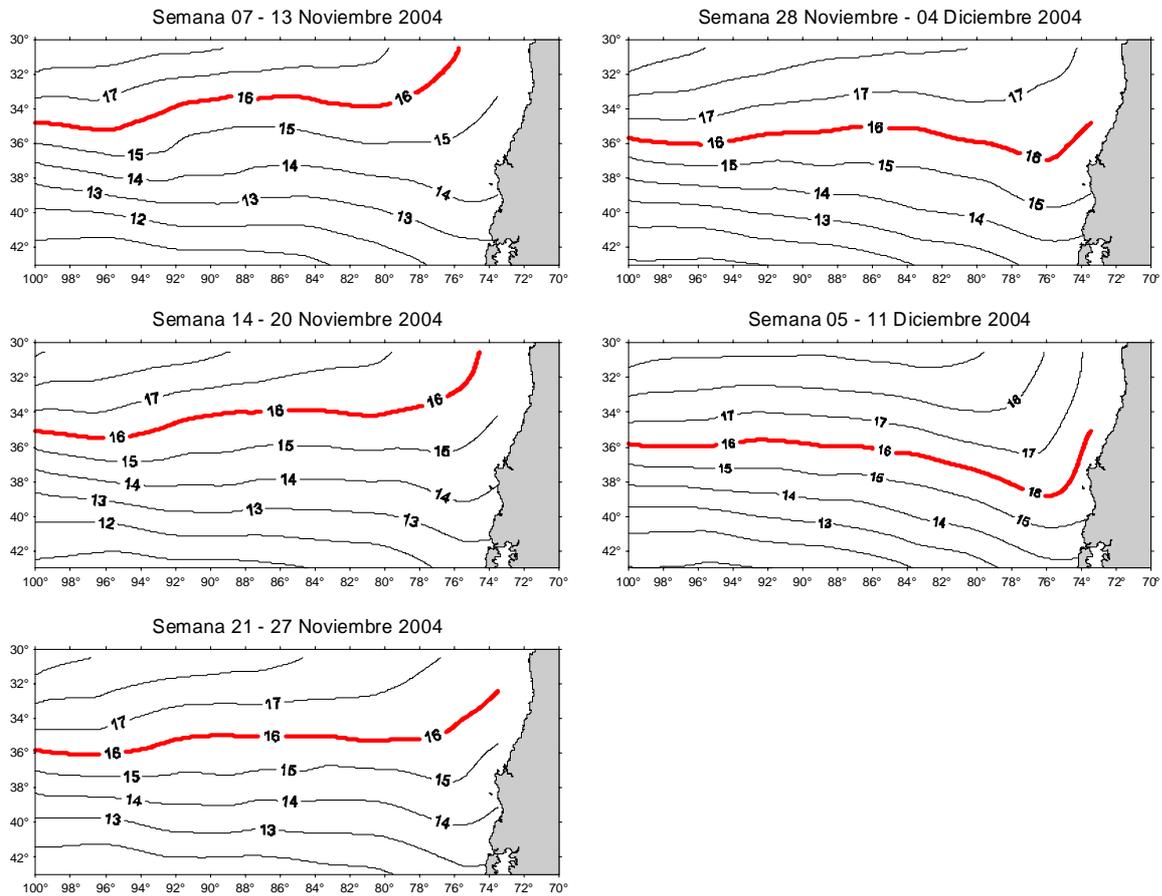


Figura 13. Variación semanal en la distribución espacial de la TSM para el período y área de estudio (Fuente: IGOSS).

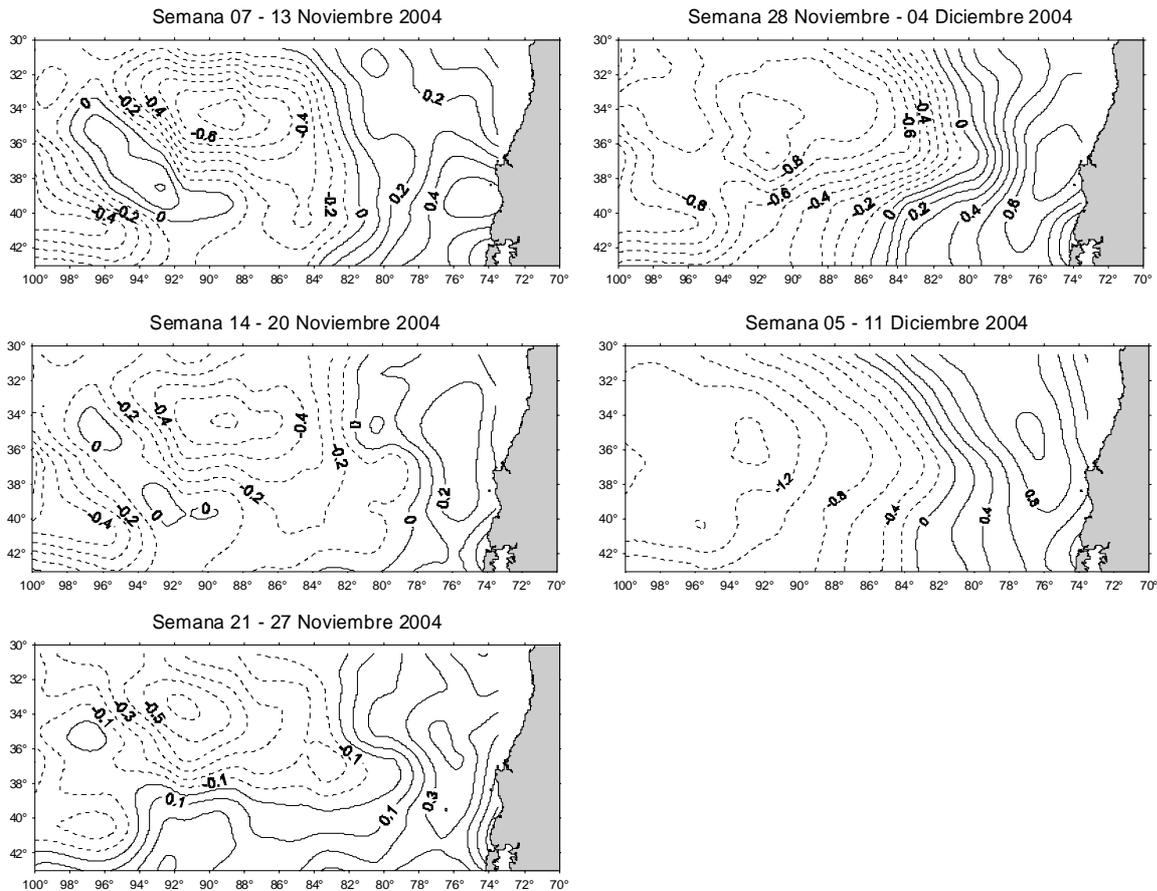


Figura 14. Variación semanal de la distribución espacial de la anomalía de TSM para el área y período de estudio (Fuente: IGOSS).

Con el propósito de contrastar la distribución superficial de temperatura reportada para este crucero, con la registrada en cruceros de similar naturaleza realizados en los años 1998, 1999, 2000, 2001 y 2003, se graficó las cartas de distribución horizontal de la TSM para el mes de noviembre utilizando la información satelital proveniente del programa IGOSS. Los resultados revelaron aguas comparativamente más cálidas ($> 18^{\circ}\text{C}$) en noviembre de 1998, donde se observó un claro desplazamiento hacia el sur de la isoterma de 16°C alcanzando casi los 37°S al oeste de los 84°W , y una proyección hacia el norte de las isotermas de 16, 15 y 14°C , verificando aguas más frías en la región oriental del área prospectada (**Figura 15**).

Durante el mes de noviembre de 1999 se observó aguas comparativamente más frías, con un desplazamiento de la isoterma de 16°C hacia el norte que alcanzó los 36°S en el sector occidental, mientras que en la zona oriental se verificó un leve ascenso de las isotermas de 15° y 16°C hacia el norte. En contraste, durante el mes de noviembre de los años 2000, 2001 y 2002, se verificó un importante desplazamiento de la isoterma de 16°C hacia el norte del área de estudio, alcanzando los 35°S en el sector occidental y el límite norte en el sector oriental, verificando la presencia de aguas más frías en gran parte del área de desove de jurel frente a Chile central. A diferencia de los años anteriores, no se observó un cambio de dirección de las isotermas a medida que se acercan al continente. Consecuentemente, se observó la paulatina desaparición de la isoterma de 18°C del área de estudio y se verificó la presencia de la isoterma de 13°C en el límite austral del área de prospección (noviembre 2001 y 2002) (**Figura 15**).

Por su parte, durante noviembre de 2003 se observó un leve desplazamiento de la isoterma de 16°C hacia el sur, alcanzando los 35°S en el sector occidental, sin reconocerse una proyección hacia el norte de las isotermas de 14, 15 y 16°C en el sector oriental del área de estudio. En comparación, el mes de noviembre de 2004 se caracterizó por la presencia de la isoterma de 16°C levemente desplazada hacia el norte en comparación con el año anterior, y a su vez un desplazamiento de las isotermas de 15 y 14°C hacia el sur (**Figura 15**).

Asimismo, se contrastó la distribución superficial de la anomalía de la TSM reportada para este crucero con la registrada para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001 y 2003, utilizando información satelital proveniente del programa IGOSS. Los resultados revelaron el predominio de anomalías positivas en noviembre de 1998 y 1999, con escasa presencia de anomalías negativas, denotando aguas comparativamente más cálidas en dichos años. A partir de noviembre de 2000 se reporta la presencia de anomalías negativas en el sector costero del área de estudio, observándose anomalías positivas sólo en el sector hacia el sector occidental del área de prospección. Durante los meses de noviembre de 2001 y 2002, se verificó un importante predominio de anomalías negativas en gran parte del área de estudio (**Figura 15**).

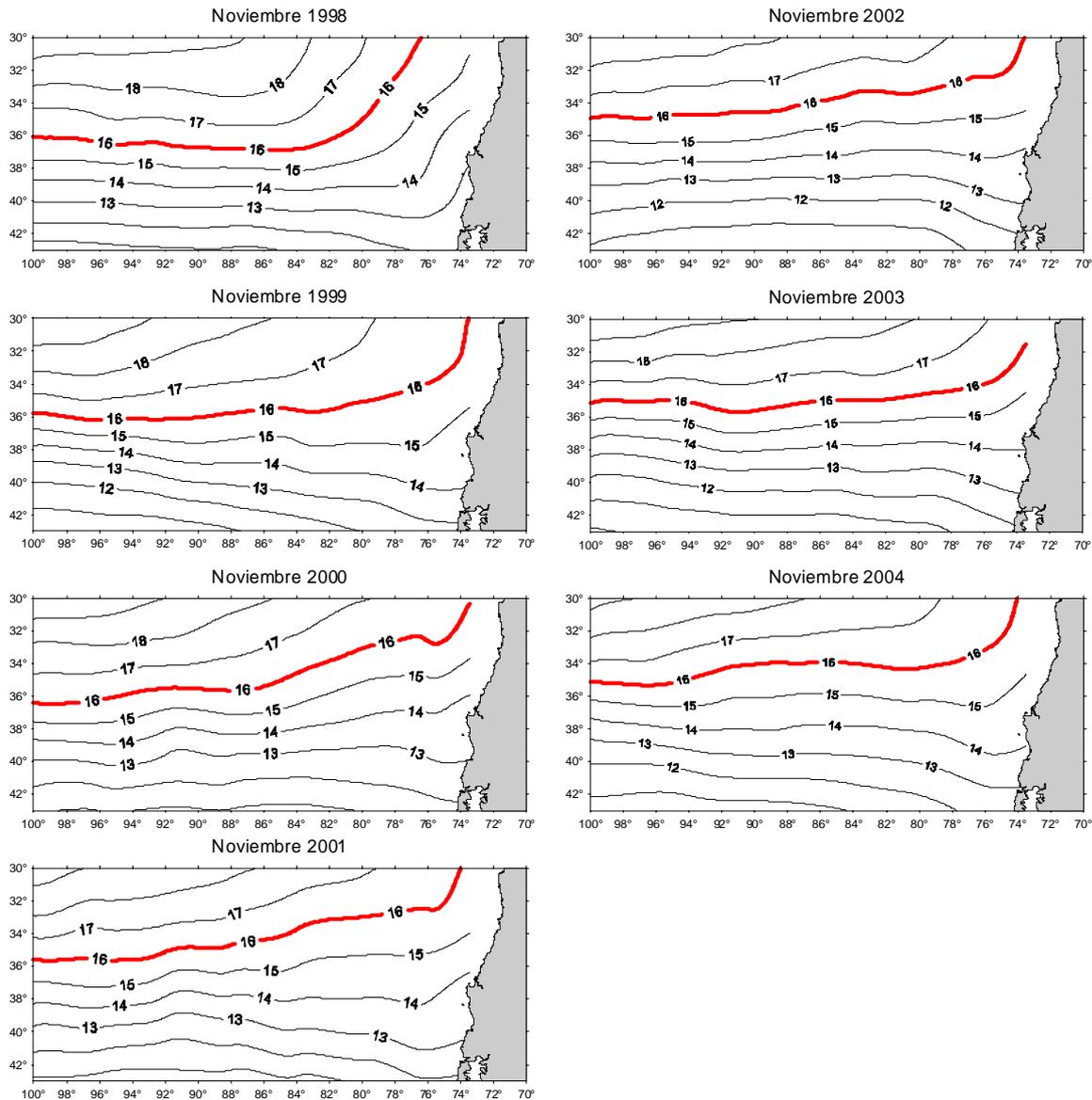


Figura 15. Distribución espacial de TSM en el área de estudio para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004 (Fuente: IGOSS).

Durante noviembre de 2003 se constata la presencia de anomalías positivas en el sector norte del área de estudio, especialmente al norte de los 36°S, en tanto que el resto del área de desove se encontró dominada por anomalías negativas. Por su parte, durante el mes de noviembre de 2004 se observó un claro gradiente zonal en el área de estudio, verificándose anomalías positivas en el sector oriental (al interior de la ZEE de Chile central), mientras que el sector oceánico estuvo dominado por la presencia de anomalías negativas (**Figura 16**) denotando aguas comparativamente más frías en este sector.

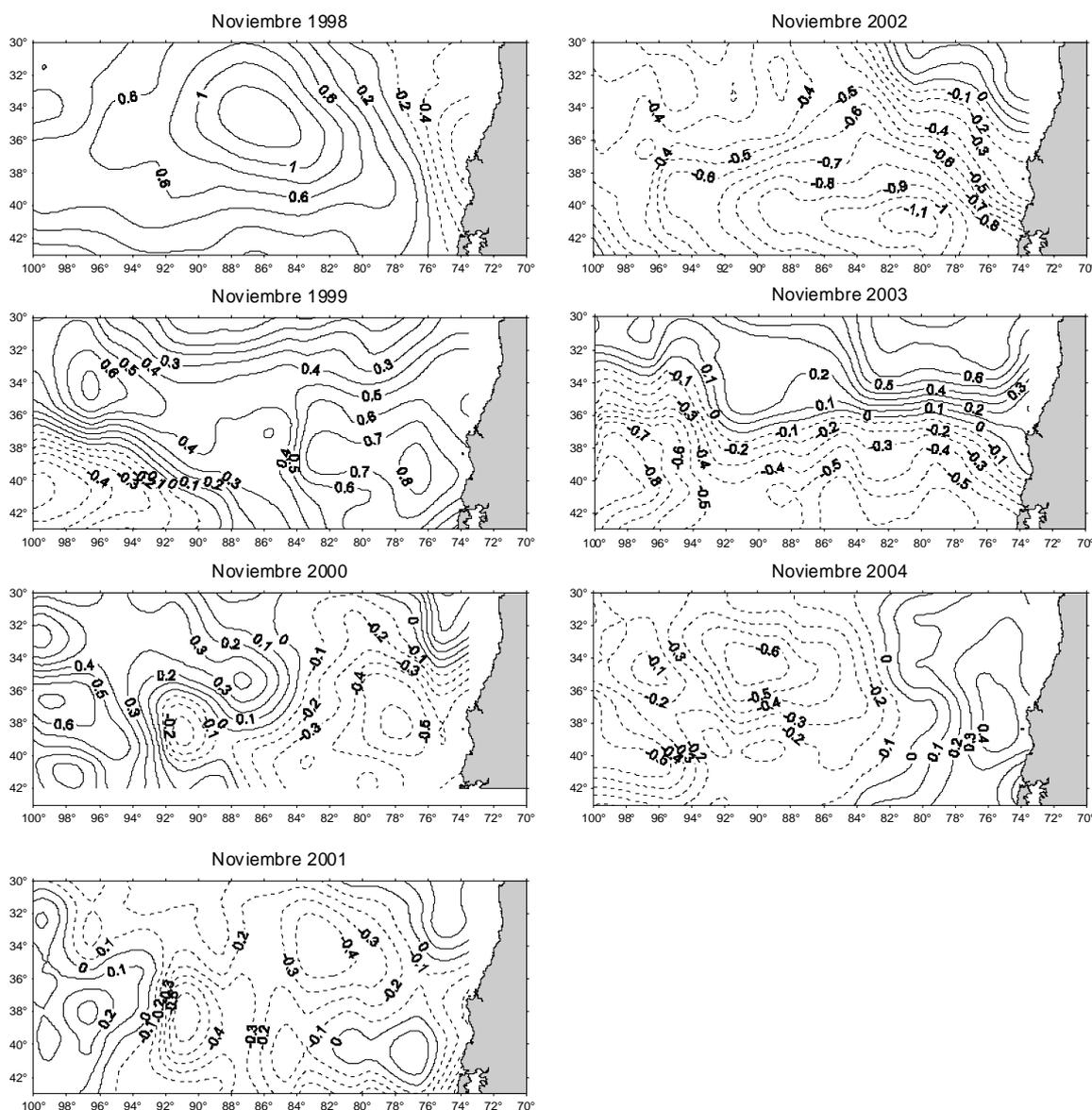


Figura 16. Distribución espacial de la anomalía de TSM en el área de estudio para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004 (Fuente: IGOSS).

El análisis de la serie temporal de la anomalía de la TSM para el periodo comprendido entre enero de 1982 a noviembre de 2004 se presenta en la **Figura 17**. El análisis integra, en la escala mensual, las temperaturas superficiales para el área delimitada entre los 30° y los 40°S y entre los 75° y los 92°W, dando muestra de la variabilidad intra- e inter-anual en el área de prospección. De acuerdo a la información reseñada, queda en evidencia la alternancia de periodos cálidos y fríos a lo largo de la serie temporal y que concuerdan con los antecedentes de la manifestación de

eventos El Niño y la Niña frente a las costas de Chile central. Cabe destacar que los estudios sobre la distribución de huevos de jurel en el área de desove frente a Chile central, han estado en su gran mayoría insertos en la fase fría de evolución interanual observada entre 1999 y 2002 (**Figura 17a**).

A mediados del año 2002, se observó un incremento en la TSM evidenciando leves anomalías positivas siendo válido también hacia el primer semestre del año 2003, lo que podría entenderse como un nuevo cambio de fase (hacia una fase cálida), no obstante dicha proyección no se validó para el segundo semestre de 2003 y tampoco se observó durante gran parte del año 2004, al interior del área de desove de jurel en aguas oceánicas frente a Chile.

Por otra parte, la **Figura 17b** muestra una serie de tiempo similar, pero sólo para el mes de noviembre de cada año, confirmando la alternancia de periodos cálidos y fríos, el predominio de anomalías positivas durante noviembre de 1998 y 1999 y de anomalías negativas en noviembre entre los años 2000 a 2002; sin embargo, para el mes de noviembre de 2003 se observa nuevamente la presencia de leves anomalías positivas en el área de estudio, situación que se revirtió nuevamente durante este año con la presencia de anomalías negativas en el área de estudio.

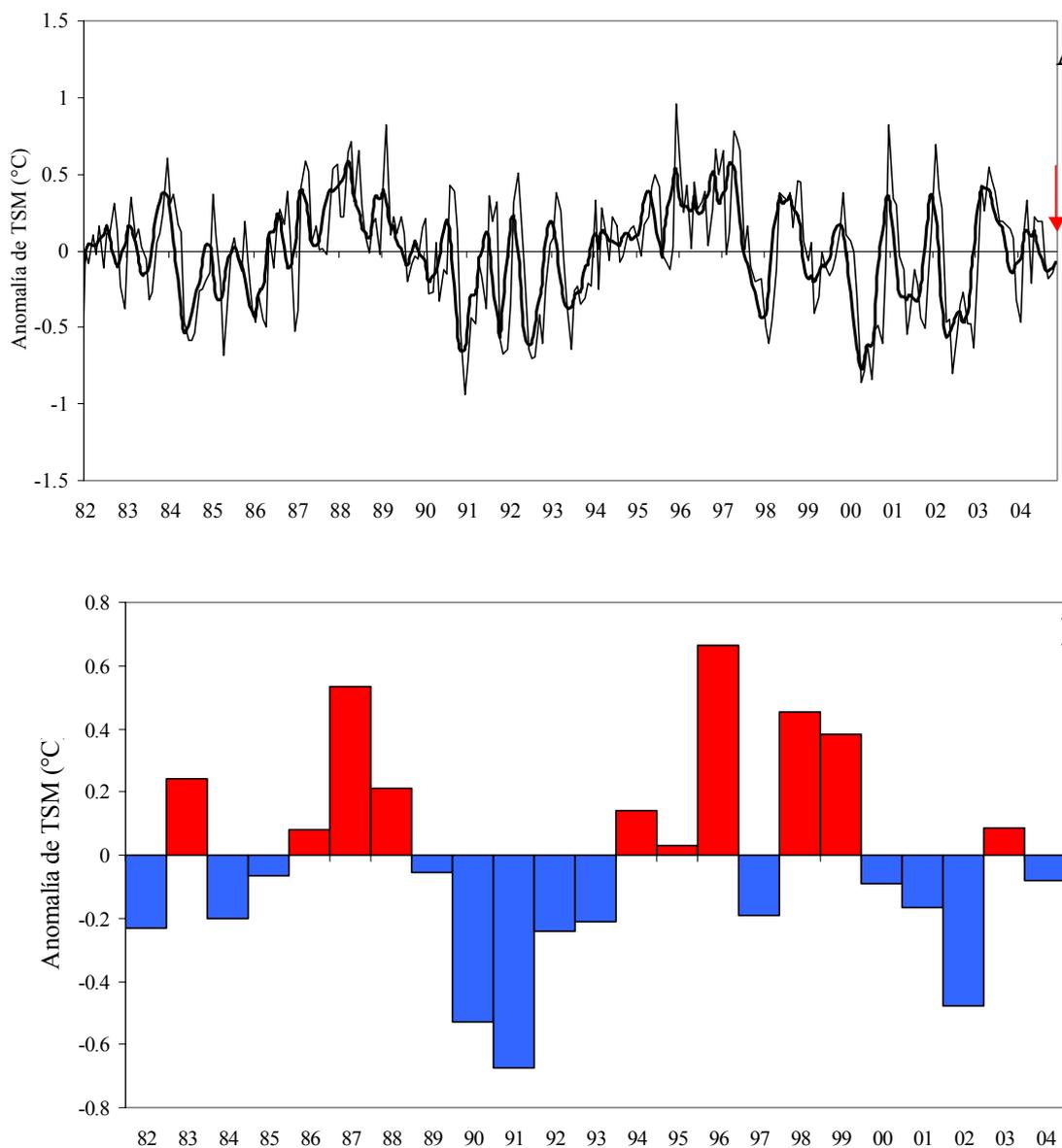


Figura 17. (a) Distribución temporal de las anomalías promedio mensuales de TSM para el área de estudio y el periodo comprendido entre los años 1982 a 2004. La flecha indica el mes de noviembre del 2004. (b) Distribución temporal de las anomalías promedio de TSM para el mes de noviembre durante el periodo comprendido entre los años 1982 a 2004.

8.1.3 Viento superficial

La **Figura 18** muestra la evolución espacial y temporal de los vientos superficiales en la zona de estudio desde el 19 al 30 de noviembre de 2004. La mayoría de las imágenes de viento para el período de estudio evidencian el patrón de rotación anticiclónico (e.g., días 19, 20, 23, 24, 26 y 28 de noviembre), con vientos moderados a bajos en el sector central del área de prospección evidenciando en algunas oportunidades diferencias zonales vinculadas con la disminución de la intensidad del viento en la costa, hacia los días 22, 24 y 25 de noviembre, y por el contrario un aumento en los días 19, 27 y 28 de noviembre.

Con el propósito de contrastar el patrón de viento superficial reportados para este crucero con el registrado para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2003 y 2004, se graficaron cartas de vientos mensuales utilizando la información satelital proveniente de los programas ERS y QuickScat (**Figura 19**). El patrón de distribución del viento superficial fue similar en todos los períodos contrastados, evidenciando: a) una rotación anticiclónica, b) menores intensidades en el cuadrante noroccidental del área de prospección, y c) magnitudes mayores en el sector costero donde predominaron los vientos hacia el norte durante el mes de noviembre de cada año. Análisis recientes evidencian el acoplamiento entre altas abundancias de huevos de jurel y bajas intensidades de viento en el área de desove de jurel frente a Chile central (**Núñez *et al.*, 2004**).

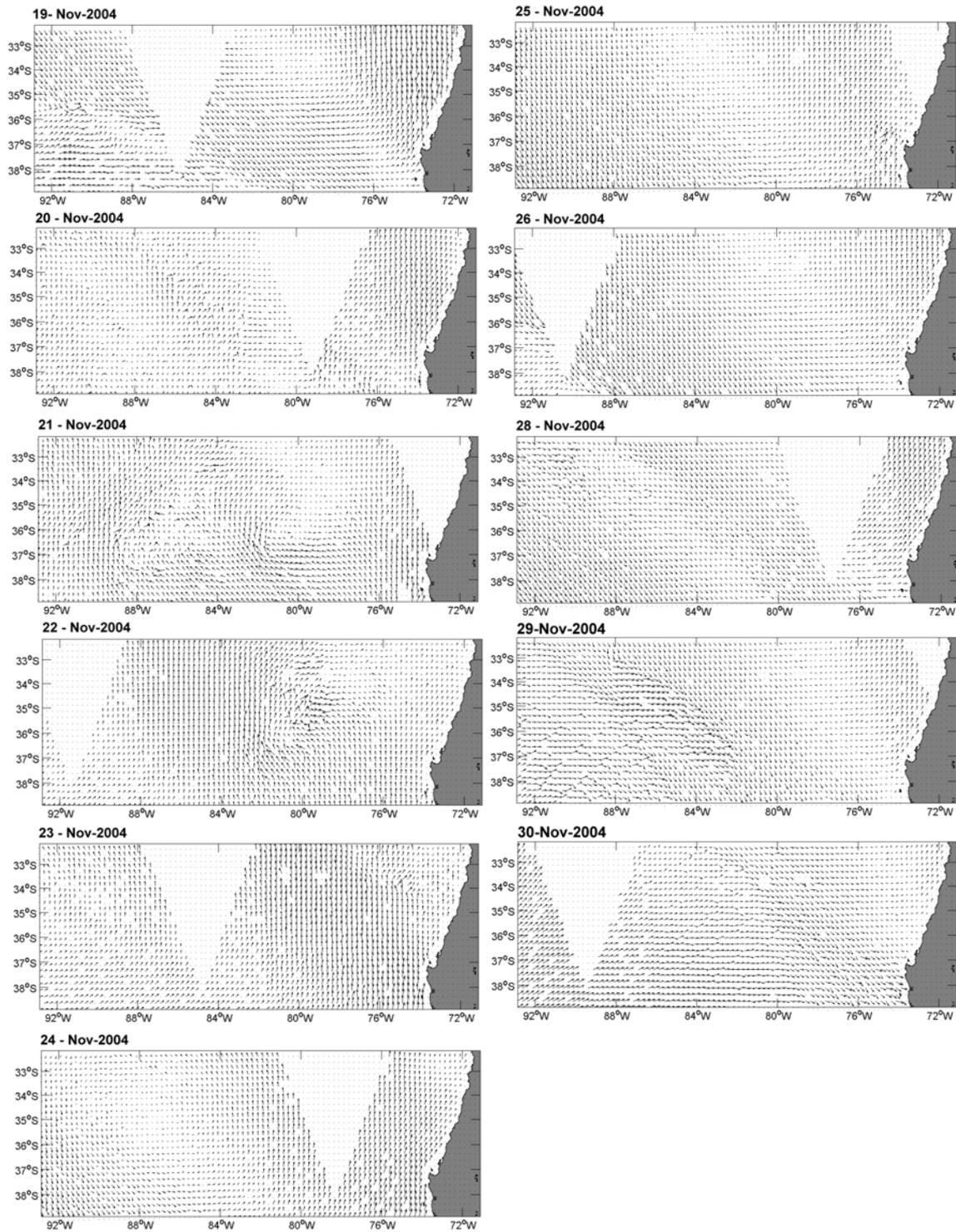


Figura 18. Vientos de escaterometría durante el crucero realizado durante noviembre de 2004.

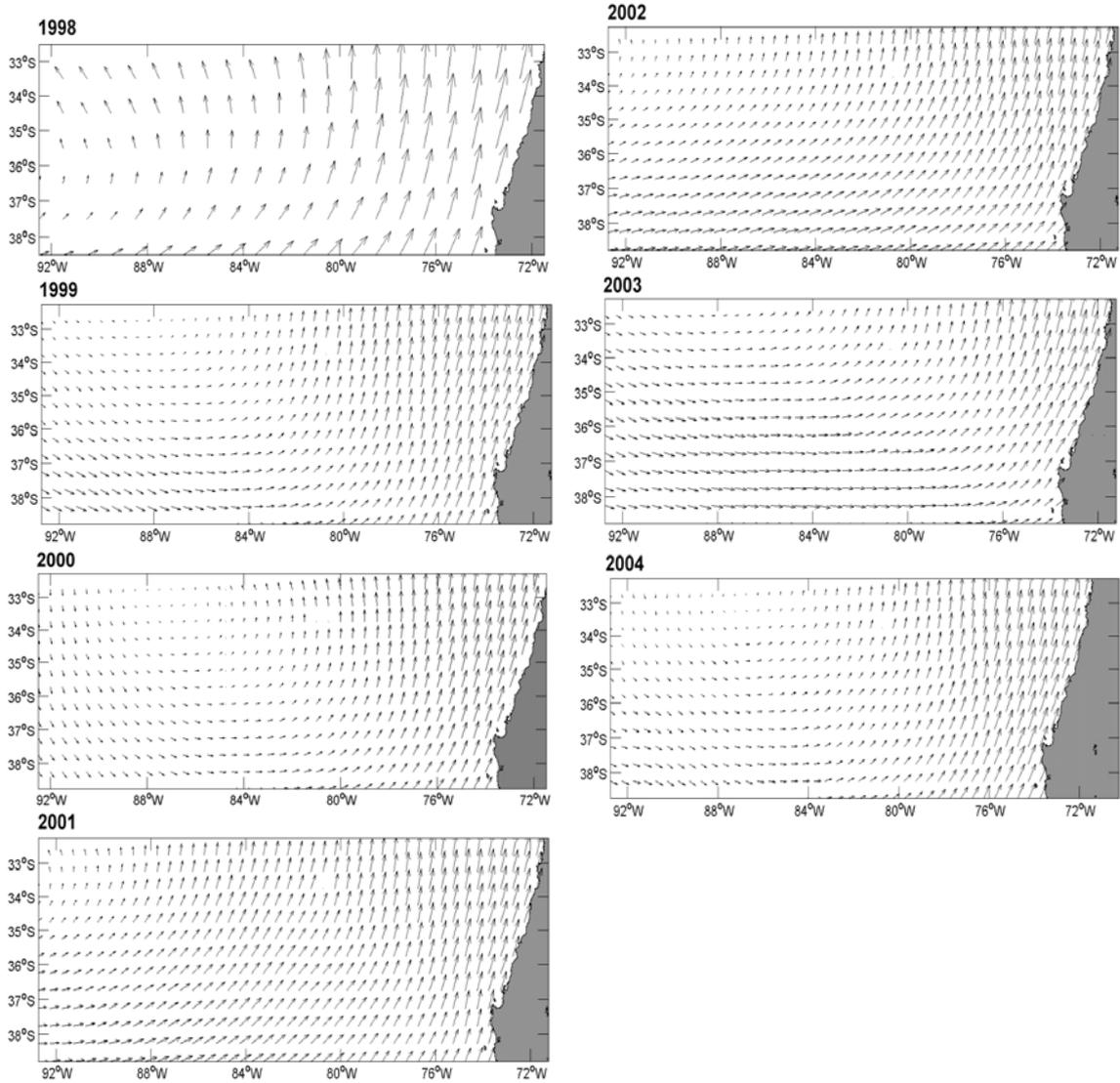


Figura 19. Vientos de escaterometría durante noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.

8.1.4 Turbulencia y transporte de Ekman

El patrón de distribución espacial de la turbulencia y del transporte de Ekman (calculados desde datos de viento derivados del satélite) para los meses de noviembre entre los años 1998 y 2004 se presentan en la **Figura 20**. La turbulencia evidenció valores comparativamente más altos en el sector oriental del área de estudio, que se intensifican en noviembre del período 2000-2002 ($800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$), en tanto que en noviembre de los años 1998, 1999, 2003 y 2004 se evidenció magnitudes significativamente menores en la región costera ($< 400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$) siendo la distribución del índice de turbulencia muy similar entre los años 1999, 2003 y 2004. En general, la región de desove de jurel situada en la región oceánica frente a Chile central ha estado vinculada con valores de turbulencia menores a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ (Núñez *et al.*, 2004), con la excepción de noviembre de 2002 donde se detectó magnitudes significativamente superiores y de noviembre de 2001 donde estos valores estuvieron restringidos al vértice noroccidental del área de prospección. Por su parte, el transporte de Ekman presentó un patrón similar en los períodos evaluados durante los años 1998 a 2003, evidenciando valores bajos de transporte hacia fuera de la costa en la región situada al oeste de los 77°S y valores negativos en el sector costero, mostrando un claro gradiente zonal que se intensificó en el período 2000-2002.

Durante noviembre de 2004, el área de desove de jurel frente a Chile central se caracterizó por evidenciar valores normalmente bajos (cerca de cero) en el sector oceánico del área prospectada, resultado similar al obtenido para el mes de noviembre del período 1998-2003. En el sector costero del área de estudio, los valores de transporte de Ekman para el presente crucero fueron similares a los reportados para los años 1998 y 1999, y comparativamente más bajos en relación a lo informado para los años 2000, 2001 y 2002 (**Figura 20**).

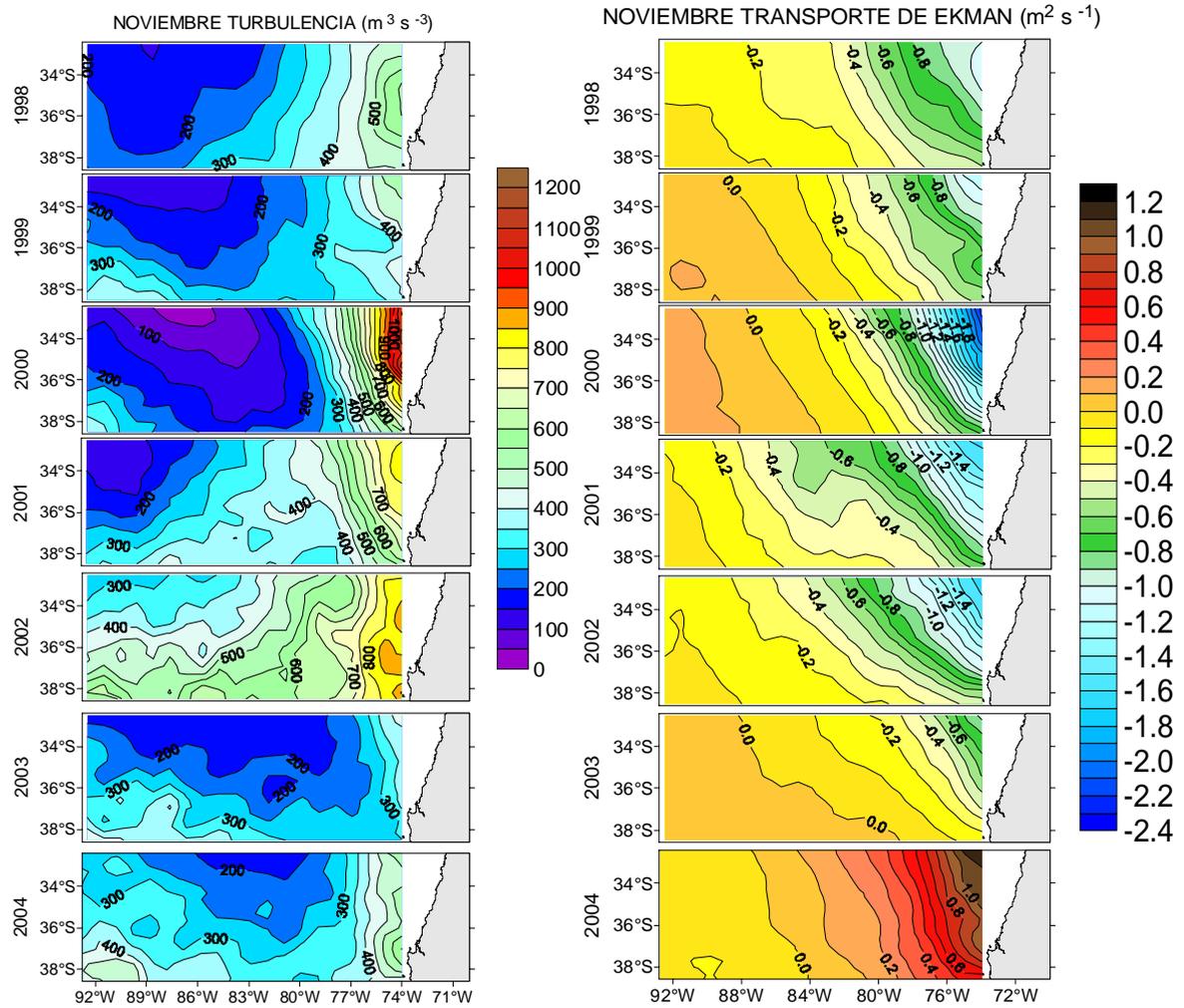


Figura 20. Distribución espacial de la turbulencia y del transporte de Ekman para los meses de noviembre de 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.

8.1.5 Secciones verticales de temperatura

La disposición geográfica de las transectas que contaron con perfiles verticales de CTD se muestran en la **Figura 7**. La transecta 1, ubicada en en la región norte del área de prospección ($33^{\circ}40'S$), sólo pudo ser examinada hasta los $84^{\circ}W$ debido a fallas en el CTD. Esta transecta evidenció un claro gradiente zonal, con aguas comparativamente más cálidas ($> 16,5^{\circ}C$) en los primeros 20 m de la columna de agua a partir de los $70^{\circ}30'W$ y hacia el oeste (**Figura 21**). Aguas más frías ($< 13,5^{\circ}C$) fueron sólo detectadas en el sector oriental del transecto ($< 79^{\circ}W$) y en profundidades superiores a los 60 m. La zona de estratificación vertical de temperatura estuvo situada entre los 40 y os 60 m de profundidad, con un leve debilitamiento y profundización de la termoclina hacia las estaciones del sector occidental del transecto.

Por el contrario, la transecta 2, situada en el sector medio del área de prospección ($36^{\circ}00'S$), no reveló la presencia de aguas con temperaturas superiores a los $16^{\circ}C$ en ninguna zona del transecto, evidenciando un estrato superficial (0-20 m) dominado por las isotermas de 15 y $15,5^{\circ}C$ y la ausencia de gradientes zonales importantes (**Figura 21**). Bajo los 60 m de profundidad se verificó aguas frías a lo largo de prácticamente todo el transecto, con una leve profundización de la isoterma de $14^{\circ}C$ hacia el extremo occidental del transecto ($> 88^{\circ}W$). En tanto, la transecta 3 ubicada más al sur, en los $37^{\circ}40'S$, reportó la virtual ausencia de aguas cálidas ($>15^{\circ}C$), el dominio de las isotermas de 14 y $14,5^{\circ}C$ en los primeros 40 m de la columna de agua, y aguas comparativamente más frías ($< 13,5^{\circ}C$) bajo los 60 m de profundidad, situación que se verificó a lo largo de todo el transecto, sin mostrar gradientes zonales de importancia.

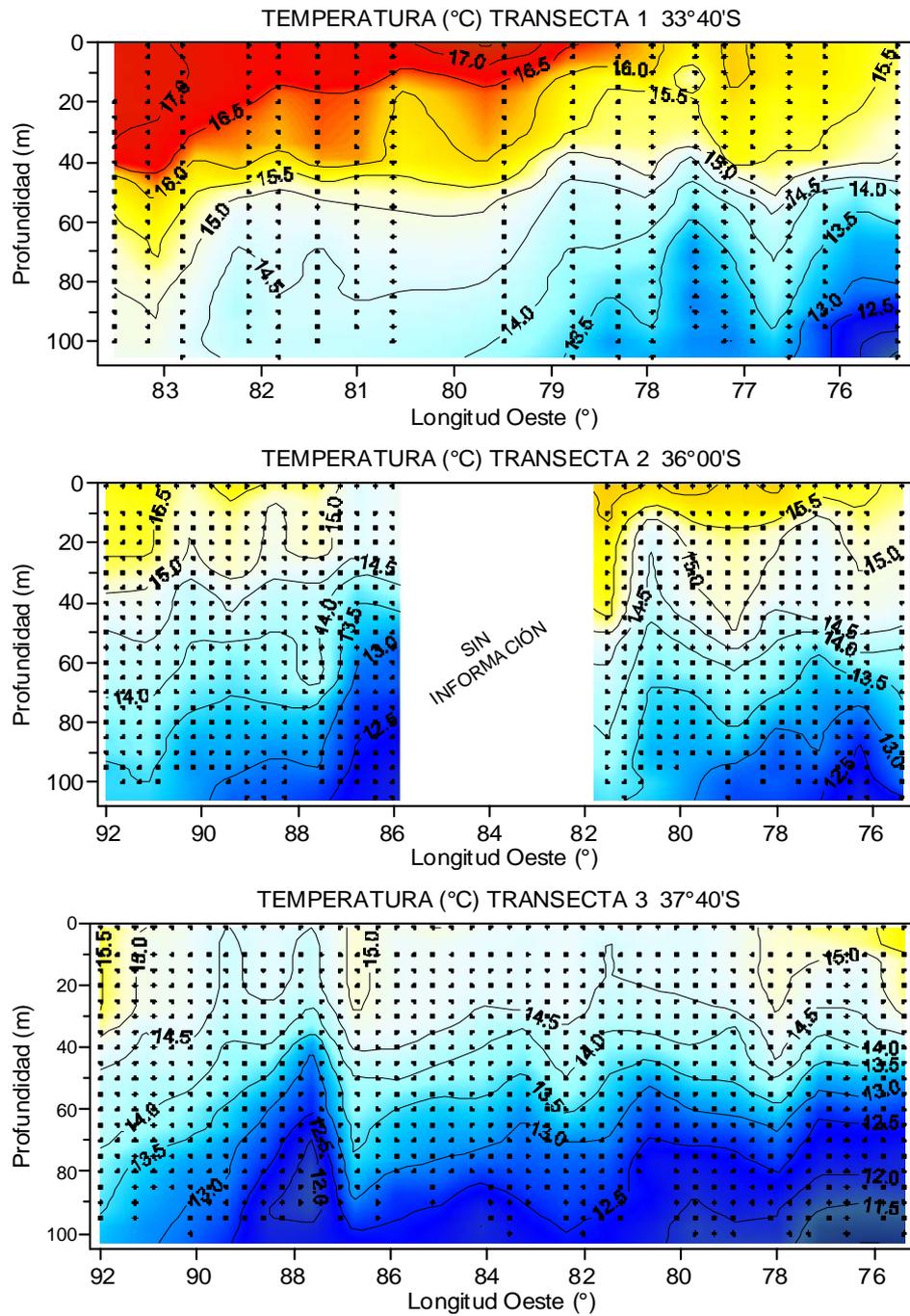


Figura 21. Secciones verticales de temperatura (°C) para los tres transectos realizados durante noviembre de 2004.

8.1.6 Secciones verticales de salinidad y densidad

La salinidad en la transecta 1 evidenció un claro gradiente zonal, con aguas más salinas ($> 34,2$ psu) situadas al oeste de los 81°W , en tanto, las transectas 2 y 3 mostraron valores de salinidad significativamente menores ($> 34,1$ psu), denotando la presencia de variaciones meridionales de esta variable en la zona de prospección. Las tres secciones de salinidad revelan la ausencia de estratificación vertical de la salinidad a lo largo de todos los transectos (**Figura 22**).

Por su parte, la densidad de agua de mar se caracterizó por: a) la ausencia de gradientes zonales de densidad, a excepción del transecto 3 ($37^{\circ}40'\text{S}$), que evidenció aguas menos densas ($< 25,1$) en el sector costero ($< 76^{\circ}\text{W}$); b) la presencia de picnoclinas situadas entre los 40 y 75 m de profundidad, las cuales se debilitan y profundizan hacia el sector sur y oceánico de los transectos; c) la presencia de aguas subsuperficiales más densas vinculadas al estrato situado bajo los 80 m de profundidad, lo que es particularmente válido para el transecto 3; y d) una capa de mezcla que, en general, se incrementa levemente hacia el océano y hacia el sur del área de estudio (**Figura 23**).

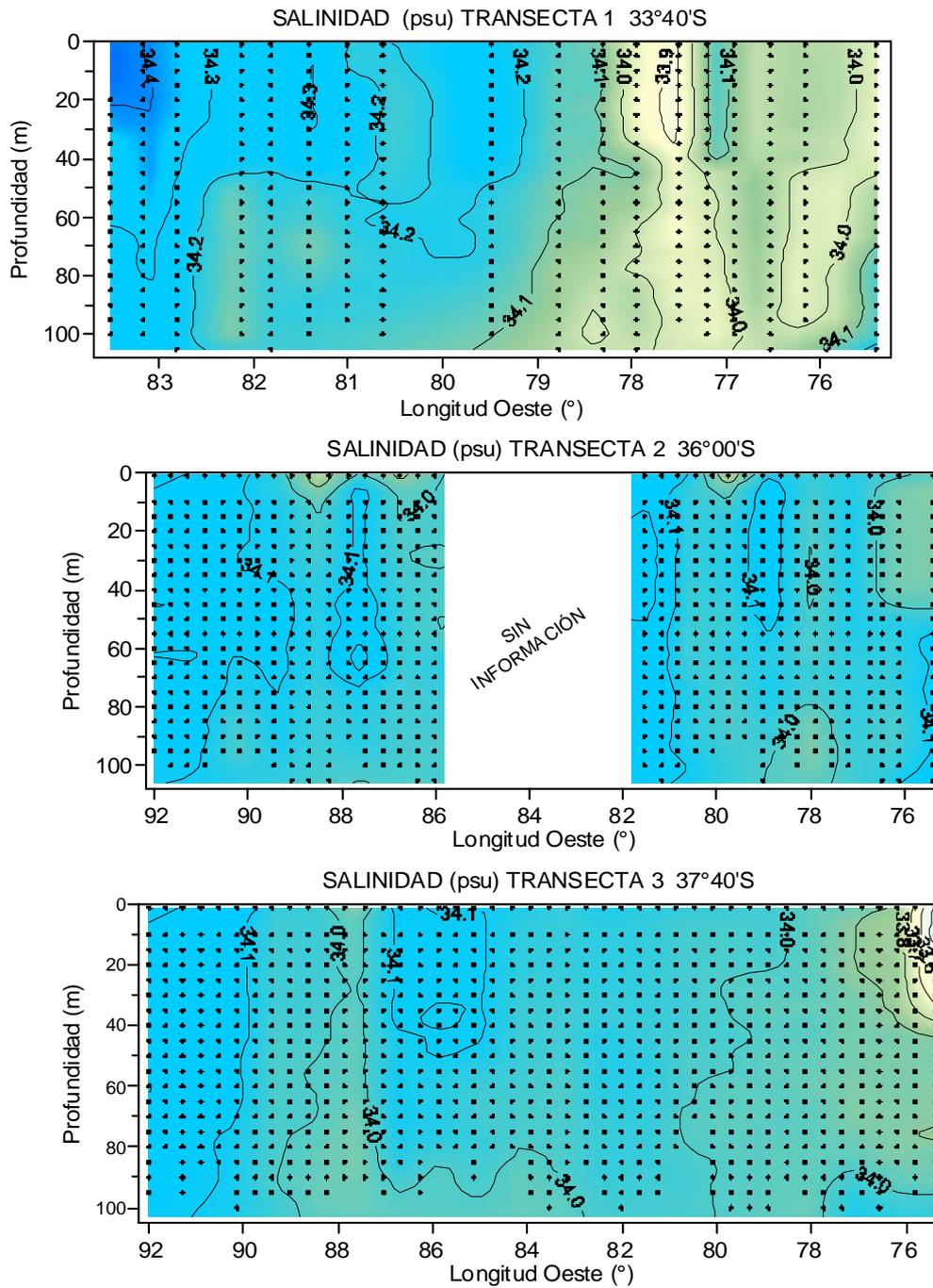


Figura 22. Secciones verticales de salinidad (psu) para los tres transectos realizados durante noviembre de 2004.

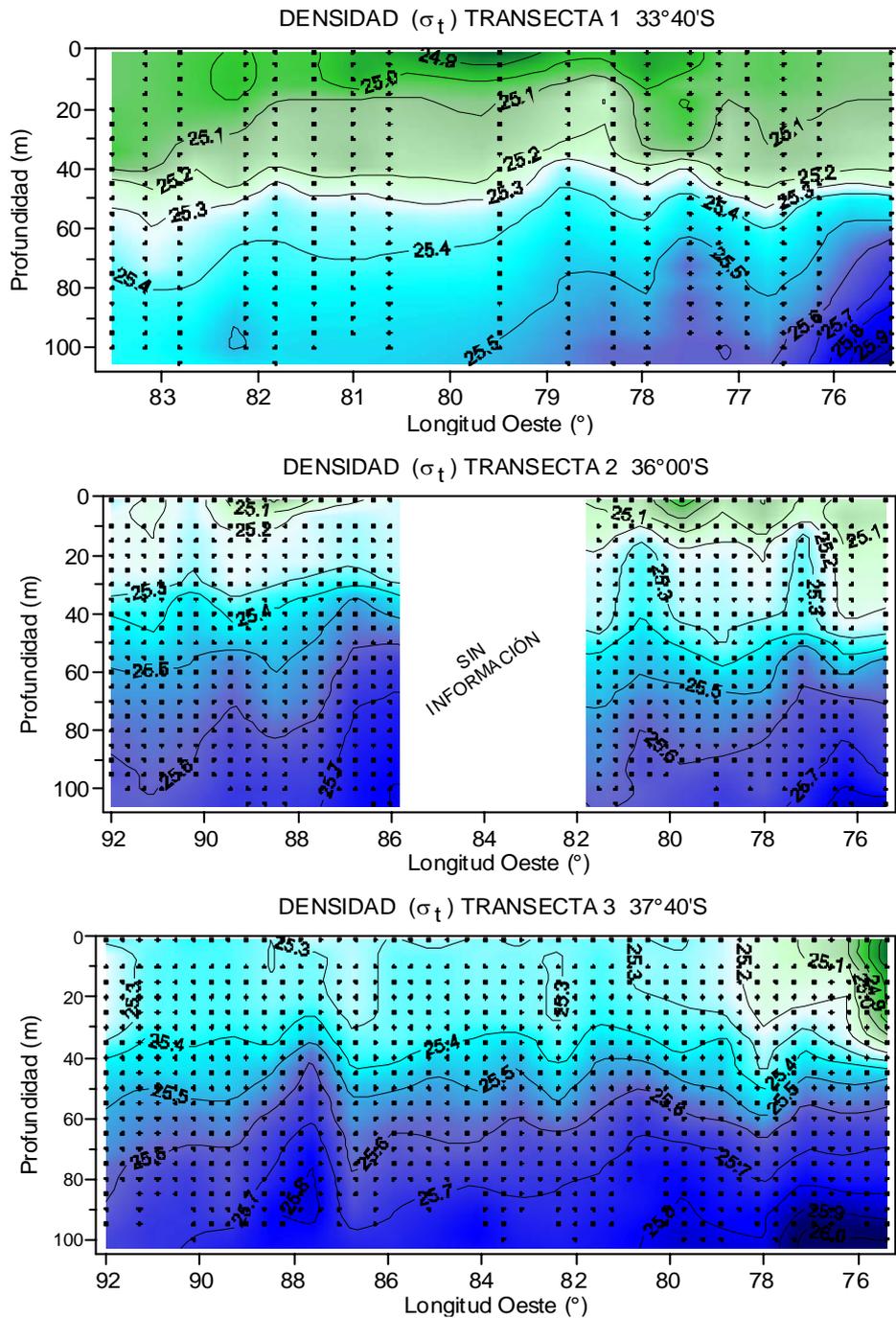


Figura 23. Secciones verticales de densidad (σ_t) para los tres transectos realizados durante noviembre de 2004.

8.1.7 Profundidad de la capa de mezcla

La profundidad de la capa de mezcla (PCM) mostró valores mayores hacia el sector sur del área de estudio (transecta 3; 37°40'S). Asimismo, presentó un claro gradiente zonal (costa-océano), evidenciando valores bajos (no más de 10 m) en las estaciones más costeras (a excepción del sector norte), para luego incrementar hacia las estaciones más occidentales de los transectos, como ocurrió en la transecta 1, que mostró una profundización a partir de los 81° hacia el oeste, en la transecta 2 donde la PCM fluctuó en torno a los 10 m desde la costa hasta los 82°W, y alrededor de los 30 m de profundidad entre los 86 y 92°W; en tanto que la transecta 3 fluctuó en torno a los 10 m de profundidad al interior de la ZEE de Chile central, para luego profundizarse y fluctuar entre los 30-40 m entre los 80 y los 92 °W (**Figura 24**).

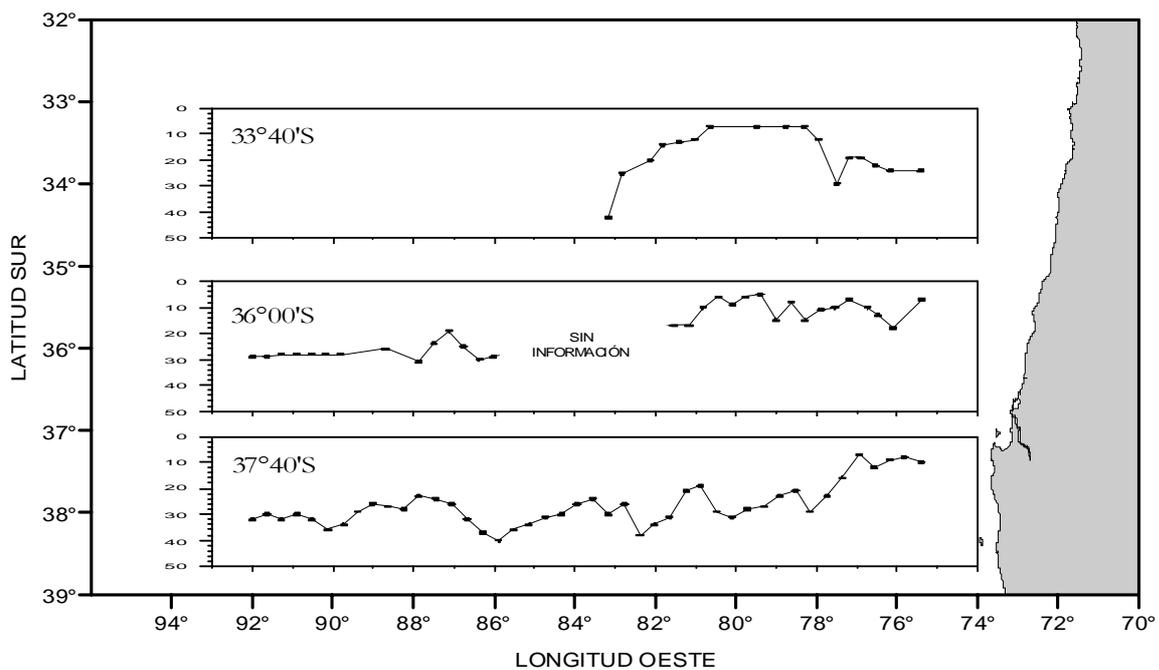


Figura 24. Profundidad de la capa de mezcla para las tres transectas realizadas durante noviembre de 2004.

8.1.8 Variación vertical de temperatura en zonas de lances estratificados

En áreas destinadas a realizar experimentos de incubación y lances planctónicos estratificados (embarcaciones independientes del diseño sistemático de muestreo), se realizaron registros verticales de temperatura usando termistores marca Micrel Modelo P2T 200 para el registro vertical de presión y temperatura entre la superficie y los 100 m de profundidad.

Las estaciones con estos registros verticales de temperatura totalizaron 24, las cuales fueron agrupadas con propósitos descriptivos en tres grupos, esto es: Grupo A (34°40'S-89°40'W), Grupo B (35°00'S-87°00'W) y Grupo C (35°00'S-82°00'W), en tanto que las estaciones de muestreo 22, 23 y 24 no fueron asignadas a grupo alguno por encontrarse aisladas entre los 84°30'-87°40'W a la latitud de 35°40'S (ver **Figura 7**).

Todos los perfiles evidenciaron un estrato superficial bien mezclado, fluctuando entre los 20 (sector C) y 35 m de profundidad (sector A), una termoclina leve siendo particularmente poco desarrollada en el sector C (más oceánico) situada verticalmente entre los 40 y 60 m para el sector A, entre los 30 y 50 m para el sector B y entre los 20 y 45 m para el sector C. Bajo los 60 m de profundidad todos los perfiles térmicos evidenciaron un descenso a una tasa relativamente constante con la profundidad de muestreo (**Figura 25**). Los máximos gradientes térmicos calculados para cada uno de los sectores A, B y C fluctuaron entre los -0,058 y los -0,114 °C 10 m⁻¹ y, en promedio, entre los -0,068 ± 0,007 °C 10 m⁻¹ (sector C) y los -0,87 ± 0,025 °C 10 m⁻¹ (sector A), evidenciando valores bajos que denotan termoclinas poco desarrolladas.

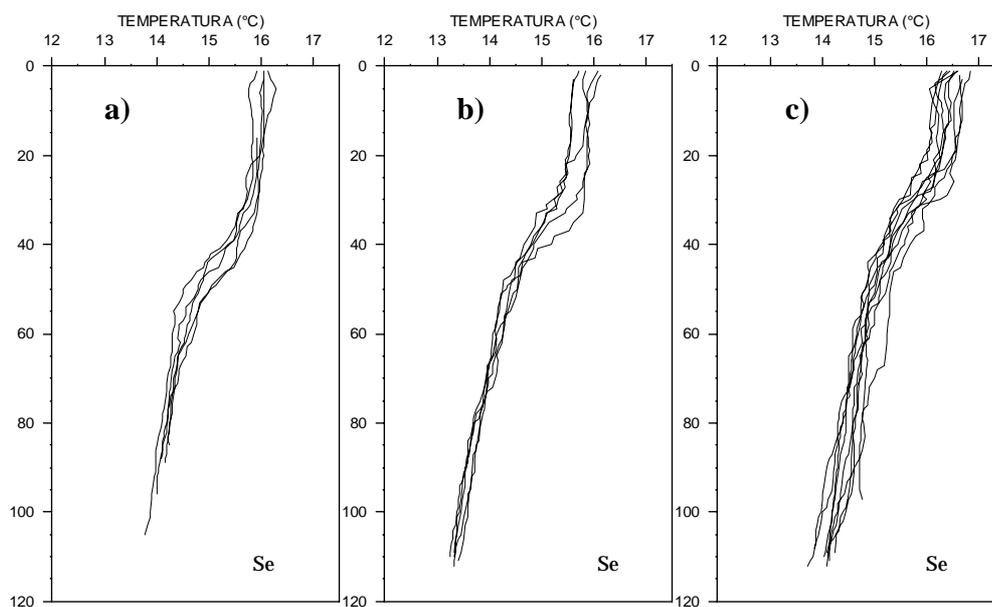


Figura 25. Profundidad de la capa de mezcla para las tres transectas realizadas durante noviembre de 2004.

8.1.9 Índices de abundancia de huevos y larvas de jurel

Durante el crucero realizado en noviembre de 2004 se observó una amplia cobertura de huevos de jurel en el área de estudio, destacando extensas núcleos de alta densidad de huevos (> 1000 huevos 10 m^{-2}) en la región situada hacia el oeste de los 82° W (ver Figura 33). En esta región, las mayores densidades reportadas alcanzaron densidades superiores a 14000 huevos 10 m^{-2} (densidades interpoladas superiores a los 6000 huevos 10 m^{-2}), específicamente en estaciones situadas frente a los $35^\circ30'\text{ S}$ entre los $82^\circ40'$ y los $83^\circ50'\text{ W}$. Por el contrario, el sector situado al norte de los $32^\circ30'\text{ S}$, así como también el sector situado al Este los 79° W evidenciaron ausencia o presencia de bajas densidades de huevos de jurel, no superando los 100 huevos 10 m^{-2} en la gran mayoría de los casos.

Las estaciones positivas (con presencia de huevos de jurel), representaron un $72,3\%$ de las estaciones realizadas (910 estaciones), porcentaje muy similar al reportado para las evaluaciones de los años 1998 , 1999 , 2000 y 2001 , y muy superior al informado para la evaluación anterior realizada el año 2003 (Tabla 13, Figura 26). Lo anterior revela que el crucero de evaluación estuvo asociado a un área de desove amplia y bien estructurada. La densidad media fue de $373,5$ huevos en 10 m^2 , notoriamente superior a la reportada para el mes de noviembre de 2003 , pero inferior a lo informado para los años 1999 , 2000 y especialmente 2001 (Tabla 13).

Tabla 13. Estadística de la distribución de huevos de jurel entre 1997 y 2004. D= densidad total, Var(D) = Varianza, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) = varianza de la densidad media en estaciones positivas, Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima; FS = estimador de Finney Sichel; Var(FS) = varianza del estimador FS e índice de agregación de Lloyd (IP).

Estadísticos	1997	1998	1999-n	1999-d	2000	2001	2003	2004
Estaciones	66	173	751	363	880	661	694	910
Est. Pos.	34	125	546	212	660	478	419	658
%	51,5	72,3	72,7	58,4	75,0	72,3	60,4	72,3
D	108,5	317,9	561,7	266,3	444,2	639,4	131,5	373,5
Var(D)	506,9	1903,2	3460,7	400,9	339,1	1777,0	97,0	763,0
Dpos	210,6	440,0	772,6	455,9	592,2	884,2	217,9	516,6
Var(Dpos)	1938,1	3653,6	6550,6	1177,8	603,1	2946,3	221,3	1347,5
Dmin	26,2	30,1	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4
Dmax	1176,2	3917,7	26844,1	3501,4	5199,1	11353,1	2900,2	14465,4
FS	108,8	328,3	543,5	286,6	492,3	707,7	124,3	386,2
Var(FS)	682,9	3145,2	1376,0	893,6	847,2	3068,8	71,3	689,1
ID	312,9	1038,0	4629,3	547,7	672,2	1592,8	425,7	1716,4
IP	2,5	3,4	7,0	2,2	2,1	2,8	2,9	4,3

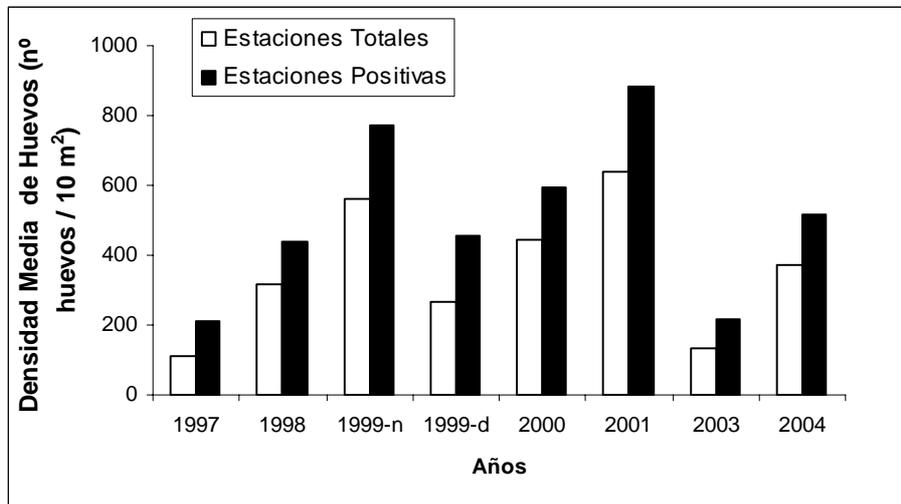


Figura 26. Cambios interanuales de las abundancias de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones.

Para el caso de las larvas de jurel, la distribución espacial descrita para el crucero realizado en noviembre de 2004, reveló una cobertura espacial muy inferior a la descrita para los huevos de

la especie, con densidades superiores a los 100 larvas 10 m⁻² distribuidas principalmente en el sector noroccidental del área de estudio, entre los 31°20' – 35°30'S y al oeste de los 84°20'W (ver Figura 35). El resto del área prospectada, y particularmente el sector ubicado al oriente de los 82°00'S, evidenció ausencia o muy baja densidad de larvas de jurel.

Las estaciones positivas (con presencia de larvas de jurel), representaron un 53,1% de las estaciones realizadas (910 estaciones), porcentaje superior al reportado para el mes de noviembre de 2003, pero muy inferior al informado para las evaluaciones de los años 1999, 2000 y 2001 (**Tabla 14, Figura 27**). La densidad media fue de 97,6 larvas 10 m², notoriamente superior a la reportada para la evaluación anterior (noviembre 2003), pero inferior a lo informado para el resto de las evaluaciones realizadas.

Tabla 14. Estadística de la distribución de larvas de jurel entre 1997 y 2004. D= densidad total, Var(D) = Varianza, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) = varianza de la densidad media en estaciones positivas, Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima; FS = estimador de Finney Sichel; Var(FS) = varianza del estimador FS e índice de agregación de Lloyd (IP).

Estadísticos	1997	1998	1999-n	1999-d	2000	2001	2003	2004
Estaciones	66	173	751	363	880	661	694	910
Est. Pos.	18	101	501	207	678	504	270	483
%	27,3	58,4	66,7	57,0	77,0	76,2	38,9	53,1
D	38,0	243,0	192,6	152,0	266,0	242,4	49,9	97,6
Var(D)	62,3	1130,5	97,8	134,7	125,4	163,6	19,2	43,8
Dpos	139,4	416,2	288,7	266,5	345,2	317,9	128,4	183,9
Var(Dpos)	873,6	3330,5	220,0	415,0	211,3	233,9	89,8	122,9
Dmin	21,4	30,1	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4
Dmax	425,2	2803	2794,1	2157,4	3395,3	2864,8	1379,3	1697,7
FS	38,4	255,8		156,0	278,4	256,4	47,0	148,1
Var(FS)	144,5	2308,2		232,4	233,6	265,9	12,9	87,8
ID	112,8	808,2		322,4	415,1	370,8	188,8	322,7
IP	1,8	2,9		2,2	2,2	2,2	2,5	2,7

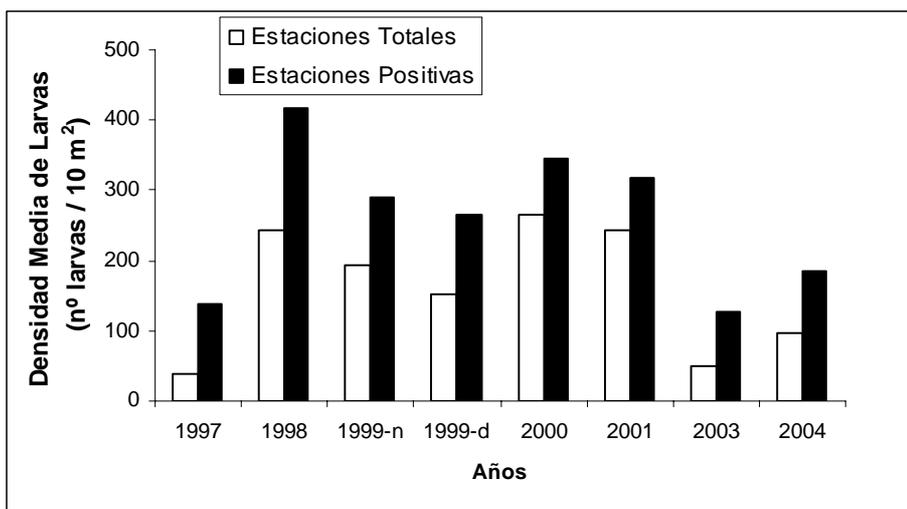


Figura 27. Cambios interanuales de las abundancias de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones.

8.1.10 Determinación de la estratificación vertical de huevos y larvas de jurel

En las **Tablas 15** y **16** se presentan las densidades obtenidas en las minigrillas efectuadas para verificar la estratificación vertical de huevos y larvas de jurel. Se descartan las estaciones donde se efectuaron lances integrados para verificar la densidad total de cada estrato. No se observaron diferencias significativas entre el promedio de la suma de las densidades por estrato de profundidad y el valor medio obtenido para la muestra integrada de 0 a 100 m (test t, $p < 0,05$).

Se evidencia que más de un 60% de los huevos y larvas de jurel se localizan dentro de los primeros 2 estratos de profundidad desde la superficie (< 50 m), siendo este patrón más notorio para los huevos que para las larvas (**Figuras 28** y **29**). En el caso de los huevos, entre un 42% y un 78% del total registrado en la columna de agua hasta los 100 m de profundidad se detectan en el estrato superficial (< 25 m) y en términos de densidad se corrobora un declinamiento de tipo exponencial con la profundidad (**Figuras 28**). De todos modos, entre un 0% y un 18% de los huevos pueden ser registrados en el estrato entre 75 y 100 m.

Al igual que los resultados obtenidos tras el crucero de noviembre de 2003, luego de representar la densidad de cada estrato como porcentaje de la suma de las densidades de los 4 estratos muestreados, se observa una relación decreciente de la densidad media de huevos al incrementar la profundidad del estrato de tipo exponencial negativa (**Figura 30**).

Acorde con los resultados obtenidos y contrastando con la profundidad media de la termoclina para toda el área de estudio, se observa que en promedio la mayor proporción de huevos de jurel se encuentran en los estratos superficiales entre 0 y 50 m de profundidad.

Tabla 15. Densidad de huevos de jurel (ind/10m²) por estrato de profundidad y minigrilla de muestreo vertical.

PAM	Lance	Minigrilla	0-25 m	26-50 m	51-75 m	76-100 m	Suma densidad
Libas	2C1	1	0	0	35.4	0	35.4
	4C1	1	0	0	0	0	0
	5C1	1	0	0	0	0	0
	6C1	1	0	0	0	0	0
	10C2	2	742.7	282.9	35.4	0	1061
	11C2	2	530.5	106.1	0	0	636.6
	12C2	2	318.3		35.4	106.1	459.8
	13C2	2	813.5	35.4	70.7	70.7	990.3
	14C2	2	742.7	0	35.4	0	778.1
	15C2	2	247.6	141.5	0	35.4	424.4
	17C3	3	1025.7	247.6	35.4	176.8	1485.4
	19C3	3	353.7	70.7	35.4	70.7	530.5
	20C3	3	636.6	247.6	35.4	70.7	990.3
	21C3	3	565.9	282.9	70.7	70.7	990.3
	22C3	3	636.6	35.4	212.2	35.4	919.6
	24C3	3	141.5	636.6	141.5	141.5	1061
Matias I	1 C1	1	35.4	0	0	0	35.4
	2 C1	1	35.4	35.4	35.4	0	106.1
	3 C1	1	35.4	35.4	0	0	70.7
	4 C1	1	0	35.4	35.4	0	70.7
	5 C1	1	0	0	0	0	0
	1 C2	2	742.7	1061	106.1	176.8	2086.7
	4 C2	2	176.8	176.8	954.9	247.6	1556.2
	5 C2	2	601.3	424.4	70.7	0	1096.4
	6 C2	2	247.6	0	0	0	247.6
	7 C2	2	389	35.4	0	106.1	530.5
	1 C3	3	353.7	212.2	35.4	35.4	636.6
	4 C3	3	424.4	70.7	0	212.2	707.4
	5 C3	3	884.2	0	35.4	0	919.6
	6 C3	3	318.3	141.5	141.5	0	601.3
	8 C3	3	212.2	70.7	70.7	0	353.7
	1 R	T1	176.8	106.1	106.1	35.4	424.4
	2 R	T2	424.4	424.4	70.7	35.4	954.9
	3 R	T3	106.1	35.4	0	106.1	247.6

Tabla 16. Densidad de larvas de jurel (ind10m⁻²) por estrato de profundidad y minigrilla de muestreo vertical.

PAM	Lance	Minigrilla	0-25 m	26-50 m	51-75 m	76-100 m	Suma densidad
Libas	2C1	1	35.4	70.7	70.7	0	176.8
	4C1	1	0	0	0	35.4	35.4
	5C1	1	0	0	35.4	0	35.4
	6C1	1	35.4	0		0	35.4
	10C2	2	176.8	0	0	0	176.8
	11C2	2	282.9	35.4	0	0	318.3
	12C2	2	35.4		35.4	0	70.7
	13C2	2	212.2	141.5	70.7	0	424.4
	14C2	2	141.5	0	0	0	141.5
	15C2	2	35.4	106.1	0	0	141.5
	17C3	3	141.5	672	35.4	35.4	884.2
	19C3	3	70.7	282.9	0	70.7	424.4
	20C3	3	318.3	424.4	176.8	70.7	990.3
	21C3	3	459.8	636.6	35.4	35.4	1167.1
	22C3	3	707.4	212.2	35.4	70.7	1025.7
	24C3	3	0	424.4	70.7	0	495.1
Matias I	1 C1	1	0	0	0	0	0
	2 C1	1	0	70.7	0	0	70.7
	3 C1	1	0	35.4	0	0	35.4
	4 C1	1	0	0	0	0	0
	5 C1	1	0	0	0	0	0
	1 C2	2	424.4	318.3	70.7	0	813.5
	4 C2	2	0	530.5	884.2	35.4	1450.1
	5 C2	2	742.7	954.9	106.1	35.4	1839.1
	6 C2	2	0	0	0	35.4	35.4
	7 C2	2	106.1	35.4	0	35.4	176.8
	1 C3	3	353.7	141.5	35.4	35.4	565.9
	4 C3	3	813.5	495.1	35.4	35.4	1379.3
	5 C3	3	247.6	353.7	141.5	70.7	813.5
	6 C3	3	70.7	247.6	70.7	0	389
	8 C3	3	70.7	70.7	0	0	141.5
	1 R	T1	70.7	35.4	70.7	141.5	318.3
2 R	T2	106.1	35.4	0	0	141.5	
3 R	T3	35.4	35.4	0	70.7	141.5	

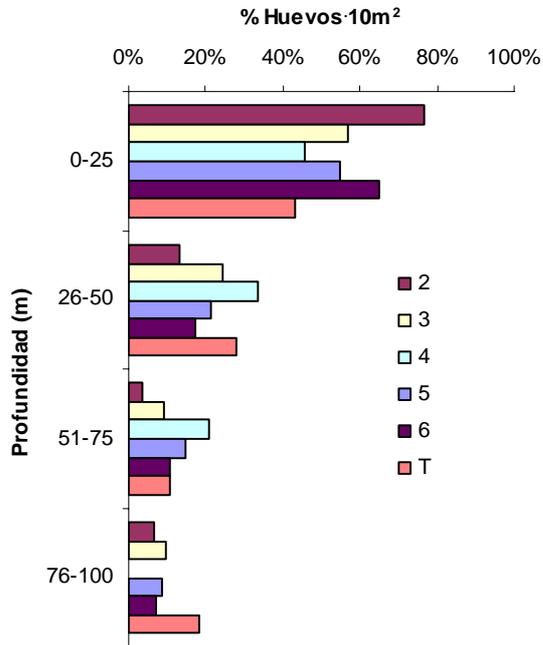


Figura 28. Distribución vertical promedio de huevos de jurel (expresados en porcentaje) por estrato de profundidad en cada una de las minigrillas (2-6) y transecta T (ver figura 2).

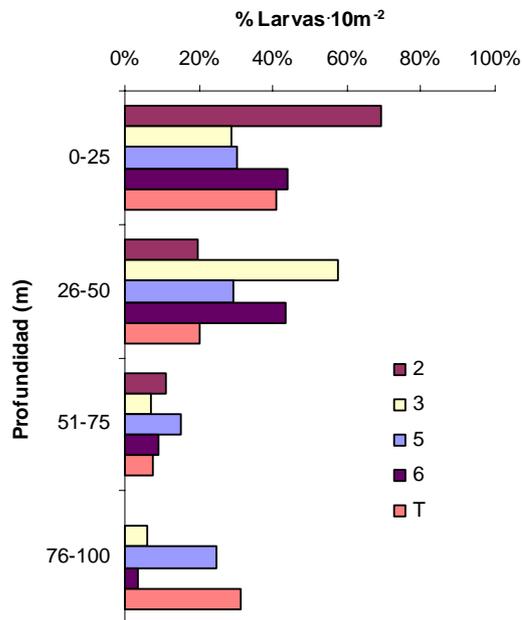


Figura 29. Distribución vertical promedio de larvas de jurel (expresadas en porcentaje) por estrato de profundidad en cada una de las minigrillas (2-6) y transecta T (según figura 2).

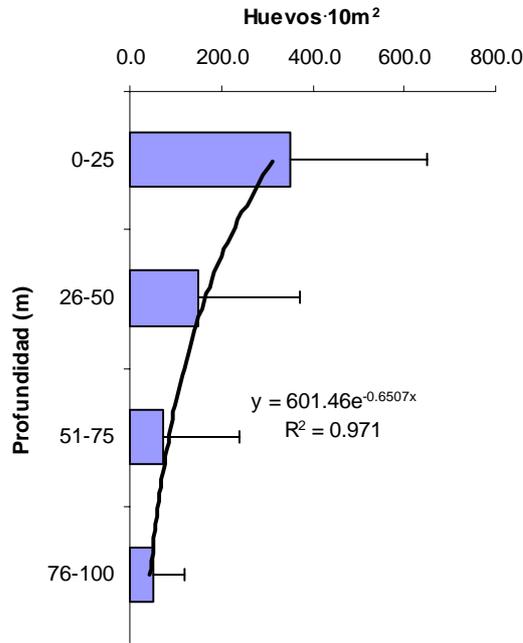


Figura 30. Densidad media por estrato de profundidad de huevos de jurel (se incorpora ajuste exponencial; barras indican 1 d.e.)

8.1.11 Análisis de la distribución espacial de huevos y larvas de jurel

La información de campo obtenida en el crucero de evaluación ejecutado en noviembre de 2004 fue procesada y analizada con el objeto de analizar la distribución espacial de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio. Previamente, se definió los focos de abundancia, siguiendo el enfoque geoestadístico transitivo independientemente para huevos y larvas de jurel.

a) Área de desove y polígonos de estimación

El área de estudio, definida como la superficie efectivamente evaluada, alcanzó una extensión de 403.980 mn² (**Figura 31**), lo que significa un incremento de 37,1% respecto del área prospectada en noviembre de 2003 (= 253.995,2 mn²).

El área de desove, calculada según la cuantificación de las sub-áreas que representan estaciones positivas alcanzó a 307.400 mn², siendo 62,7% mayor que el área de desove observada en el año 2003 (=188917,2 mn²), para aproximadamente el mismo período de evaluación (noviembre).

Por otro lado, según el enfoque geoestadístico transitivo, para el caso de los huevos de jurel, se identificó 10 polígonos de estimación de la densidad (huevos/10m²), que ocuparon una superficie de 325.855,1 mn² (**Tabla 17**), representando 76,1% del área total de evaluación. Al respecto, cabe hacer notar que el área de desove por el enfoque geoestadístico es un 6% mayor, lo que se atribuye al proceso de suavizamiento de los bordes del polígono de estimación.

En el caso de las larvas de jurel, el área de distribución según el enfoque de las sub-áreas, alcanzó a 233.400 mn², lo que equivale a 57,8% del área estudiada. Bajo el enfoque geoestadístico transitivo, el área de distribución de las larvas se encontró fragmentada en 18 polígonos de estimación con una superficie de 273.478,3 mn², un 17,2% mayor que en el caso anterior. Como en el caso de los huevos de jurel, el incremento del área de distribución se debe al suavizamiento de los bordes de los polígonos de estimación.

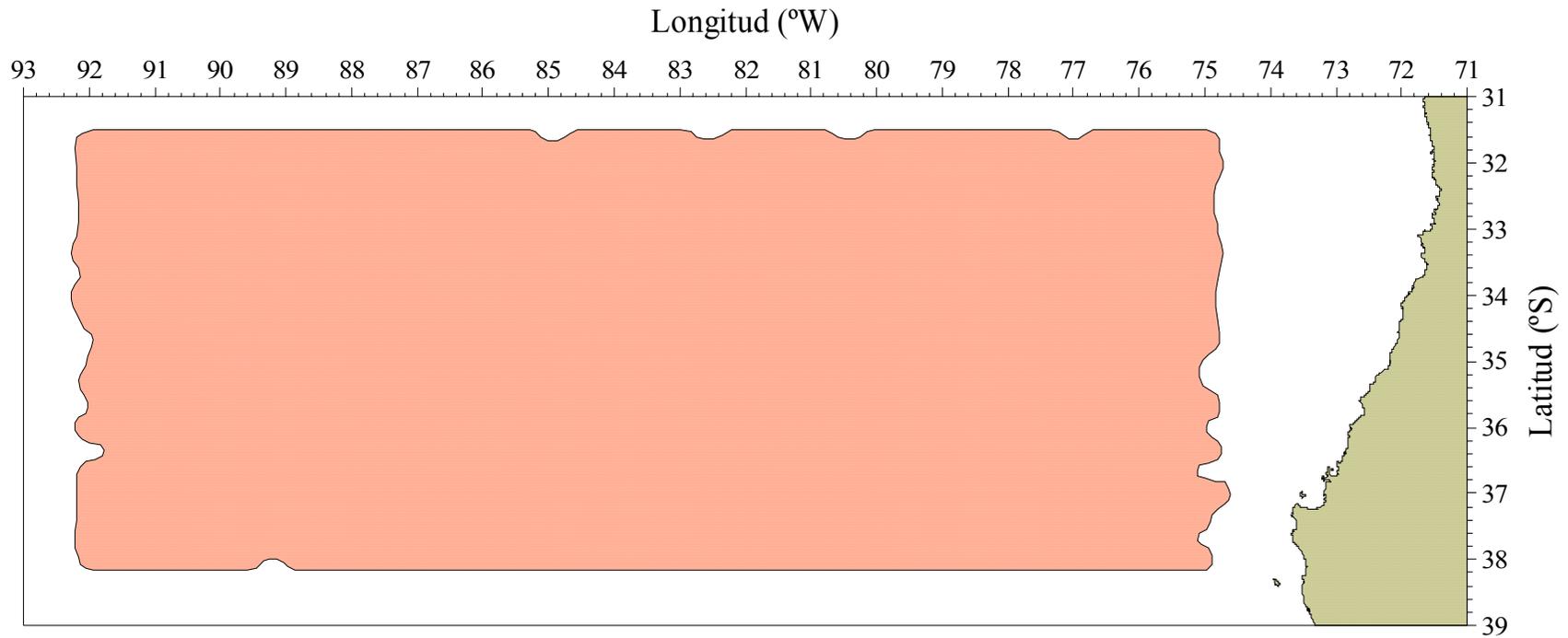


Figura 31. Mapa que representa la disposición espacial del área de estudio de la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de de jurel en noviembre de 2004.

Tabla 17. Area (mn2) de los polígonos de estimación identificados para huevos y larvas de jurel en el área de estudio en noviembre de 2004 según el enfoque geoestadístico transitivo.

Polígono	Huevos	Larvas
1	1.487,8	902,0
2	703,0	7.750,5
3	703,0	4.333,2
4	5.934,5	1.597,8
5	20.738,3	545,9
6	3.694,4	545,9
7	4.932,9	4.543,6
8	703,0	5.467,4
9	703,0	2.623,1
10	286.255,0	2.278,3
11		39.276,6
12		712,7
13		4.425,1
14		1.345,7
15		3.970,4
16		545,9
17		3.854,7
18		188.759,3
Total	325.855,1	273.478,3

b) Distribución espacial de huevos y larvas

- HUEVOS

El análisis estructural reveló la presencia de anisotropía en la dirección Este-Oeste. El modelo de variograma teórico ajustado al variograma experimental correspondió al modelo exponencial, cuyos parámetros se entregan en la **Tabla 18**. El mismo análisis indica que la varianza no explicada por el variograma (**Figura 32**), alcanza a 4,5%, considerado bajo para este tipo de estudios. La distribución espacial de la densidad (huevos 10m^{-2}) de huevos de jurel en entrega a la forma de un mapa de contornos en la **Figura 33**.

Tabla 18. Parámetros del variograma teórico ajustado a los registros de densidad de huevos (huevos 10m^{-2}) y larvas (larvas 10m^{-2}) de jurel. Bondad de ajuste: SCR = suma de cuadrados residuales.

Parámetros	Huevos	Larvas
Modelo	Exponencial	Exponencial
Rango (mn)	147,184	90,247
Umbral (<i>sill</i>)	142.214,346	5.476,613
Efecto pepita (nugget)	6.737,811	1.879,790
SCR	336.628.567,	424.119,2

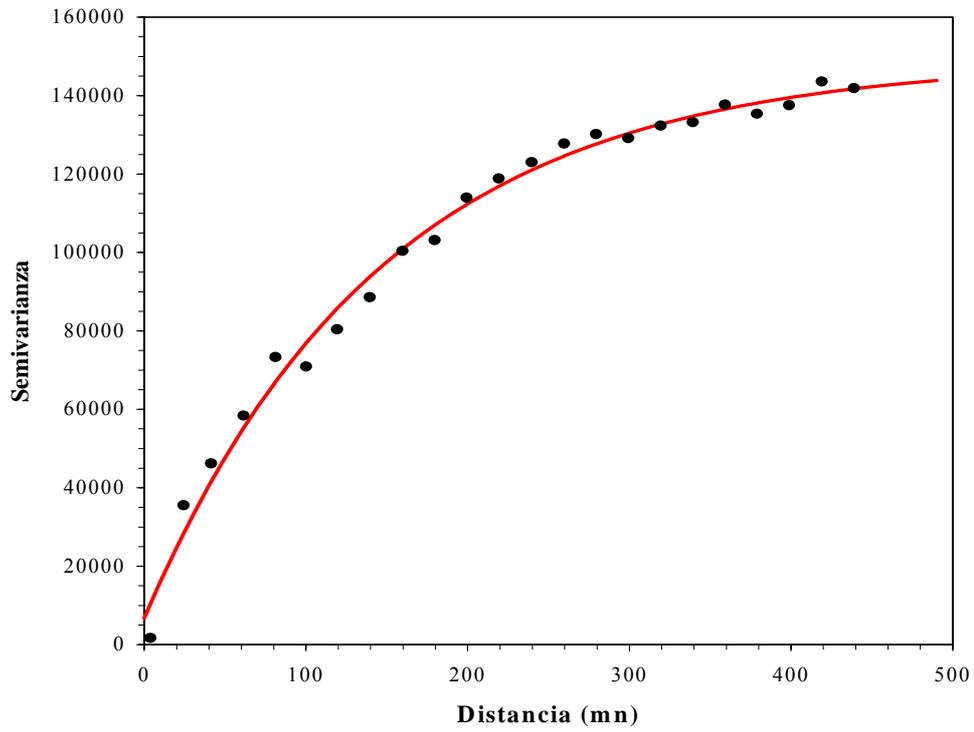


Figura 32. Variograma teórico (modelo esférico , línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de huevos de jurel (huevos 10m^{-2}) en el área de estudio en noviembre de 2004.

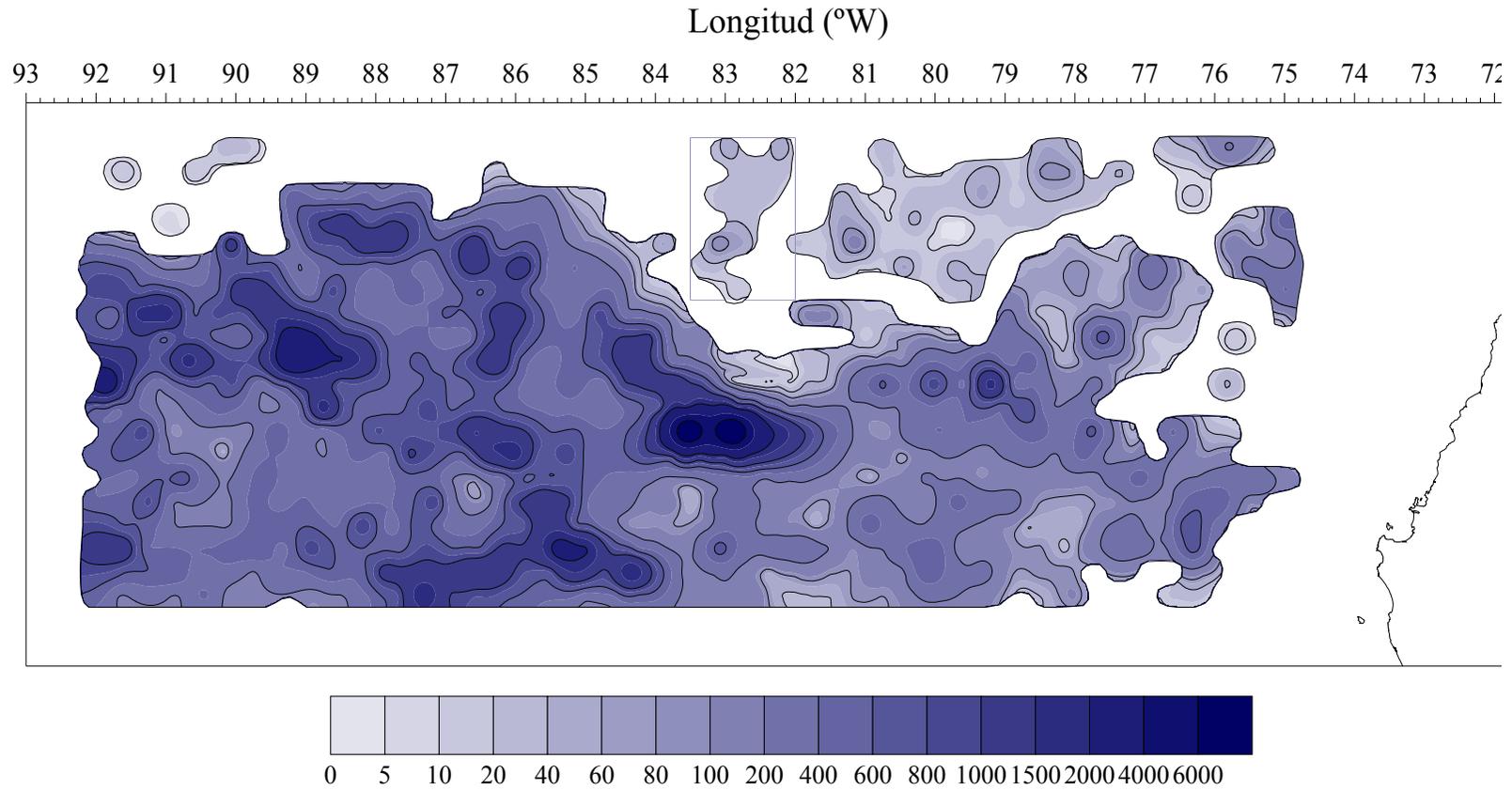


Figura 33. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de huevos (huevos $10m^{-2}$) de jurel en el área de estudio en noviembre de 2004.

- LARVAS

La distribución de larvas de jurel en el área de estudio, al igual que en el caso de los huevos, presentó anisotropía zonal en la dirección Este-Oeste. El análisis estructural reveló que el rango de las estructuras alcanzaron un tamaño de aproximadamente 90 mn (**Tabla 18**). El modelo de variograma teórico ajustado al variograma experimental que representa la continuidad espacial de la densidad de larvas de jurel correspondió al modelo exponencial, cuyos parámetros se entregan en la **Tabla 18 (Figura 34)**.

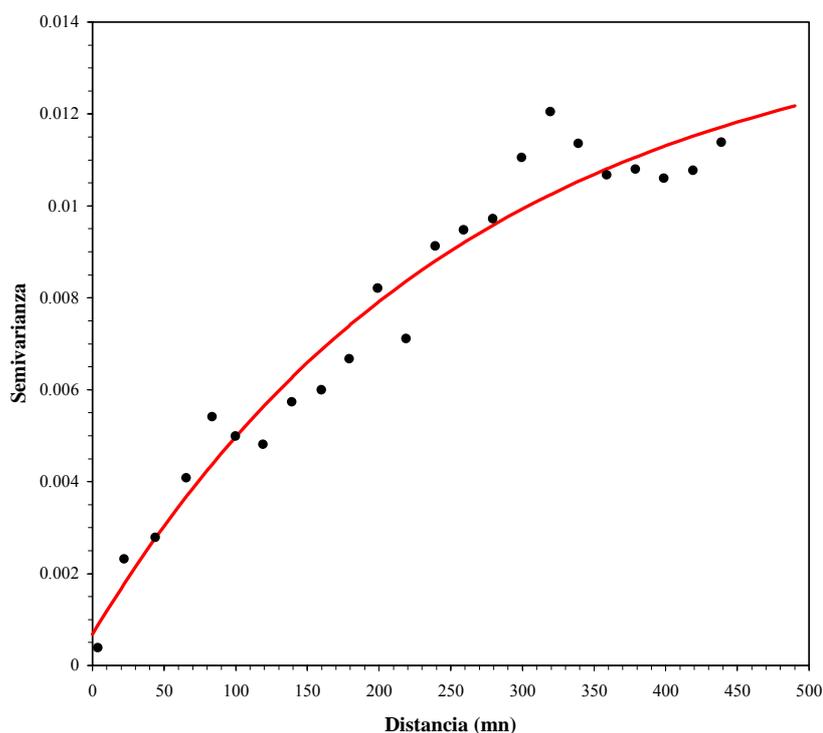


Figura 34. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de larvas de jurel (*Trachurus symmetricus*, núm/10m²) en la zona de estudio.

A diferencia de la distribución espacial de huevos, la distribución espacial de la densidad de larvas (núm./10m²) se presentó más fragmentada, habiéndose identificado 18 focos de densidad (**Figura 35**), alcanzando en conjunto un área total de 273.478,3 mn², equivalente a 66,1% del área de evaluación y 83,9% del área de distribución de la densidad de huevos, respectivamente.

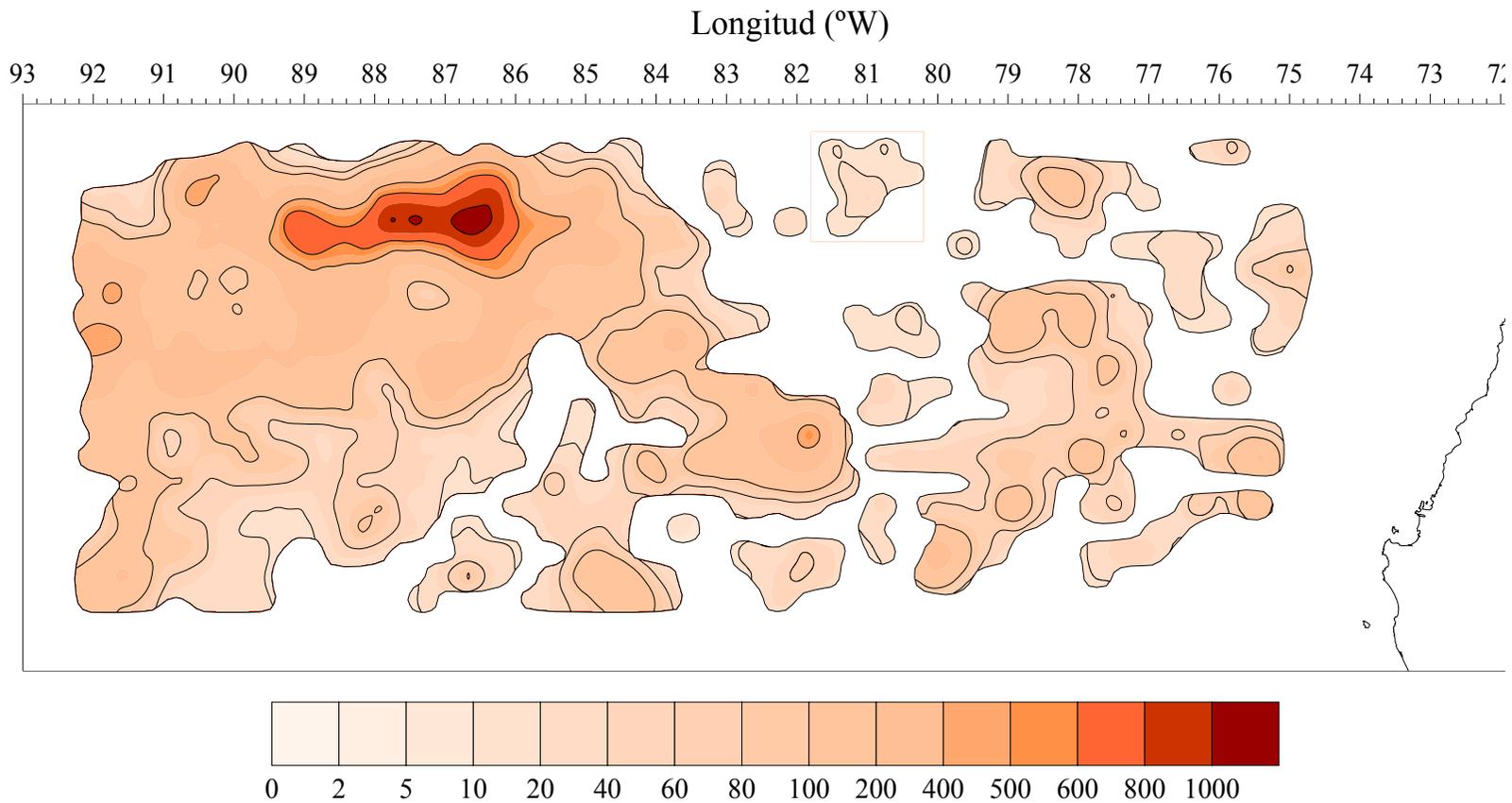


Figura 35. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de larvas (larvas 10m⁻²) de jurel en el área de estudio en noviembre de 2004.

8.1.12 Modelación de la distribución espacial de huevos y larvas (GAM)

Se incluyeron variables de posición como la latitud y la longitud además de una variable que condiciona posiblemente el hábitat de desove del jurel y la ocurrencia de sus productos de desove. El modelo GAM, de tipo descriptivo, se basó en la utilización de funciones de suavizamiento del tipo "loess". Se utilizaron las variables densidad de huevos y de larvas independientemente para ser modeladas en función de transformaciones de las variables latitud, longitud y temperatura superficial.

En la modelación de la densidad de huevos de jurel, se obtiene un modelo con parámetros significativos para explicar la distribución y cambios en los niveles de densidad en función de las tres variables. Los resultados de la aproximación exploratoria se presentan en la **Figura 36**, donde se observa que la distribución de huevos se incrementa fuertemente al sur de los 34°S y entre esta latitud y los 35°S, se observan las máximas densidades. Luego, se observa que la densidad aumenta con el incremento de la longitud o distancia desde la costa de manera lineal entre los 75°W y los 85°W. Sin embargo, desde esta longitud (85°W) se incrementa la densidad media de huevos y se mantiene en altos niveles hasta los 92°W. El efecto de la temperatura es a la forma de domo, con valores máximos de densidad en temperaturas entre los 16 °C y 17°C, para disminuir notoriamente la densidad hacia más bajas temperaturas, lo que daría cuenta de límites de tolerancia o de baja preferencia por parte de los adultos y que por ende restringen el borde sur del hábitat de desove, en tanto que a mayores temperaturas superficiales, se pueden registrar fuertes variaciones en densidad que hacen ampliar las bandas de confianza estimadas. Estas relaciones han sido también identificadas en versiones previas de este estudio, manteniendo la evidencia a favor de las hipótesis de trabajo que se han propuesto para evaluar la condición reproductiva del jurel y la caracterización del hábitat de desove del jurel en alta mar.

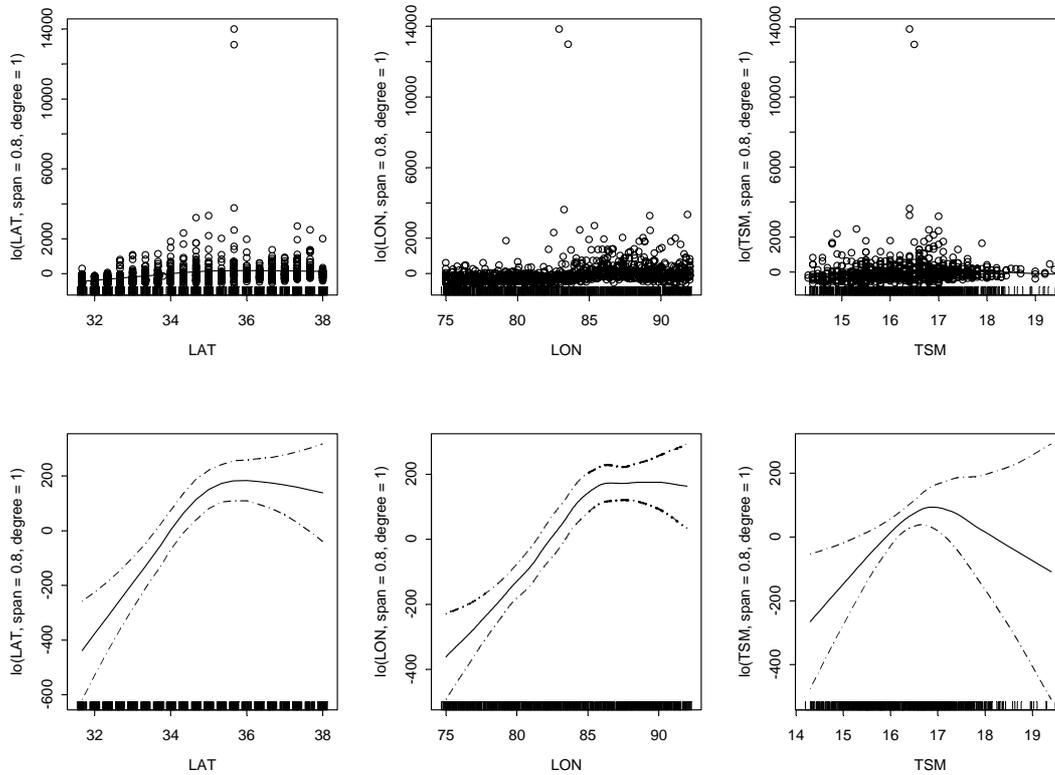


Figura 36. Densidad de huevos de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar (Noviembre de 2004, las bandas representan intervalos de confianza del 95%).

En el caso de las larvas, se observa una distribución similar a la señalada para los huevos. Sin embargo, la mayor distribución de larvas ocurre más hacia el norte que la distribución de huevos, entre los 32°S y 34°S (**Figura 37**). Longitudinalmente, se observa una distribución similar a la de los huevos, incrementando la densidad de larvas hacia el oeste; mientras que en función de la temperatura, se observa también una relación no-lineal en torno a un rango de temperatura levemente mayor que la de los huevos (16,5 °C a 17,5°C).

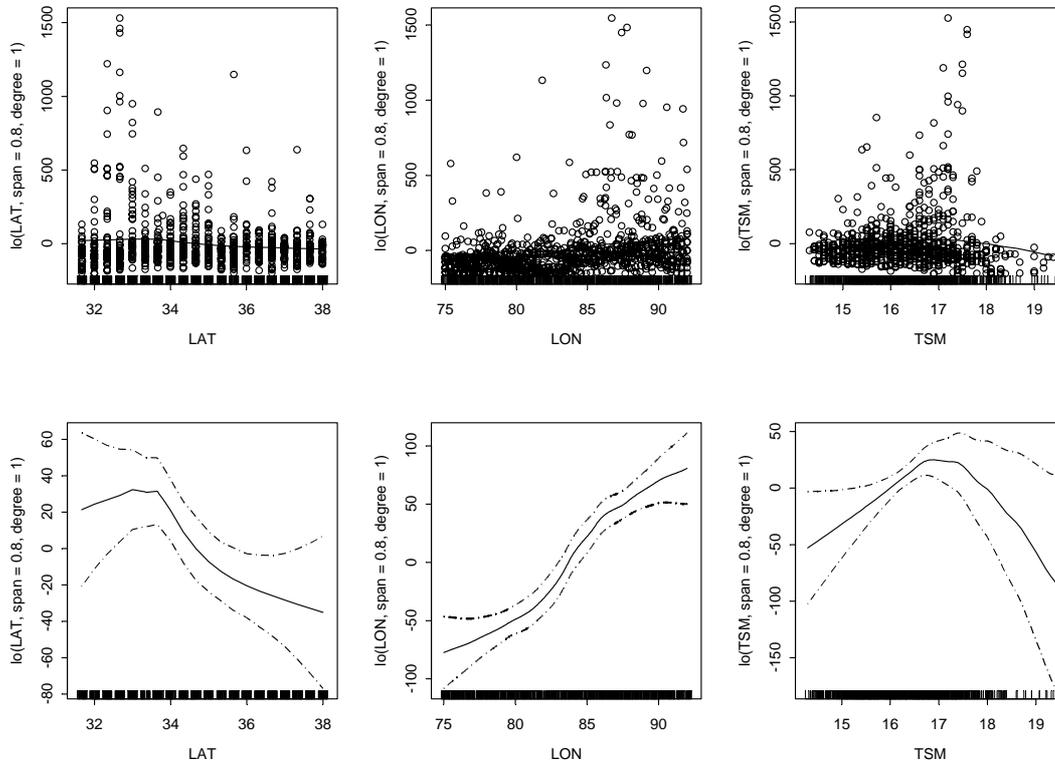


Figura 37. Densidad de larvas de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar (Noviembre de 2004, las bandas representan intervalos de confianza del 95%).

La **Tabla 19** resume la bondad de ajuste y la significancia de parámetros de los modelos ajustados para huevos y larvas, determinándose los 3 parámetros como significativos tanto para el modelo de densidad de huevos como de larvas.

Tabla 19. Parámetros de los modelos GAM aplicados a huevos y larvas de jurel.

Modelo	Grados de libertad	Número de parámetros	Valor F	Valor Probabilidad(F)
HUEVOS DE JUREL				
Transformada				
lo(LAT, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	1,3	13,791	0,00005
lo(LON, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	1,0	10,998	0,00099
lo(TSM, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	0,9	10,182	0,00205
LARVAS DE JUREL				
Transformada				
lo(LAT, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	1,3	5,301	0,01430
lo(LON, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	1,0	11,538	0,00070
lo(TSM, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	0,9	20,613	0,00001

8.1.13 Relación entre huevos y larvas de jurel y la temperatura superficial del mar

Se indagó sobre la existencia de rangos de distribución preferenciales de huevos y larvas de jurel sobre la variable ambiental temperatura superficial del mar, a partir de la metodología reseñada por **Perry y Smith (1994)** y **Perry et al. (1994)**, quienes proponen un método estadístico para la identificación de asociaciones entre la distribución de recursos marinos y las condiciones del hábitat.

Durante el crucero de evaluación, se encontró ausencia de asociación significativa ($p > 0,001$) entre la abundancia de huevos y los rangos para la temperatura superficial del mar observados durante la prospección (**Figura 38**). Por el contrario, para el caso de las larvas de jurel, se verificó una asociación significativa con los rangos de TSM (**Figura 39**).

El contrastar los resultados del presente crucero con los informados para el período 1998-2003, se aprecia cierta variabilidad entre cruceros en los rangos preferenciales de temperatura, tanto para huevos y larvas (**Tabla 20**), aunque siempre se reporta un grado de preferencia ambiental por aguas comparativamente más cálidas. El análisis histórico reveló a los años 2001 y

2004 con ausencia de rango preferencial para huevos de jurel, en contraste con el resto de los períodos evaluados (**Tabla 20**).

En síntesis, la información disponible proveniente de 7 cruceros realizados en la zona de desove de jurel frente a Chile central, muestra que las larvas y huevos del jurel presentan una preferencia por aguas cálidas mayores a 15,5°C, existiendo evidencia histórica que indicaría un rechazo a temperaturas mayores a 20,5°C como lo evidencian los resultados informados para el crucero de Noviembre de 2000, destacando que en dicha oportunidad se registraron los valores más altos de TSM en el área de prospección con un rango de variación entre 14,4 y 23,5 °C (**Figura 40**).

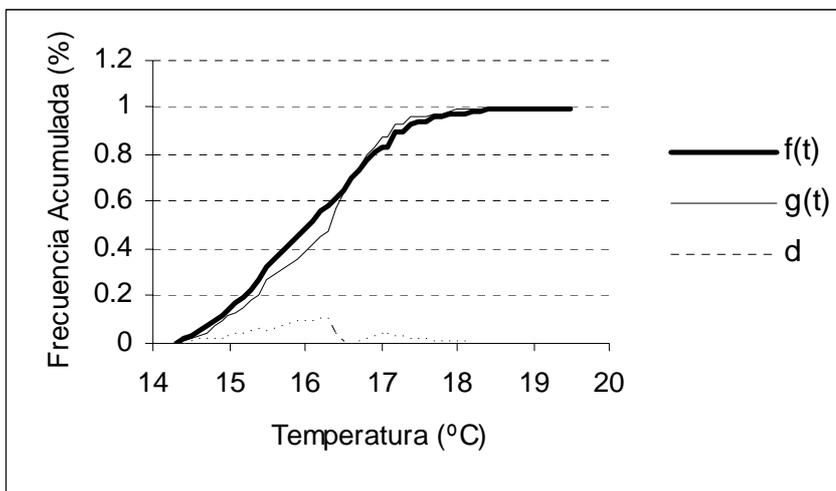


Figura 38. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre huevos de jurel (huevos m⁻²) y la temperatura superficial del mar para el crucero realizado en noviembre de 2004. f(t)= frecuencia acumulada de la variable ambiental. g(t)= frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de huevos o larvas, d= diferencia entre g(t) y f(t). S= 0,1070, P= 0,033 (S distancia máxima entre f(t) y g(t), P significancia estadística).

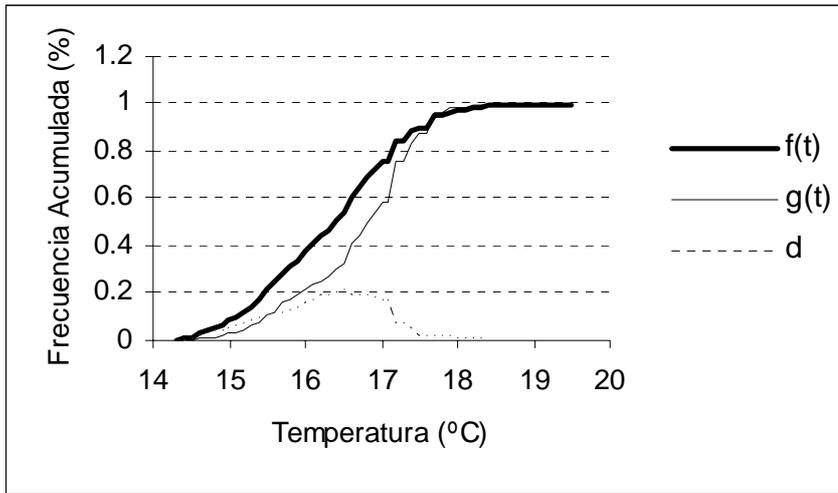


Figura 39. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas de jurel (larvas 10 m-2) y la temperatura superficial del mar para el crucero realizado en noviembre de 2004. $f(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental. $g(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de huevos o larvas, d = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$. $S= 0,2115$, $P= 0,000$ (S distancia máxima entre $f(t)$ y $g(t)$, P significancia estadística).

Tabla 20. Rangos de preferencia de los huevos y larvas de jurel para la temperatura superficial del mar en el área de desove de jurel frente a Chile central. Período: 1998 - 2004.

Crucero	Rango de preferencia ambiental .Huevos de jurel	Rango de preferencia ambiental .Larvas de jurel
Noviembre 2004	Sin rango preferencial	> 16,4
Noviembre 2003	>15,4	>15,6
Noviembre 2001	Sin rango preferencial	Sin rango preferencial
Noviembre-Diciembre 2000	17-20,5	17,5-20,5
Diciembre 1999	> 16,8	> 16,8
Noviembre 1999	>17,3	>17,3
Diciembre 1998	>15,5	>15,5

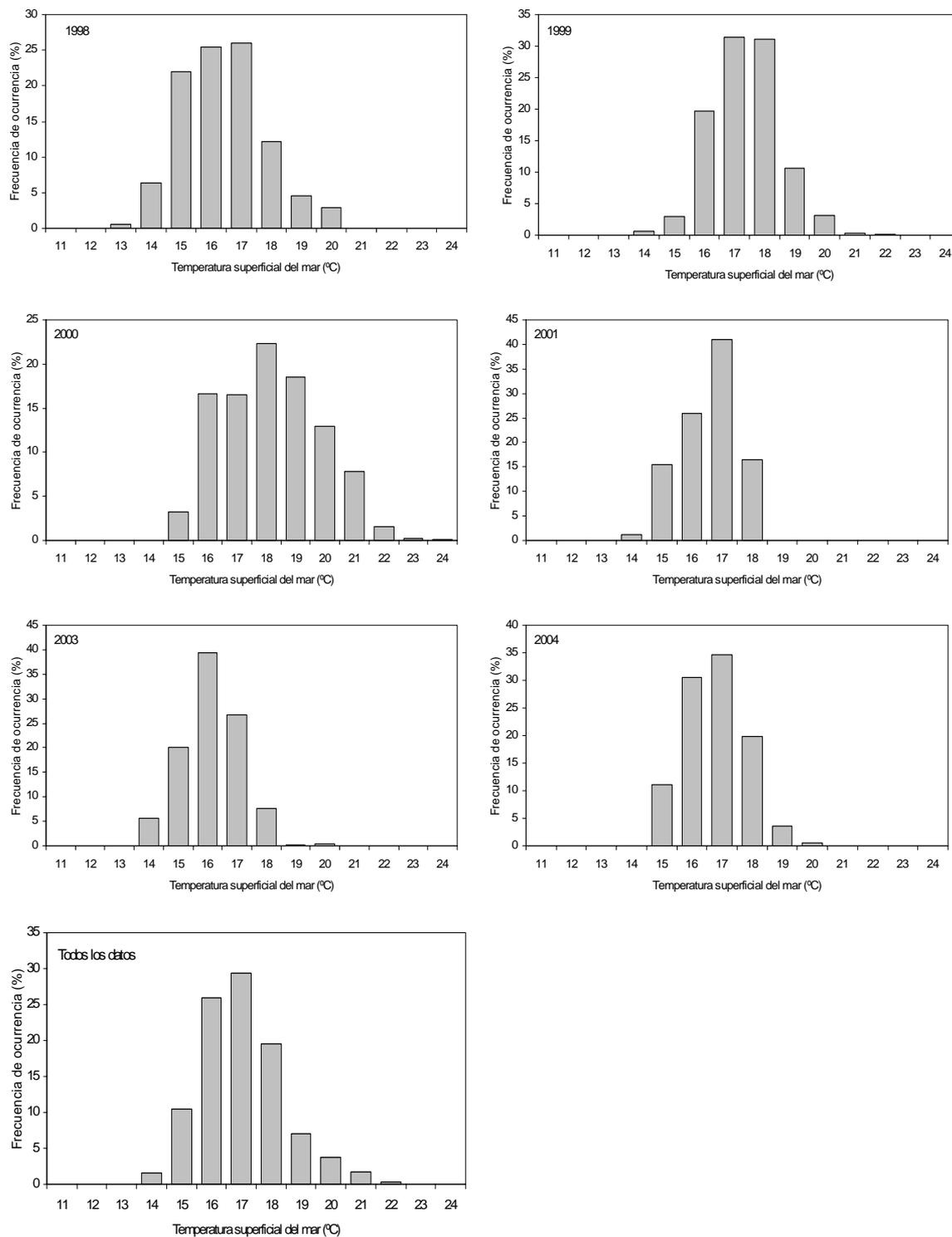


Figura 40. Distribución de frecuencias de temperatura superficial del mar informadas para las prospecciones de huevos de jurel en el área de desove de jurel frente a Chile central. Período: 1998 - 2004.

8.2 Estimación de la producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad de huevos

Las tres réplicas obtenidas en la incubación de 14°C, fueron analizadas con un análisis de la varianza de una vía (variable dependiente: edad, factor: réplicas y covariante: estadios), con el objeto de agrupar las réplicas en un solo grupo. El análisis no arrojó diferencias significativas (**Tabla 21**), por lo tanto, para los análisis y ajustes del modelo se trabajó con un solo grupo de datos. Esta información, se adicionó a la generada el año 2000 (**Cubillos *et al.*, 2001**), para generar un nuevo modelo que abarca un mayor rango de temperaturas, de 14 °C a 19 °C.

Tabla 21. Análisis de la varianza de una vía (Variable dependiente: Edad; Factor: Muestra; Covariante: Estadio), para la temperatura de incubación de 14°C. Significancia $p < 0.05$

Efecto	Sum cuadrados	g.l.	CuadradosM	F	p
Muestras	9.098	2	4.549	0.239	0.789
Estadio	6.998.068	1	6.998.068	367.693	0.000
Error	494.841	26	19.032		

Las edades promedio observadas por estadio de desarrollo y por temperatura de incubación se presentan en la **Tabla 22**, en donde se observa que existe una estrecha relación entre la temperatura de incubación y el tiempo de desarrollo de los huevos. Para la temperatura de 14°C los huevos alcanzan el estadio XI en 57 horas, a los 17 °C en 55.19 horas y a 19 °C, sólo en 50.5 horas.

Tabla 22. Edad promedio observada (horas) de huevos de jurel por estadio y temperatura.

Estadíos	Temperatura °C		
	14	17	19
III	15.42	8.03	6.14
IV	23.18	14.25	13.39
V	32.14	17.85	17.87
VI	38.09	24.82	24.82
VII	43.75	31.39	29.53
VIII	46.88	36.80	33.52
IX	51.17	44.53	39.40
X	53.90	49.94	44.29
XI	57.00	55.19	50.50

La relación existente entre cada estadio y su edad promedio (horas) para cada temperatura según la relación $Y_{i,t} = a_t e^{b_i} (i)^c$, fue analizada mediante una regresión lineal múltiple del logaritmo natural de la edad promedio sobre el estadio (i) de la forma: $\ln y = \ln a + b i + c \ln (i)$. Los valores de R^2 y los parámetros a, b y c para cada temperatura se muestran en la **Tabla 23**. Se observa que los coeficientes de determinación R^2 son altamente significativos.

Tabla 23. Parámetros a, b y c para la relación entre el estadio (i) de los huevos de jurel y la edad promedio para cada temperatura.

Parámetro	14°C	17°C	19°C
R^2	0.972	0.992	0.942
A	2.728	1.261	0.421
B	-0.1906	-0.068	-0.255
C	21.197	1.894	3.118

Finalmente, el modelo generalizado que permite obtener la edad promedio de cada estadio para cada temperatura de la forma $Y_{i,t} = a e^{(bt+ci)}(i)^d$, fue analizado mediante una regresión lineal múltiple entre el logaritmo natural de la edad promedio sobre la temperatura y el estadio (i). Los valores de R^2 y los parámetros a, b, c, y d se presentan en la **Tabla 24**.

Tabla 24. Parámetros a, b, c, d y coeficiente de determinación R^2 del modelo temperatura-edad para el jurel.

Parámetro	
a	5,8365
b	-0.0922
c	-0,1556
d	22.773
R²	0.9422

De lo anterior, el nuevo modelo de asignación de edad de huevos de jurel, abarcando el rango de temperaturas entre 14 y 19 °C es:

$$Y_{i,t} = 5.8365 e^{(-0.0922 * t) + (-0.1556 * i)} (i)^{2.2773}$$

Con el modelo obtenido, se estimó para cada estadio la edad promedio en un rango de temperaturas entre 14 – 19 °C (**Tabla 25**), construyéndose finalmente un conjunto de 6 curvas temperatura edad (**Figura 39**).

Tabla 25. Edad media estimada para cada estadio de huevos de jurel entre el rango de 14 – 19°C.

T °C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
14	1,37	5,7	12,27	20,22	28,77	37,3	45,34	52,6	58,87	64,04	68,1
15	1,25	5,19	11,19	18,44	26,24	34,01	41,35	47,96	53,68	58,4	62,1
16	1,14	4,74	10,2	16,82	23,92	31,01	37,7	43,74	48,95	53,25	56,62
17	1,04	4,32	9,31	15,33	21,81	28,28	34,38	39,88	44,63	48,56	51,63
18	0,95	3,94	8,49	13,98	19,89	25,79	31,35	36,37	40,7	44,28	47,08
19	0,87	3,59	7,74	12,75	18,14	23,51	28,59	33,16	37,11	40,38	42,93

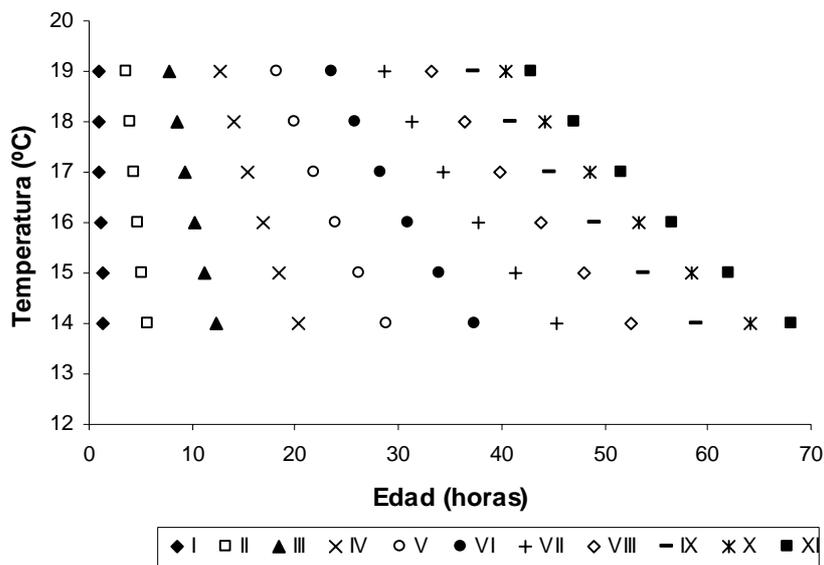


Figura 41. Edad promedio estimada para cada estadio de desarrollo de los huevos de jurel en función de la temperatura.

8.2.1 Comparación de los modelos temperatura - dependiente

Se realizó una comparación del modelo desarrollado el año 2000 (FIP 2000-10) con respecto del generado el año 2004 (FIP 2004-33), mediante un análisis de varianza. Los resultados revelan que no existen diferencias significativas en los tiempos totales de desarrollo embrionario de ambos modelos (**Tabla 26**). Sin embargo, al adicionar como factor los estadios, se verifican diferencias significativas entre los modelos (**Tabla 27**).

Tabla 26. Análisis de Varianza para los modelos desarrollados en los proyectos FIP 2000-10 y 2004-33.

Fuente	SC	g.l.	CM	F	p
Modelo	137.854	1	137.854	0.374	0.542
Error	47.879.711	130	368.305		

Tabla 27. Análisis de varianza para los modelos desarrollados en los proyectos FIP 2000-10 y 2004-33 donde se incorpora como factor los estadios.

Fuente	SC	g.l.	CM	F	p
Modelo	137.854	1	137.854	6.133	0.015
Estadio	44.980.093	1	44.980.093	2.001.102	0.000
Error	2.899.618	129	22.478		

Esto se corrobora al observar las curvas de desarrollo embrionario a distintas temperaturas (**Figura 42**), en donde se observa que las curvas de ambos modelos son similares. Sin embargo, el tiempo de desarrollo para los primeros estadios en el modelo del año 2004, es mayor que el observado en el modelo generado el año 2000.

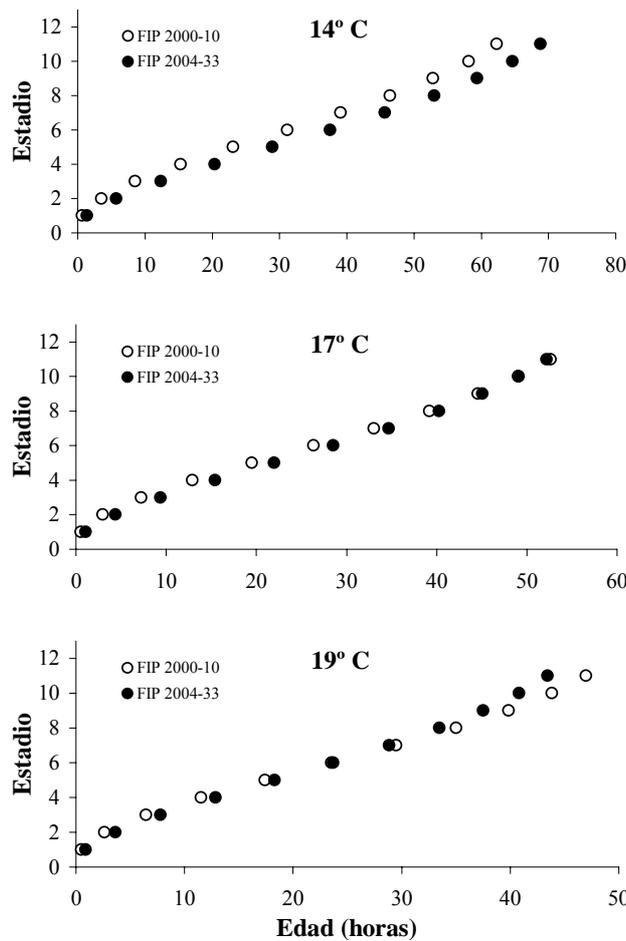


Figura 42. Desarrollo embrionario a distintas temperaturas generadas por los modelos de los proyectos FIP 2000-10 y FIP 2004-33.

8.3 PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS

8.3.1 Distribución de edades

El número de huevos por estadio, revela una alta presencia del estadio 3 (25 %), situación que ya se ha reportado en cruceros anteriores (**Figura 43**). En promedio, el segundo estadio más prevalente en las muestras es el estadio 6. Es coincidente, para toda la serie histórica, la baja presencia de los estadios extremos, esto es, el I, II, X y XI. Este patrón de distribución, reafirma la necesidad de excluir parte de esta información en las estimaciones de P_o , ya que son estadios que no son bien representados en las muestras (submuestreo).

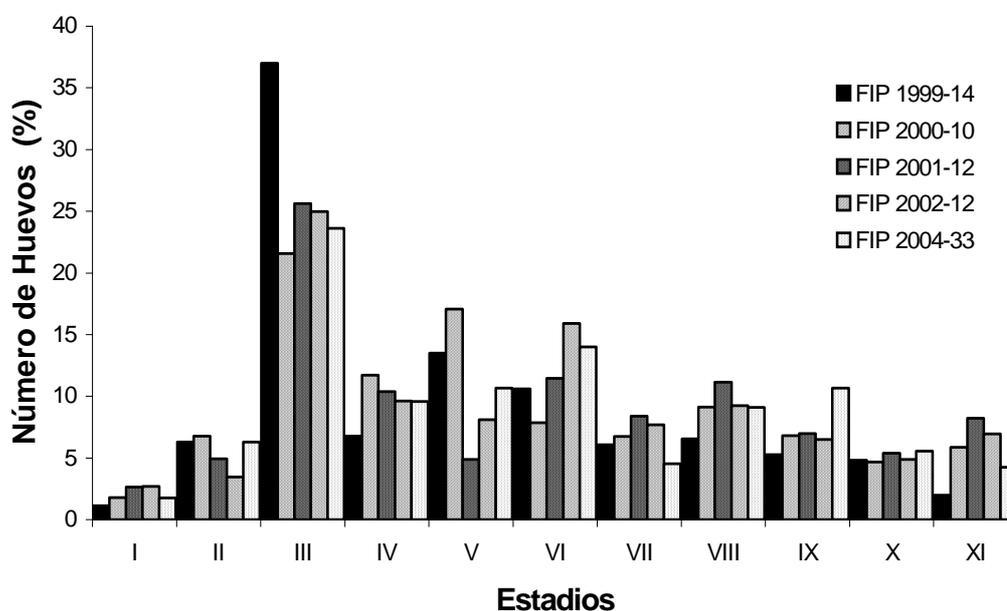


Figura 43. Número de huevos por estadio de desarrollo de jurel, expresados como porcentaje, para la serie histórica 1999-2004.

El número de huevos agrupados por grupos de edad provisionales de medio día, se presenta en la **Figura 44** en donde se observa que el grupo de edad 0-0,49 días es el grupo más representativo, los grupos de edad mayores a este, presentan un decaimiento gradual de su abundancia. Esta tendencia se mantiene para todos los cruceros realizados, destacando que en el Proyecto FIP 2002-12, se registraron las abundancias más bajas de la serie (abundancias por grupo de edad bajo los 20.000 huevos /10 m²). El año 2004 reporta un alza en sus abundancias, siendo similar a lo reportado el año 2001.

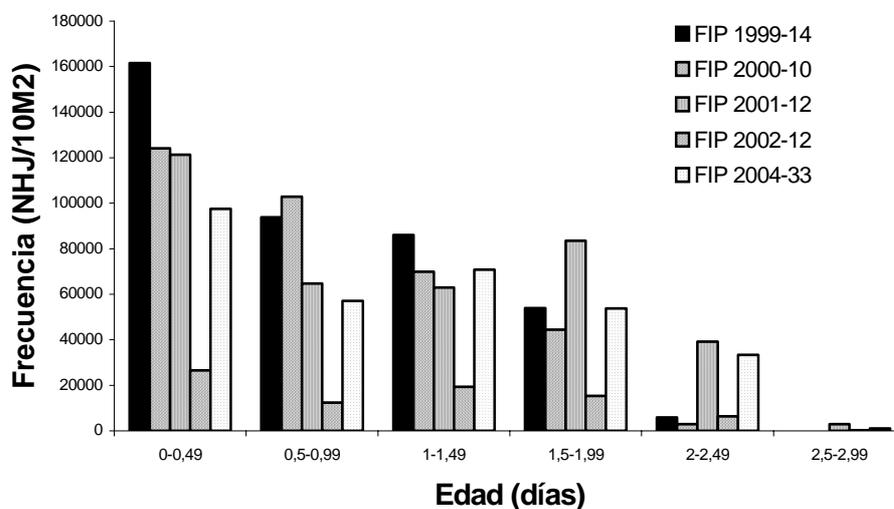


Figura 44. Número de huevos de jurel por grupos de edad provisionales de medio día.

8.3.2 Producción diaria de huevos y mortalidad

Con la modificación del modelo Temperatura-Dependiente para asignar edad a los huevos, se verificó un cambio en la curva de sobrevivencia de esta especie. Se analizó los datos del presente proyecto, comparando la curva de abundancia de huevos de jurel v/s edad empleando los 2 modelos (FIP 2000-10 y FIP 2004-33). En la **Figura 45** se puede verificar como las pendientes son distintas, observándose un decaimiento más leve de la abundancia de huevos con el modelo generado en el presente proyecto.

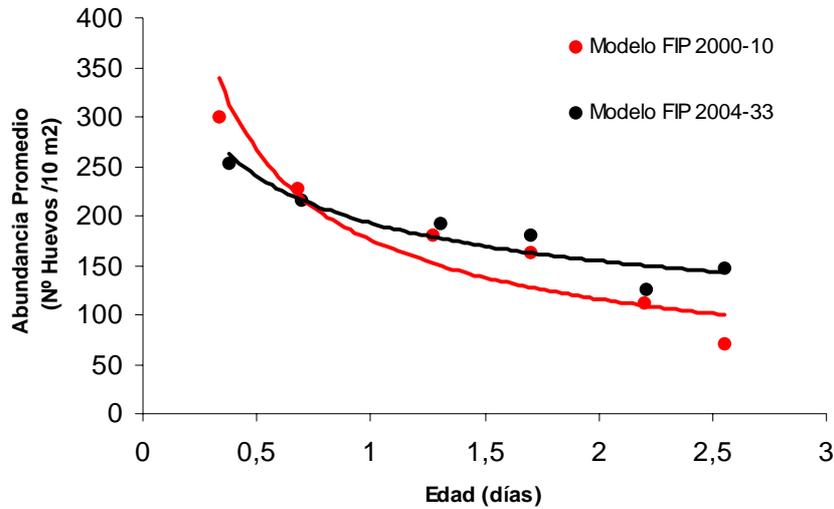


Figura 45. Curva de sobrevivencia de jurel: Abundancia promedio (Nº huevos de jurel /10 m2) v/s Edad (días).

Esta modificación generó que al aplicar el nuevo modelo para toda la serie histórica, la producción diaria de huevos y su correspondiente tasa de mortalidad fuera menor, en todos los años, al compararla con la data ya existente. En la **Tabla 28**, se presenta un resumen estadístico de la producción diaria de huevos y la tasa instantánea de mortalidad para el año 2004 y su comparación con los años anteriores.

Tabla 28 Producción diaria de huevos y coeficiente de mortalidad total de huevos de jurel, para la serie histórica 1999-2004. A) Modelo FIP 2000-10 B) Modelo FIP 2004-33.

A)

Años	Po (ind/10m ²)	V (Po)	CV	95 % L C	Z (d ⁻¹)	V (Z)	CV	95% L C	Area desove (km ²)
1999	695,6	10926,5	15,0	564,1 - 922,9	0,78	0,0361	24,4	0,98 - 0,59	663746,6
2000	520,9	1317,7	7,0	469,0 - 592,5	0,78	0,0081	11,5	0,90 - 0,67	823077,3
2001	518,8	2210,9	9,1	438,2 - 653,2	0,43	0,0064	18,6	0,59 - 0,32	600320,1
2003	131,2	171,9	10,0	105,7 - 183,0	0,60	0,01	16,7	0,85 - 0,41	647967,6
2004	330,4	957,903	9,4	277,8 - 432,2	0,45	0,0081	20,0	0,64 - 0,32	1054352,4

Continuación Tabla 28.

B)

Años	Po (ind/10m2)	V (Po)	CV	95 % L C	Z (d-1)	V (Z)	CV	95% L C	Area desove (km2)
1999	652,7	8932,14	14,5	519,9 - 1021,5	0,67	0,0289	25,4	0,99 - 0,48	663746,6
2000	491,6	1145,8	6,9	437,9 - 566,2	0,64	0,00689	13,0	0,77 - 0,53	823077,3
2001	462,2	1898,3	9,4	386,1 - 577,3	0,32	0,00672	25,6	0,46 - 0,20	600320,1
2003	92,0	107,3	11,3	74,9 - 119,4	0,38	0,01	26,3	0,55 - 0,24	647967,6
2004	273,2	790,2	10,3	228,1 - 352,0	0,28	0,00792	31,8	0,44 - 0,16	1054352,4

La producción diaria de huevos de jurel el año 2004, es casi tres veces mayor que la registrada el año 2003, sin embargo, los valores obtenidos ese año, son los más bajos de toda la serie y no son comparables con ningún otro año de estudio. Al comparar la producción del año 2004 con los años restantes, se observa que las producciones de los años 2000 y 2001 son muy similares entre sí, siendo superiores en más de 60% a la registrada en el presente proyecto. Destaca el año 1999, en donde se observó el valor más alto de la serie.

Las tasas de mortalidad presentan un decaimiento progresivo hasta registrarse en la actualidad un valor de 0,28 día⁻¹. La tasa de mortalidad instantánea indica que el 24,42% de los huevos de jurel muere diariamente.

8.4 CRUCERO DE ADULTOS

De acuerdo a lo estipulado en el protocolo de muestreo, cada embarcación pesquera participante en este crucero, tuvo como requerimiento realizar un lance de pesca diario, en presencia o no de algún ecotrazo visualizado en los equipos acústicos, esto último, en consideración a la descripción hecha anteriormente para experiencias similares, que indican que el jurel se encuentra en esta época y sector, conformando agregaciones principalmente dispersas. Así, sólo un 24% de los lances de pesca, fue realizado con la visualización previa de pequeños avistamientos, mientras que el resto de los lances, se realizó de acuerdo a lo sugerido por protocolo, o sea sin que haya existido indicio de presencia alguna de cardúmenes de jurel en dichos equipos. De esta forma, se pretendió garantizar una mayor cantidad y cobertura espacial de muestras biológicas provenientes del área de estudio. La ejecución de los lances diarios fue cumplida entre un 60% a un 100%, por cada una de las naves participantes. Una de las razones que impidió el logro de un 100% de eficacia de esta actividad, fue la existencia de días con

presencia de malas condiciones de tiempo, principalmente viento de gran intensidad desde el suroeste. A pesar de ello, el número total de lances realizados en toda el área de estudio, fue superior a lo obtenido en cruceros del mismo tipo en años anteriores, llegando a alcanzar un número de 75 lances de pesca, distribuidos ampliamente en el área de estudio (**Figura 46**) de los cuales sobre el 60%, presentó resultados positivos, implicando con ello, la colecta de una importante muestra de ejemplares de jurel para los respectivos análisis.

La mayor parte de los lances de pesca se ejecutaron durante el día, principalmente en el atardecer. Las capturas logradas en estos lances no superaron las 1,5 toneladas y el total de captura acumulada fue de 9,7 toneladas, observándose un predominio de lances con capturas que estuvieron por debajo de los 500 kilos. (**Tabla 29**).

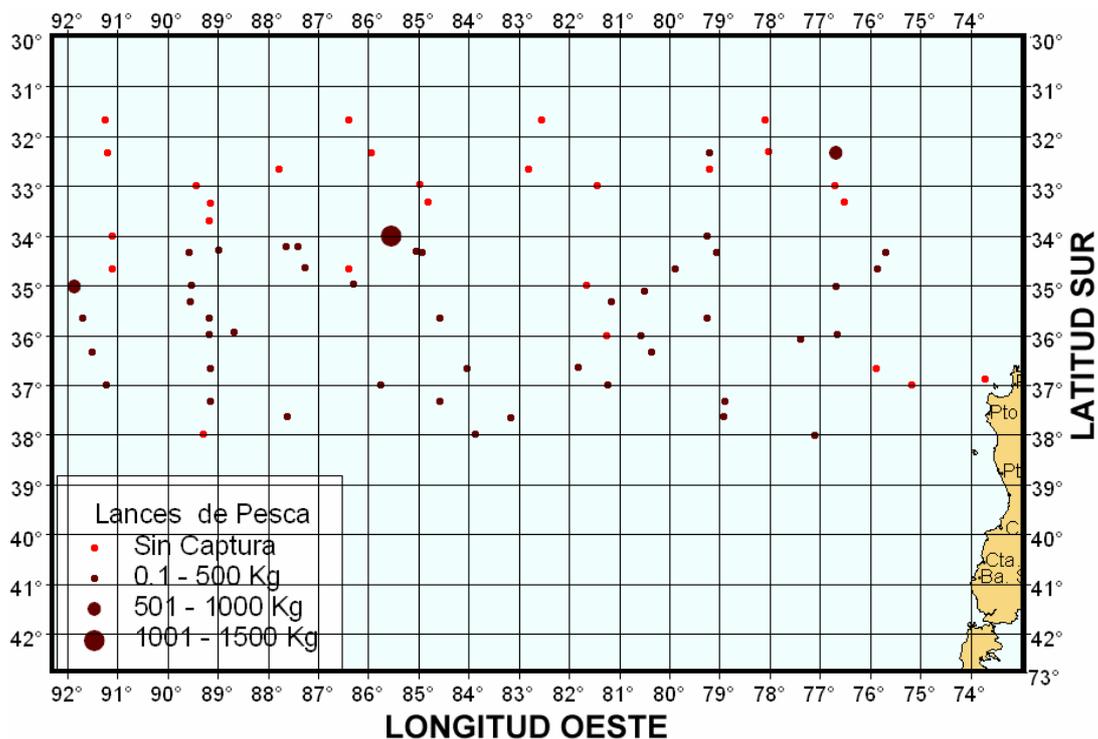


Figura 46. Distribución de los lances de pesca totales. Los círculos color café representan los lances positivos (n = 49).

Instituto de Investigación Pesquera

FIP 2004-33 "Condición biológica de jurel en alta mar, año 2004"

Tabla 29. Resumen de los lances de pesca realizados durante el crucero de Noviembre de 2004.

Número	día	hora	latitud	longitud	Captura (kg)	Pam	Número	día	hora	latitud	longitud	Captura	Pam
1	23	11:20	33°42'	89°10'	0	Toltén I	41	26	20:55	34°00'	79°14'	5	Yagan
2	27	14:05	34°58'	86°17'	300	Matias I	42	23	10:11	34°00'	85°33'	1500	-
3	21	14:18	35°40'	89°11'	25	-	43	24	14:30	34°00'	91°07'	0	-
4	26	13:20	35°40'	84°34'	50	-	44	27	9:15	32°20'	91°12'	0	-
5	20	10:45	36°39'	81°49'	36	-	45	25	21:39	32°20'	85°57'	0	-
6	24	17:30	36°01'	81°15'	0	-	46	21	21:56	32°20'	79°11'	100	-
7	25	11:20	36°05'	77°22'	100	-	47	27	5:25	32°19'	78°01'	0	-
8	22	14:30	36°53'	73°42'	0	-	48	26	13:32	32°20'	76°40'	1000	-
9	27	15:49	35°20'	81°09'	47	Malleco	49	25	19:10	34°21'	75°41'	220	Don Tito
10	26	10:17	35°20'	89°33'	120	-	50	29	13:12	34°20'	79°03'	16	-
11	21	10:41	37°00'	91°13'	26	-	51	27	19:17	34°20'	84°56'	350	-
12	23	11:30	37°00'	85°45'	10	-	52	28	20:00	34°20'	89°35'	215	-
13	24	8:13	37°00'	81°14'	130	-	53	23	17:39	32°40'	87°47'	0	-
14	26	11:00	37°00'	75°10'	0	-	54	23	21:24	32°40'	82°48'	0	-
15	24	8:40	35°07'	80°30'	17	Libas	55	27	16:55	32°40'	79°11'	0	-
16	23	18:18	34°19'	85°02'	16	-	56	25	20:25	34°40'	75°50'	122	Mack
17	21	17:00	34°13'	87°38'	29	-	57	20	20:48	34°40'	79°53'	46	-
18	25	16:43	34°18'	88°59'	7	-	58	21	11:43	34°40'	86°24'	0	-
19	26	10:20	34°39'	87°16'	8	-	59	24	14:37	34°40'	91°07'	0	-
20	21	16:20	34°14'	87°24'	37	-	60	23	19:03	33°00'	89°26'	0	-
21	25	11:15	35°57'	88°40'	22	-	61	26	20:13	32°59'	84°58'	0	-
22	23	20:08	35°01'	76°40'	276	Querelema	62	27	16:31	33°00'	81°26'	0	-
23	20	20:10	35°00'	81°39'	0	-	63	25	18:42	33°00'	76°42'	0	-
24	27	9:35	35°00'	89°31'	85	-	64	24	10:20	35°39'	79°15'	200	Ranquilh
25	26	21:32	35°01'	91°51'	1000	-	65	21	14:40	35°40'	89°11'	200	-
26	22	20:12	36°40'	89°09'	238	-	66	23	3:50	35°40'	91°42'	300	-
27	26	20:04	36°40'	84°02'	72	-	67	24	3:13	37°20'	89°09'	300	-
28	27	10:02	36°40'	75°52'	0	-	68	28	1:08	37°20'	84°34'	500	-
29	26	10:30	36°20'	80°21'	30	Francisco	69	25	3:10	37°20'	78°53'	100	-
30	25	15:15	36°20'	91°30'	100	-	70	23	21:05	35°59'	76°39'	10	Gardar
31	24	15:00	38°00'	89°17'	0	-	71	28	20:33	36°01'	80°34'	150	-
32	23	15:00	38°00'	83°52'	8	-	72	24	20:37	36°00'	89°10'	200	-
33	23	23:03	38°01'	77°06'	100	-	73	21	20:35	37°39'	87°37'	400	-
34	24	20:06	33°20'	76°31'	0	Chivilingo	74	26	21:45	37°40'	83°09'	500	-
35	27	19:36	33°20'	84°48'	0	-	75	27	21:30	37°39'	78°55'	100	-
36	28	17:22	33°21'	89°09'	0	-							
37	25	22:40	31°41'	91°15'	0	-							
38	26	23:45	31°40'	86°24'	0	-							
39	20	19:51	31°40'	82°33'	0	-							
40	21	19:06	31°40'	78°05'	0	-							

8.4.1 Estructura de tamaño

Los datos de distribución de frecuencia de tamaño de jurel para un total de 75 lances de pesca, donde se muestreo un total de 8116 ejemplares, correspondiendo estos a 4255 machos y 3861 hembras, reveló un rango de tamaños comprendido entre los 20 y 65 cm de longitud horquilla (LH), con un tamaño modal centrado en los 29 cm LH y una longitud promedio de 32,15 cm LH. El porcentaje de jurel bajo 26 cm LH fue de 11,41 %, siendo las hembras quienes presentaron el mayor aporte a esta fracción. La estructura de tamaños por sexo fue similar a la descrita para los sexos combinados; con una longitud promedio de 30,8 y 32,0 cm LH para hembras y machos, respectivamente (**Figura 45**).

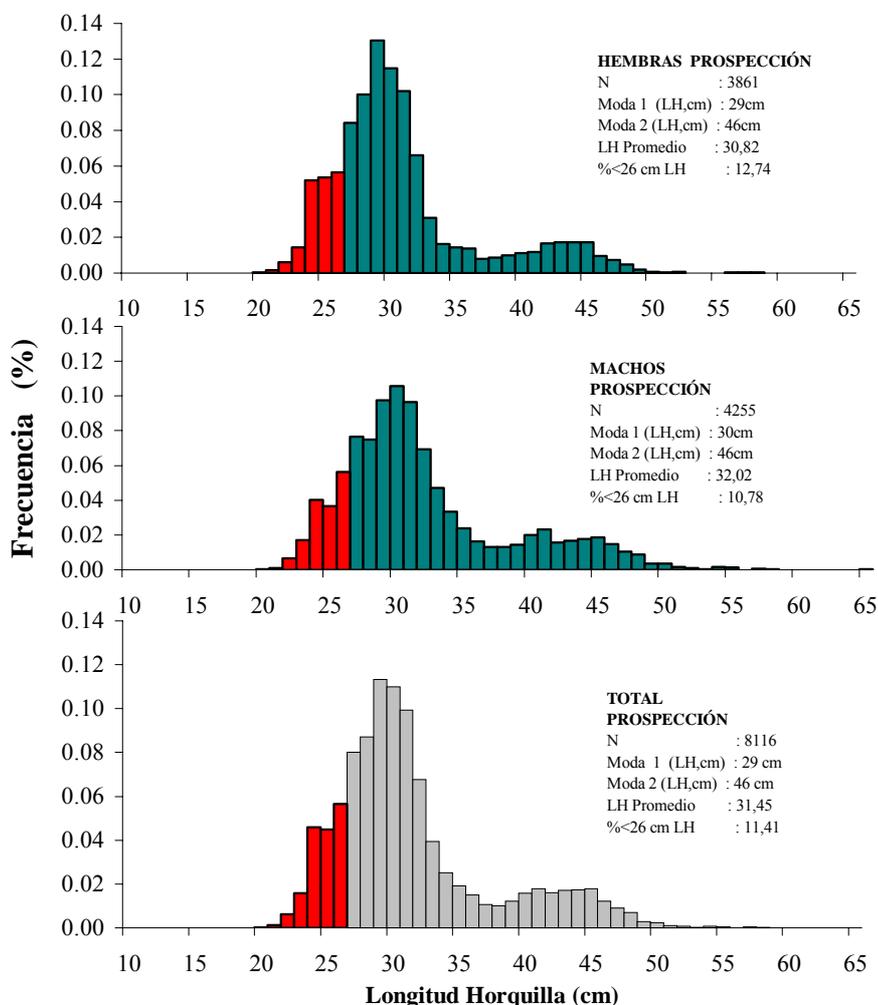


Figura 47. Distribución de frecuencia de tallas de jurel durante el crucero de Noviembre de 2004.

Desde el punto vista espacial, en la distribución del tamaño modal (**Figura 48**) se puede advertir que la presencia de modas de menor tamaño (24 a 25 cm LH) tienden a concentrarse hacia el sector noroeste del área de estudio, correspondientes con el sector más oceánico y cálido, en oposición a lo observado con las modas superiores a 40 cm LH, las cuales se muestran asociados al sector noreste, más cercano al sector costero y más frío. Así mismo, se reconoce un predominio de los grupos modales de 26 a 30 cm LH, con una baja presencia de modas inferiores a 26 cm LH y superiores a 40 cm LH.

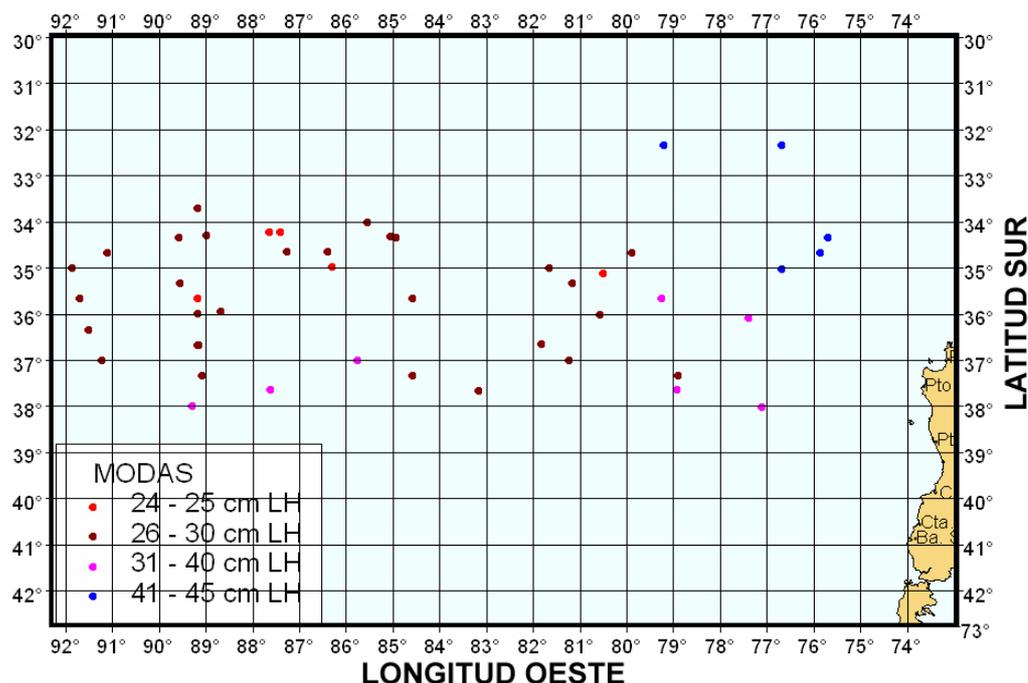


Figura 48. Distribución espacial del tamaño modal de jurel en los lances de pesca.

Por otro lado, la proporción de los ejemplares de jurel bajo talla mínima legal (BTML) observada en los lances de pesca (**Figura 49**), indica que en la mayor parte de los muestreos se registró presencia de ejemplares juveniles, sin embargo, esta presencia fue de carácter moderada a baja, manteniéndose en forma predominante bajo un 15%. Observándose que los valores más altos registrados se asocian al sector más noroeste del área de estudio, sin embargo, en este mismo sector se observan muestreos que no registran la presencia de ejemplares bajo talla mínima legal (26 cm LH). Evidenciando con ello, que para este caso no existe un patrón de distribución espacial definido.

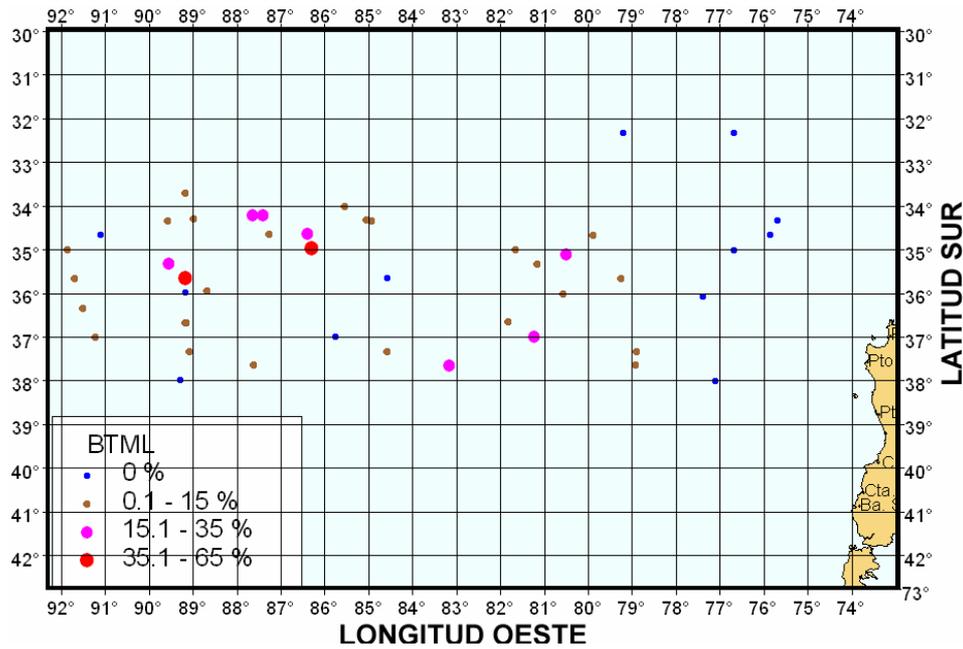


Figura 49. Distribución espacial de la proporción de ejemplares bajo talla mínima legal (BTML) de jurel, obtenida en los lances de pesca.

8.4.2 Relación longitud-peso

La relación longitud-peso fue establecida a partir de un total de 4865 ejemplares, para el total de individuos, los parámetros de la relación fueron $a = 0,013$ y $b = 2,928$ ($r^2 = 0,955$) (**Figura 50**). La relación en machos ($n = 2338$) fue $a = 0,014$ y $b = 2,908$ ($r^2 = 0,950$) (**Figura 51**) y en hembras ($n = 2527$) los parámetros fueron $a = 0,011$ y $b = 2,980$ ($r^2 = 0,963$) (**Figura 52**).

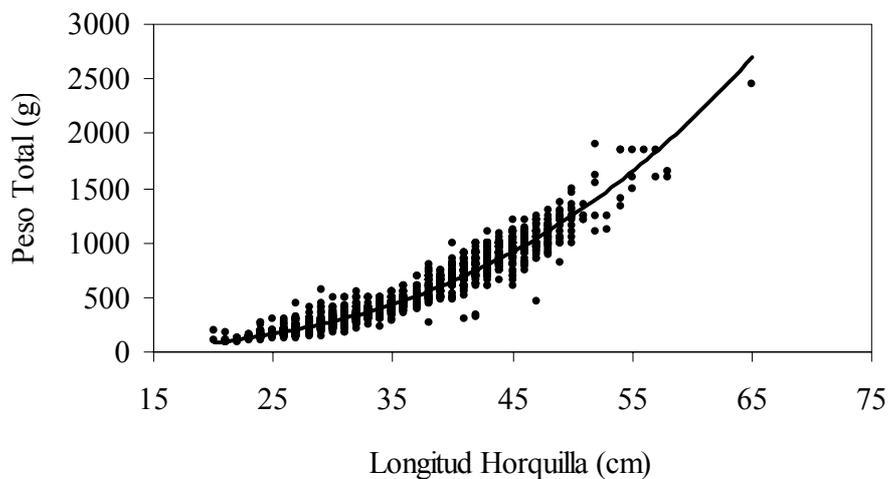


Figura 50. Relación longitud peso de *T. symmetricus* para el total de individuos obtenidos en el crucero 2004

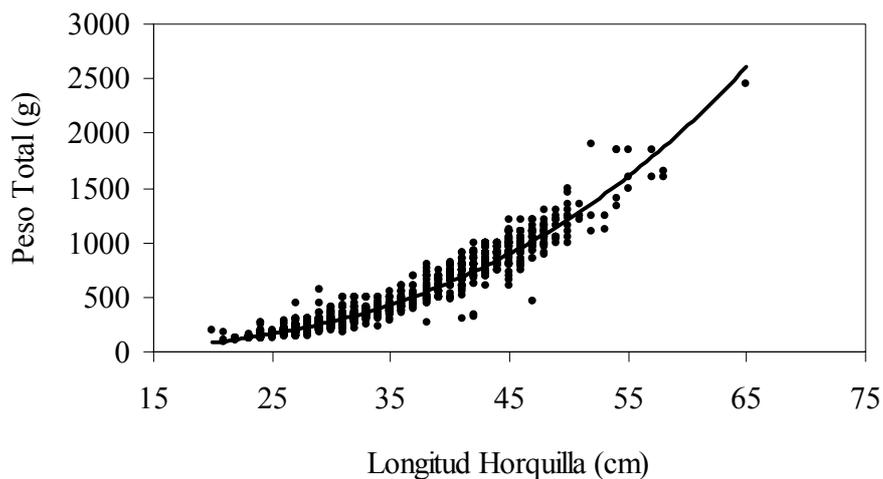


Figura 51. Relación longitud peso de *T. symmetricus* para el total de machos obtenidos en el crucero 2004.

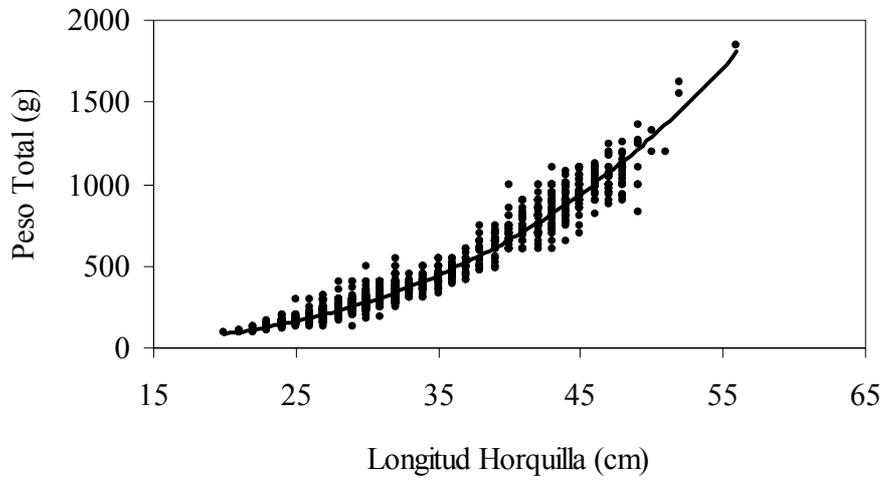


Figura 52. Relación longitud peso de *T. symmetricus* para el total de hembras obtenidos en el crucero 2004

La **Tabla 30** entrega un detalle de los principales indicadores de la relación talla-peso de jurel para sexos combinados, sexos separados y por barco.

Tabla 30. Principales indicadores de la relación longitud peso de *T. symmetricus* en 2004 por barco y sexo

Parametros	Barcos											
	Don Tito	Francisco	Gardar	Libas	Mack	Malleco	Matias I	Querelema	Ranquihue	Tolten I	Yagan	Chivilingo
Total												
a	0,010	0,010	0,011	0,030	0,005	0,026	0,022	0,026	0,028	0,022	0,011	-
b	3,014	2,983	2,978	2,689	3,180	2,716	2,796	2,738	2,709	2,744	2,987	-
r ²	0,936	0,950	0,951	0,941	0,978	0,921	0,919	0,964	0,935	0,810	0,976	-
Número	385	329	476	429	423	471	414	507	869	140	422	-
Longitud mínima	25	24	23	22	21	21	23	20	20	24	24	-
Longitud máxima	51	54	54	52	65	55	49	58	47	46	57	-
Longitud promedio	35,005	32,149	31,313	29,427	33,853	30,465	33,227	32,957	29,327	26,764	38,400	-
Longitud mediana	32	31	28	29	30	30	32	30	29	26	41	-
Moda(s) principal(es)	27	31	29	28	29	30	31	30	29	26	43	-
MACHOS												
a	0,010	0,013	0,016	0,030	0,007	0,038	0,020	0,034	0,028	0,007	0,013	-
b	3,025	2,904	2,876	2,687	3,118	2,606	2,828	2,661	2,700	3,071	2,928	-
r ²	0,937	0,940	0,935	0,940	0,972	0,902	0,920	0,958	0,946	0,910	0,974	-
Número de ejemplares	200	158	221	212	224	216	157	268	407	70	205	-
Longitud mínima	25	24	23	22	21	23	23	20	21	26	24	-
Longitud máxima	49	54	54	52	65	55	49	58	47	46	57	-
Longitud promedio	34,775	33,228	31,262	30,363	33,161	31,301	34,051	33,552	29,801	27,329	39,639	-
Longitud mediana	32	32	31	30	30	30	33	30	29	27	41	-
Moda(s) principal(es)	27	31	31	28	29	30	30	30	29	27	41	-
HEMBRAS												
a	0,011	0,006	0,008	0,026	0,005	0,016	0,026	0,018	0,024	0,068	0,009	-
b	3,001	3,143	3,068	2,737	3,229	2,858	2,745	2,847	2,767	2,404	3,024	-
r ²	0,936	0,964	0,966	0,939	0,985	0,941	0,916	0,974	0,929	0,609	0,977	-
Número de ejemplares	185	171	255	217	199	255	257	239	462	70	217	-
Longitud mínima	25	25	24	22	23	21	23	24	20	24	24	-
Longitud máxima	51	47	52	42	56	46	48	49	45	30	52	-
Longitud promedio	35,254	31,152	31,357	28,512	34,633	29,757	32,724	32,289	28,909	26,200	37,230	-
Longitud mediana	31	30	30	28	29	29	32	30	29	26	39	-
Moda(s) principal(es)	27	30	29	28	29	29	32	27	29	26	29	-

8.4.3 Alimentación

Se analizaron un total de 3.952 ejemplares, distribuidos geográficamente entre Bahía Cartagena y Lebu, alcanzando una distribución de costa a océano a los 91°51' W (**Figura 53**).

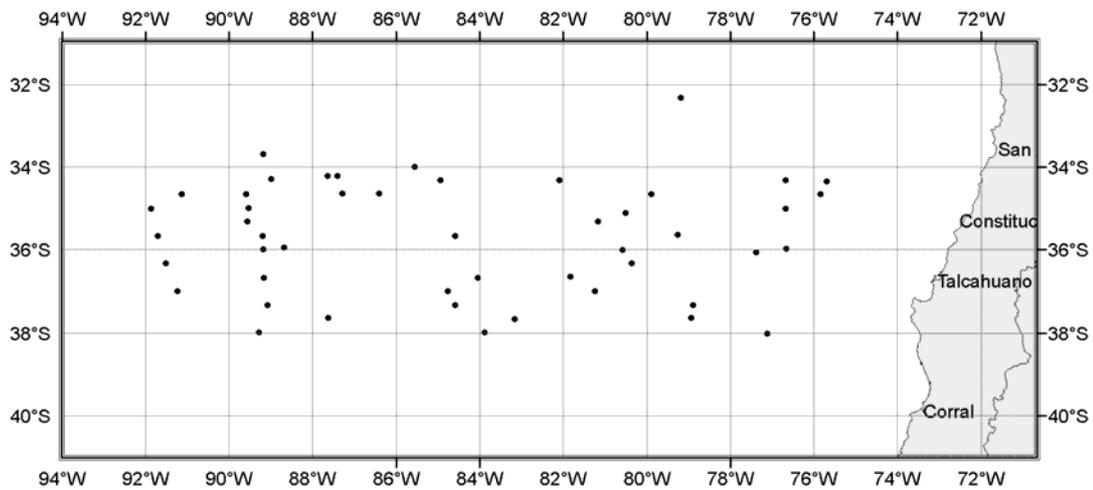


Figura 53. Distribución espacial de lances efectivos de pesca utilizados para la caracterización de los ítems alimentarios de jurel

La distribución de frecuencia de tamaños de los ejemplares capturados para el análisis de contenido estomacal, reveló un rango desde los 20 a 58 cm. de longitud de horquilla, con una moda fuertemente marcada en los 29 cm. y un segundo grupo modal secundario definida en los 46 cm (**Figura 54**). Durante los últimos cuatro años las distribuciones de tamaños han mostrado un leve incremento tanto en los principales grupos modales como en las longitud promedio (**Tabla 31**).

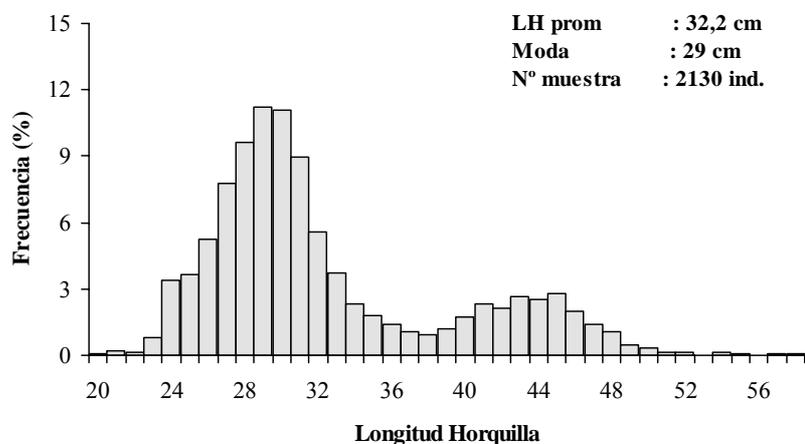


Figura 54. Distribución de frecuencia de tamaños expresada en porcentaje de los individuos utilizados para el análisis de contenido estomacal de Jurel.

Tabla 31. Resumen por año de la estructura de tamaños de jurel, para la caracterización de los ítems alimentarios.

Años	Moda 1 (cm)	Moda 2 (cm)	Promedio (LH)	Número muestra	% estómagos c/contenido
1999	24	-	27,7	609	41
2000	27	-	28,9	1330	30
2001	26	-	28,3	1164	18
2003	27	-	31,6	2130	51
2004	29	46	32,4	3952	59

8.4.4 Importancia relativa de las presas. (IIR)

Del total de estómagos analizados (3.952) el 59,3% presento algún tipo de contenido, Se identificaron un total de 10 taxas, a demás de la presencia de huevos de peces y larvas de crustáceos decapados en sus diferentes estadios larvales.

Aquellos ítems con un alto grado de digestión que imposibilitaron su identificación, tanto en número como a la especie que pertenecía, estos se agruparon en categorías más amplias (restos e crustáceos y teleósteos en el caso de los peces)(**Tablas 32**).

El principal ítem presa encontrado fueron los eufáusidos con un valor de (IIR = 3,7), dominando tanto en número (77%), peso (79,8%) como en frecuencia de aparición (32,3), seguidos por la presencia de mictófidis, salpas y algunos crustáceos menores como son los copépodos, anfípodos y larvas de gastrópodos.

Tabla 32. Índice de Importancia Relativa (IIR), número (N), peso (P) y frecuencia de aparición (F) total y porcentual de las principales presas de *T. s. murphyi*

Presas	Código	N	N%	P	P%	F	F%	IIR
Eufáusidos	Euf.	75011	77,0	4001	79,8	1058	32,3	3,7
Mictófidos	Mic.	966	1,0	443	8,8	516	15,8	2,2
Salpas	Sal.	4276	4,4	90	1,8	598	18,3	2,1
Restos de crustáceos	R.crst.	----	0,0	257	5,1	573	17,5	2,0
Larvas de gastrópodos	L.gast.	3631	3,7	6	0,1	127	3,9	1,2
Anfípodos	Anf.	2984	3,1	90	1,8	63	1,9	1,0
Copépodos	Cop.	3279	3,4	10	0,2	82	2,5	1,0
Thecosomatha	Thec.	5052	5,2	53	1,1	46	1,4	1,0
Cephalopodos	Cef.	225	0,2	40	0,8	66	2,0	0,5
Ostrácodos	Ostr.	1260	1,3	2	0,0	43	1,3	0,4
Teleosteos	Tel.	----	0,0	10	0,2	42	1,3	0,1
Zoea	Zoea	163	0,2	2	0,0	34	1,0	0,1
Estomatopodos	Estm.	19	0,0	3	0,1	10	0,3	0,0
Megalopa	Meg.	43	0,0	1	0,0	11	0,3	0,0
Huevos de peces	H Pec.	430	0,4	0	0,0	1	0,0	0,0
Isopodos	Isp.	30	0,0	1	0,0	4	0,1	0,0
Camarón	Cam.	1	0,0	1	0,0	1	0,0	0,0
Sp. Indeterminada	Sp Ind.	2	0,0	0	0,0	1	0,0	0,0

De acuerdo al análisis (IIR) por grupos de tamaños (**Tabla 33**), los eufáusidos estuvieron presentes en la totalidad de los grupos, con un incremento en su importancia en ejemplares de tallas superiores. En cambio los crustáceos pequeños (copépodos, ostrácodos y larvas de gastrópodos), alcanzan mayor importancia en los grupos de tamaños inferiores (grupo I, II y III), obteniendo un valor máximo en individuos menores a los 25 cm de longitud.

Un aspecto importante a destacar es la gran presencia de salpas en los contenidos estomacales, con un alto porcentaje en la totalidad de estos grupos, con una mayor constancia entre los 30 y 40 cm. de longitud de horquilla, rango de tallas muy cercana a la longitud promedio de los ejemplares analizados.

Tabla 33. Índice de importancia relativa (IIR) separado por grupos de tamaños.

Grupo Tamaño	Euf.	Mic.	Cop.	Ostr.	Anf.	Sal.	L.gast	Zoea	Isp	Tel.	Cef.	R.crst.
I	3,54	2,86	2,10	0,02	0,55	1,77	1,1	----	----	0,32	0,28	2,04
II	3,63	2,61	1,66	0,76	0,10	1,94	0,9	----	----	0,46	0,47	2,18
III	3,49	2,60	1,36	0,74	0,09	2,43	1,1	0,00	----	0,03	0,45	2,06
IV	3,82	1,48	0,17	0,66	0,27	2,45	0,7	0,00	----	0,01	0,17	1,20
V	3,88	0,87	0,00	0,04	1,94	1,71	0,8	0,46	0,01	----	0,57	1,74
VI	3,85	1,62	----	0,03	0,95	1,63	1,9	0,37	0,03	0,03	0,81	1,57
Total	3,70	2,19	1,00	0,44	1,02	2,06	1,2	0,09	0,00	0,10	0,49	1,96

Similitud trófica

La similitud trófica por grupos de tamaños arrojó un valor promedio de 84,2%. Al analizar el comportamiento entre grupos, se observa claramente la formación de 2 dos conglomerados, representados por ejemplares menores a 35 cm, dado básicamente por un alto porcentaje en peso de mictofidos y copépodos., en cambio en ejemplares mayores a los 35 cm. adquiere una mayor importancia el consumo de eufáusidos, alcanzando a un 92% del consumo en peso, del total de los item presas en el. Grupo 4 (**Figura 55a**).

Al comparar la similitud trófica entre años, estos mantienen patrones alimenticios similares, destacando a los eufausidos como la presa principal en toda la serie de tiempo, seguido por el consumo de crustáceos menores, copépodos, ostrácodos y restos de crustáceos. Las diferencias se ven marcadas por el consumo de mictófidos y salpas, donde su mayor o menor consumo no tiene un ciclo bien definido o constante si no más bien es de un carácter oportunista, y de una estrecha relación con oferta ambiental de alimento. (**Figura 55b**).

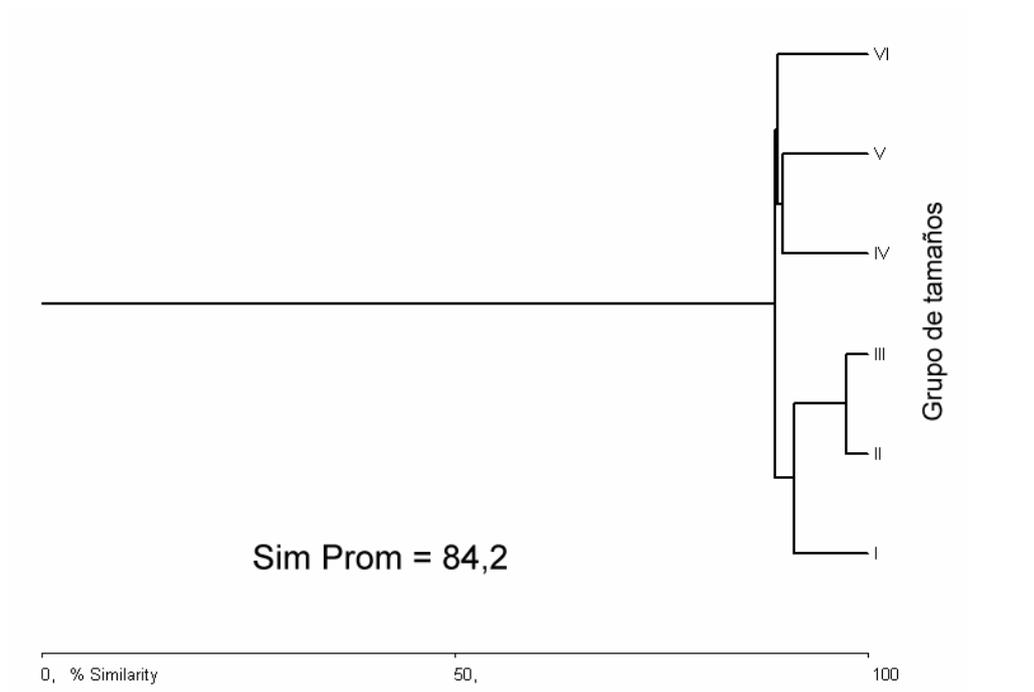


Figura 55a. Dendrograma de similitud trófica en jurel, para 6 grupos de tamaños..

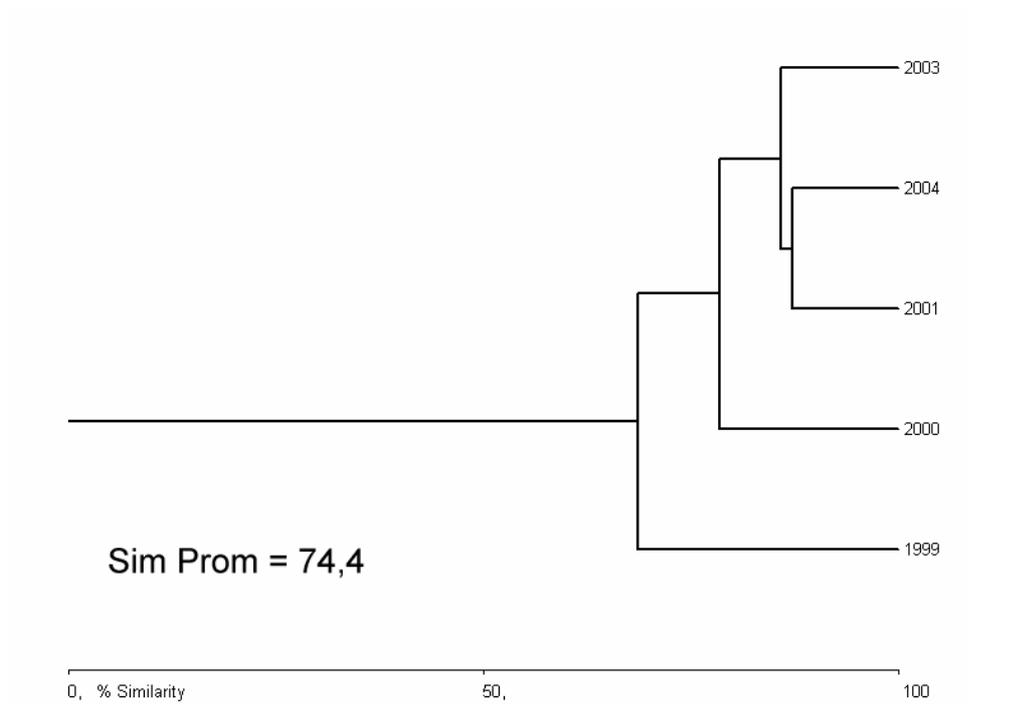


Figura 55b. Dendrograma de similitud trófica en jurel, entre años.

OBJETIVO 2: CARACTERIZAR LA CONDICIÓN REPRODUCTIVA DEL JUREL EN LA ZONA DE ESTUDIO Y DETERMINAR EL ÁREA DE DESOVE

8.5 CONDICIÓN REPRODUCTIVA

8.5.1 Número de muestras y estructura de tallas del jurel

El número total de muestras obtenidas alcanzó a 2.494 hembras, correspondiendo 2.415 a muestreo biológico aleatorio y sólo 79 a muestreo dirigido. En el crucero de prospección, participaron 12 embarcaciones una de las cuales no obtuvo muestras, observándose también que el número de lances, así como el de muestras por lance varió fuertemente entre las embarcaciones con valores de 1 a 7 lances y de 70 hasta 462 ejemplares por lance, lo que refleja la escasez o baja disponibilidad de jurel en el área de muestreo (**Tabla 34**).

Las muestras obtenidas permiten señalar para las hembras de jurel una estructura de talla bimodal con longitudes extremas de 21 a 58 cm LH, con modas en los 29 y 44 cm LH (**Figura 56**). De esta forma se presenta dos grupos modales uno desde 21 cm (0,2%) a 37 cm (0,6%) con un máximo en los 29 cm (10,3%) y otro entre los 38 cm y los 58 cm (0,1%) con un máximo en los 44 cm (2,1%) (**Figura 56**).

Tabla 34. Número de ejemplares de jurel muestreados por embarcación, sexo y tipo de muestreo.

Embarcaciones	N° lances	Hembras		Machos
		M. biológico	M. dirigido	M. biológico
Don Tito	3	170		
Francisco	5	179		84
Gardar	6	253		
Libas	7	220		135
Mack	4	175	15	
Malleco	5	255		117
Matías	6	257		
Querelema	6	239		116
Ranquihue	6	420	42	150
Tolten	1	70		
Yagan	4	177	22	1
Total	53	2415 (80%)	79	603 (20%)

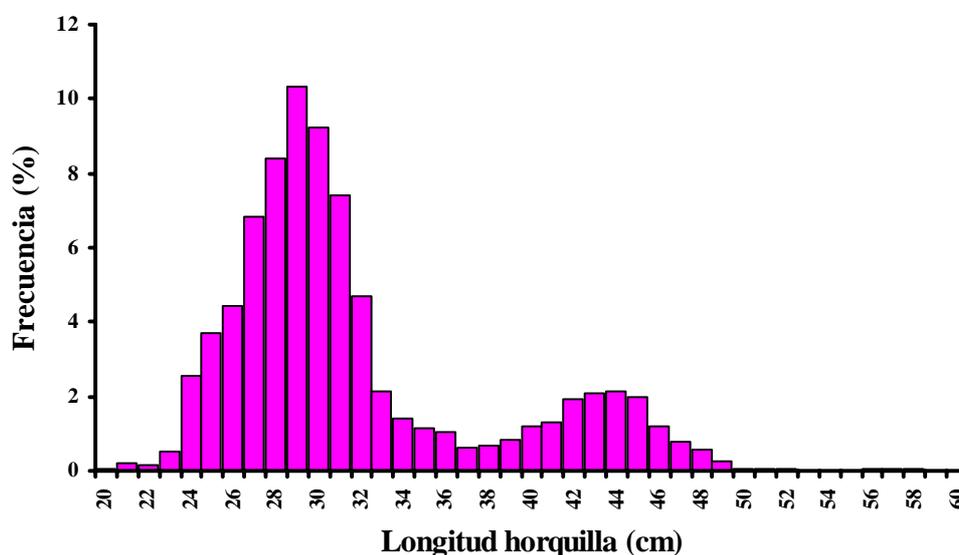


Figura 56. Histograma de frecuencia porcentual de talla de jurel en alta mar.

8.5.2 Proporción sexual y estados de madurez sexual macroscópicos

En relación con la proporción de los diferentes estados de madurez sexual macroscópicos (EMMA), se observa en el total de la muestra aleatoria una preponderancia del estado de madurez maduro (E3) con el 74 %, seguido del estado de madurez hidratado (E4) con un 14 %, le sigue el estado de madurez madurando (E2) con el 12 % y solo presencia del estado de madurez en regresión (E5) (**Figura 57**).

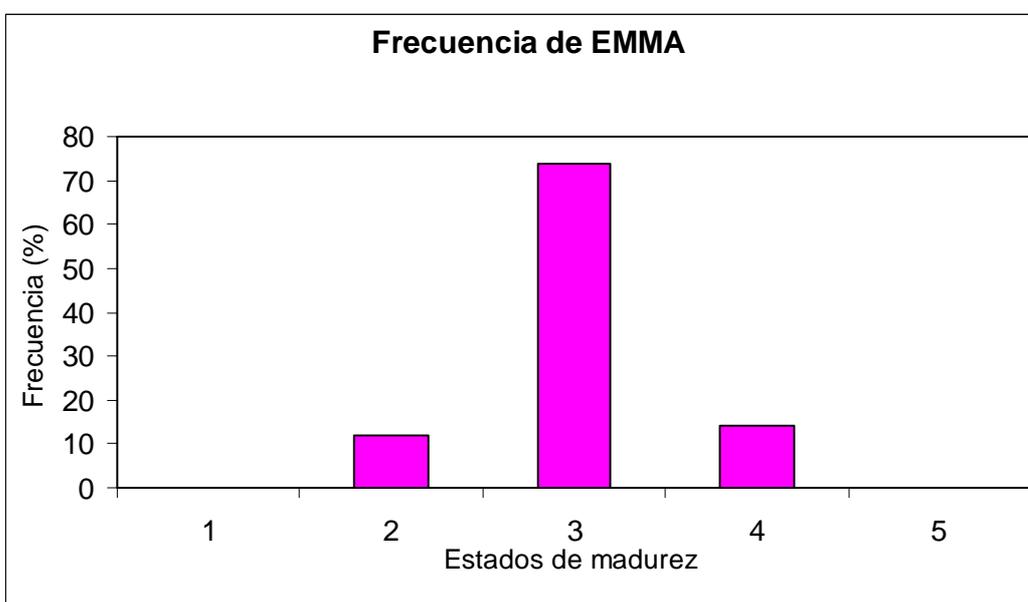


Figura 57. Frecuencia porcentual de los estados de madurez sexual macroscópicos, para el total de la muestra aleatoria.

El examen por embarcación (**Figura 58**) muestra la preponderancia del estado de madurez maduro (E3) en todas las embarcaciones con valores que fluctúan entre 66 % en el PAM Libas y 93 % en el PAM Tolten y con un promedio de 74% sobre el total. Por su parte, el estado de madurez hidratado (E4), presentó variaciones entre un 7 % en el PAM Tolten y el 28% en el PAM Yagan con un 14% a nivel general. El estado de madurez madurando (E2) constituyó un 12 % del total con porcentajes del 1 % en el PAM Yagan al 21% en el PAM Ranquihue, mientras que el estado de madurez en regresión (E5) sólo se presentó en los PAM Francisco y Querelema con 1 y 2 ejemplares, respectivamente (**Figura 58**).

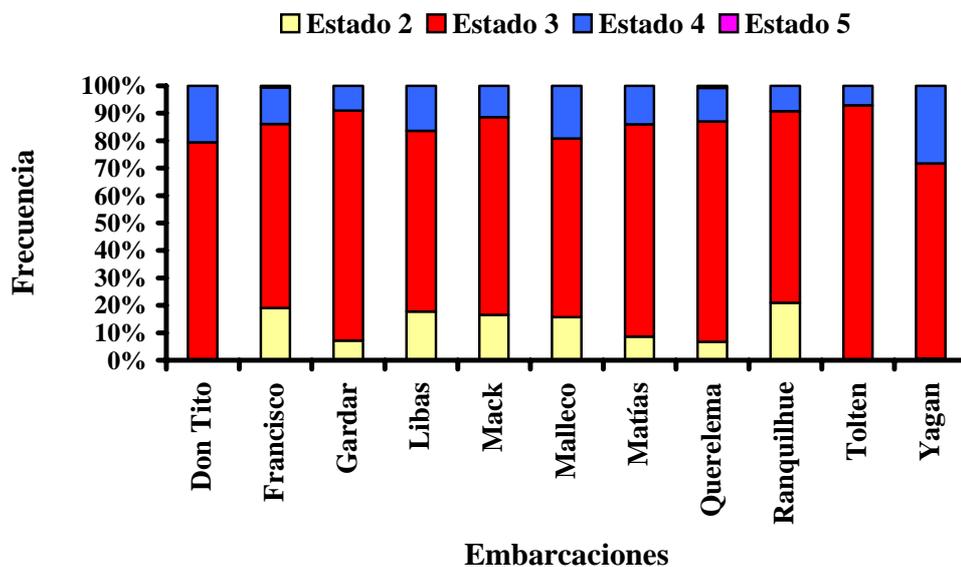


Figura 58. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópicos por embarcación.

Un examen por días consecutivos de muestreos (20 al 28 de noviembre) señala un posible evento de desove durante los días 22 y 23, respaldado por los altos valores del estado de madurez hidratado (E4) con porcentajes de 30 y 28 %, respectivamente, precedido por valores porcentuales de 2 y 14 % en los días previos, que son semejantes a los determinados los días posteriores al evento, entre 2 y 15 % (**Figura 59**). Sin embargo, el estado predominante en todos los días fue el estado de madurez madurando (E3) con porcentajes entre 55% y 93%.

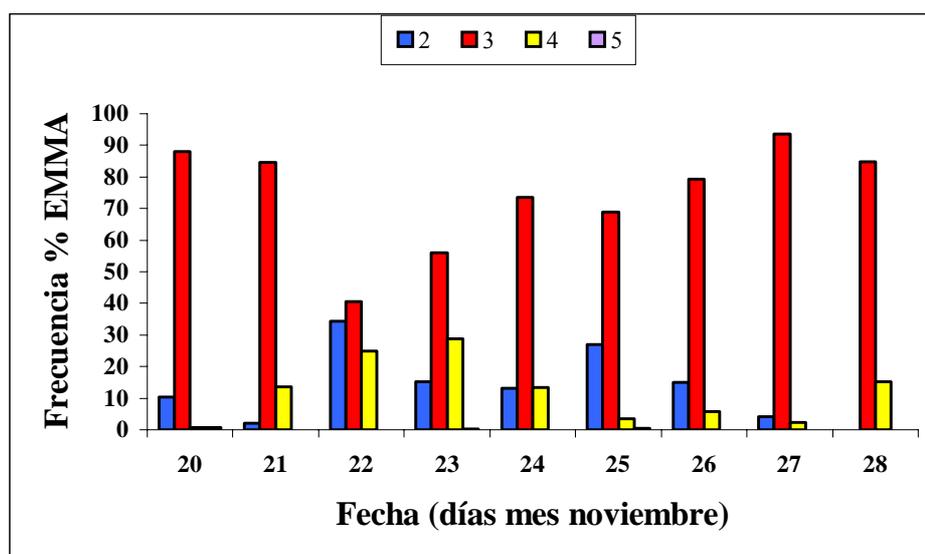


Figura 59. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópicos según día de captura.

8.5.3 Índice gonadosomático (IGS)

El índice gonadosomático (IGS) por talla, calculado para cada hembra y luego estimados los promedios por cada 1 cm de LH, muestra un aumento creciente a partir de las tallas menores hasta alcanzar un máximo a los 32 cm (4,2), para luego experimentar valores fluctuantes e inferiores hasta los 48 cm, para enseguida aumentar notablemente a un máximo superior en los 53 cm (5,1), para volver a disminuir fuertemente (**Figura 60**). La disminución del IGS en las tallas mayores podría estar asociada a una limitación del crecimiento de los ovarios por el tamaño de la cavidad celómica, así como por el limitado número de observaciones.

La relación del IGS con los estados de madurez sexual macroscópicos muestra un aumento desde el estado de madurez madurando (E2) con un valor promedio de 2,3 hasta el estado de madurez hidratado (E4) con un valor de 5,4, para posteriormente disminuir abruptamente en el estado de madurez en regresión (E5) con un valor de 1,8, lo que era esperable al estar asociado con el ciclo de maduración gonádica (**Figura 61**).

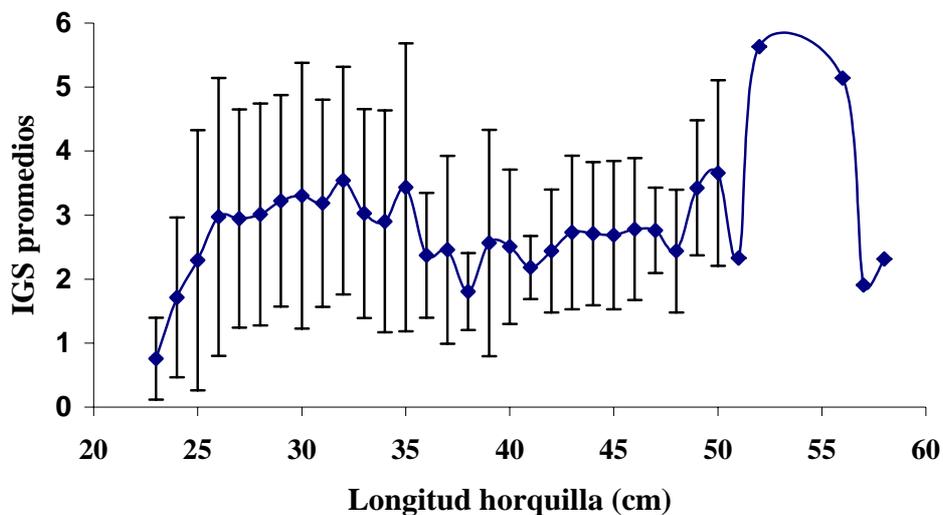


Figura 60. Variación del IGS promedio (\pm d.e.) con la longitud horquilla correspondiente a la muestra aleatoria total de jurel del área prospectada.

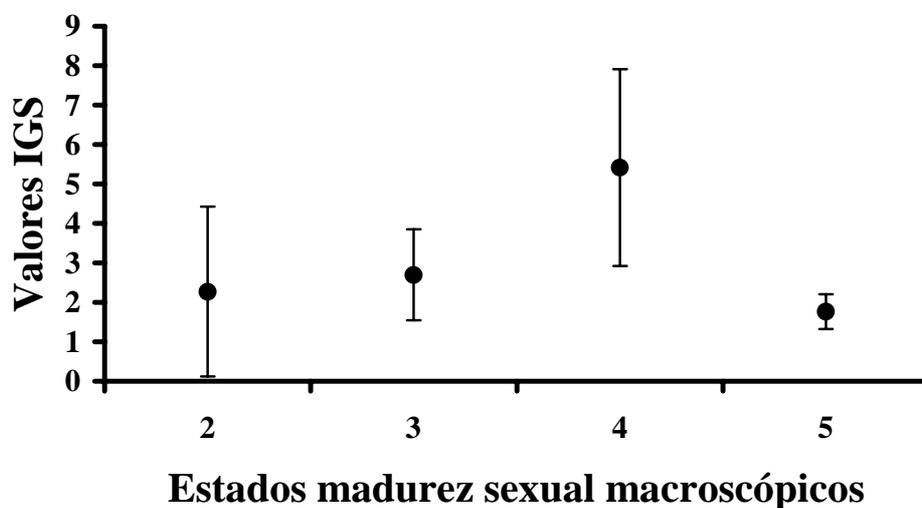


Figura 61. Variación de los valores de IGS promedios (\pm d.e.) en relación con los estados de madurez sexual macroscópicos en ovarios de jurel.

8.5.4 Análisis histológico de la condición reproductiva de jurel

a) Estados de madurez microscópicos

Se examinaron 1109 preparaciones histológicas, correspondientes a igual número de hembras de jurel, para caracterizar los estados de madurez sexual microscópicos (EMMI). De esta forma, en cada preparación se determinó la presencia de las estructuras siguientes: ovocitos que no han iniciado la vitelogénesis; ovocitos que han iniciado el proceso vitelogénico; ovocitos en vitelogénesis avanzada; ovocitos maduros (vitelogenesis completa); ovocitos hidratados; folículos postovulatorios (FPO) y presencia de atresia.

La proporción de los diferentes EMMI muestra que el mayor porcentaje (69,3 %, 769 ejemplares) correspondió a ejemplares en estado 4 de EMMI que incluye maduros, hidratados o con FPO. En orden de importancia le siguió el estado 3 de EMMI o vitelogénico con un 28,1 % y los restantes estados 2 y 1 sólo con porcentajes inferiores al 1,5 % (**Figura 62**).

El análisis por embarcación muestra que seis de las once de ellas capturaron hembras sólo en EMMI 3 y 4, le siguen en orden de importancia el EMMI 2 presente en cuatro barcos y termina con el EMMI 1 obtenido en solo tres embarcaciones (**Tabla 35**). El examen por lance de pesca respalda lo anterior, por cuanto en 19 lances se obtuvieron EMMI 3 y 4, mientras que los EMMI 2 y 1 se presentaron en 9 y 5 lances, respectivamente. (**Tabla 35**).

Tabla 35. Estados de madurez microscópicos por embarcación y lance de jurel hembras

Barcos	EMMI	LANCE								Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Don Tito	2									
	3	35		6	2					43
	4	31		11	13					55
Francisco	2									
	3		12	10						22
	4		37	17						54
Gardar	2									
	3		3	5		2	12			22
	4		18	41		2	12			73
Libas	2						1	2		3
	3	2	1	6		1	2	12		24
	4	6	24	35		4	3	19		91
Mack	2									
	3	19	10	20	4					53
	4	11	25	20	5					61
Malleco	1		1							1
	2			1						1
	3	9	2	7						18
	4	41	14	17						72
Matías	1	2	3							5
	2	2	2							4
	3	29	1	8			21			59
	4	35		14			9			58
Querelema	1			2			7			9
	2			2	1	1				4
	3			1	1	6				8
	4			43	25	51	1			120
Ranquihue	1									
	2									
	3	7	7	5						19
	4	41	17	25						83
Tolten	2									
	3	8								8
	4	42								42
Yagan	2							1		1
	3		1					35		36
	4		47					13		60
Total general		320	225	296	51	67	68	33	49	1109

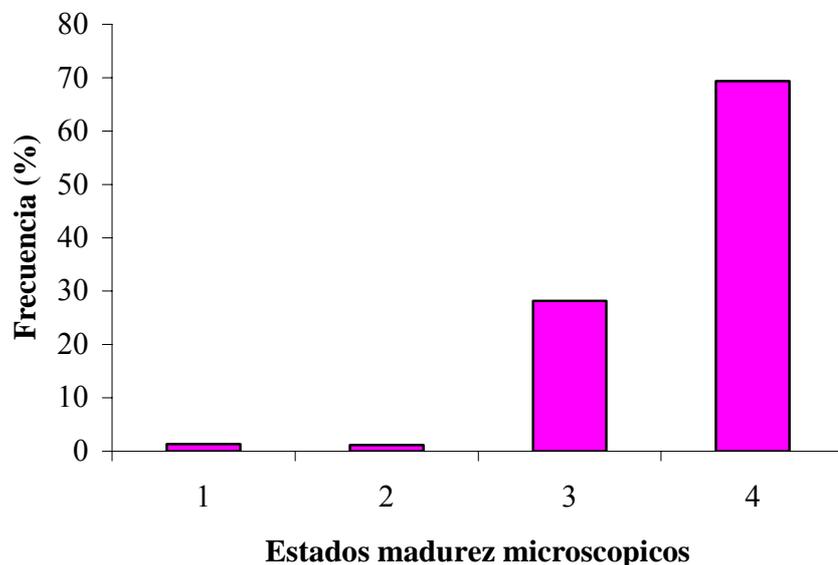


Figura 62. Proporción de los estados de madurez sexual microscópicos determinados en las hembras capturadas en el crucero del jurel en alta mar.

La distribución porcentual de los distintos EMMI por día de muestreo en el área de desove del jurel muestra la presencia notoria del estado 3 (vitelogénico) al inicio y término del periodo (días 20 y 28) con valores sobre el 60%. En cambio, se observa una preponderancia del estado 4 (maduro) durante el resto de los días con valores entre 54 % y 82%, con un aumento desde el día 21 (71%) a un máximo el día 26 (82%); al interior del cual se presenta una predominancia de ovarios con FPO(>50 %) e hidratados, indicando un evento de desove intenso (**Figura 63**).

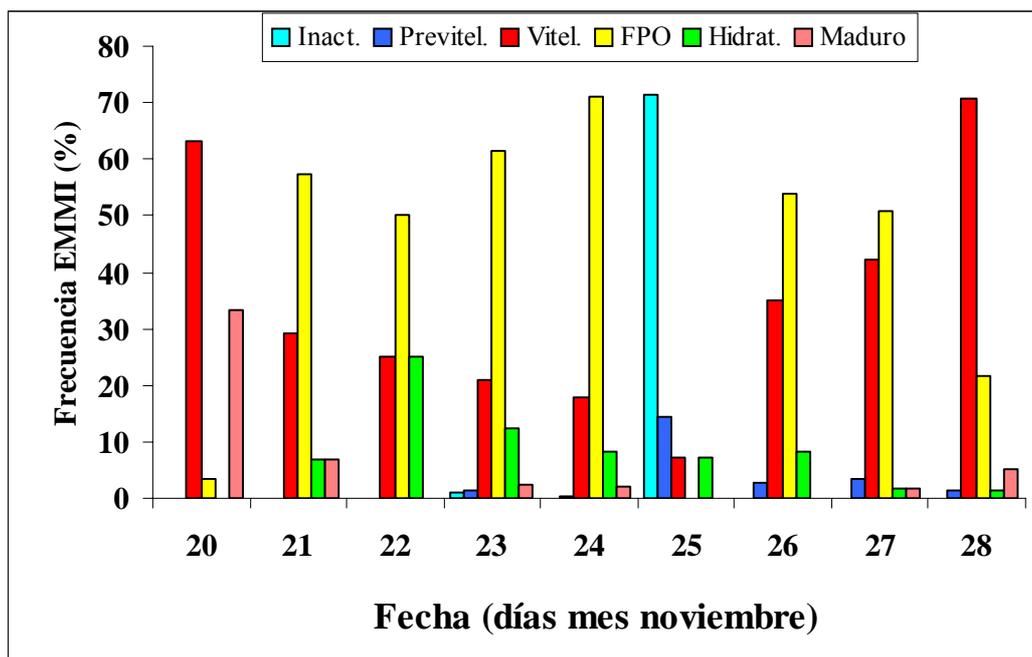


Figura 63. Proporción de los estados de madurez sexual microscópicos por día de muestreo obtenidos en el crucero del jurel en alta mar.

La relación de los estados de madurez sexual microscópicos con los valores del IGS muestra una correlación positiva notoria, como era de esperar, pues representa el crecimiento en biomasa del ovario a medida que se alcanza la madurez total finalizando con la hidratación de los ovocitos (**Figura 64**).

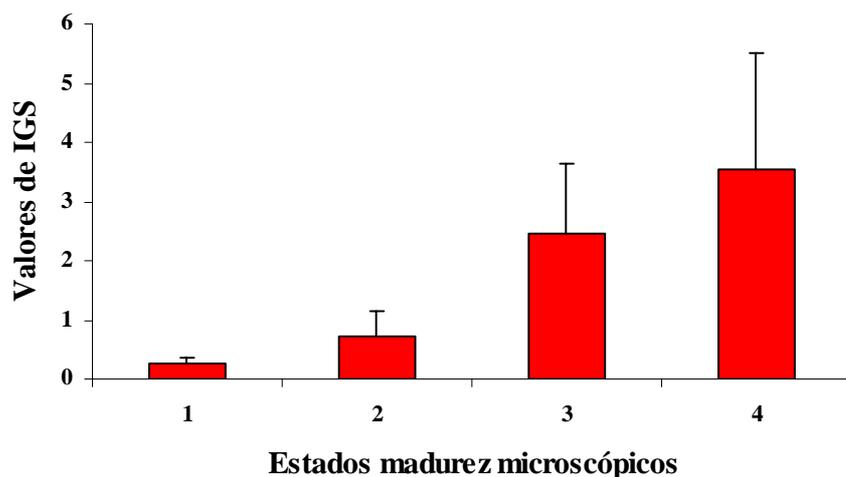


Figura 64. Valores promedio de IGS para los diferentes estados de madurez microscópicos.

Finalmente, el examen de la totalidad de las preparaciones histológicas en relación con la presencia de atresia, detectó un 52 % de gónadas con ovocitos atrésicos (579 de 1109), valor que el año 2003 fue de 41,6 % (415 de 1001) y el año 2001 fue de 49% (195 de 415). Esta alta presencia de atresia folicular correspondería a ovocitos no viables de ser desovados, por las siguientes causas, entre otras, estrés y esfuerzo reproductivo, condiciones ambientales desfavorables, falta de reservas energéticas. La presencia de estas atresias podrían influir en las tandas de ovocitos desovados y que podrían afectar la fecundidad parcial y poblacional.

b) Fracción de hembras desovantes

En la determinación de la proporción de los estados foliculares se consideró la caracterización de éstos descrita por **Hunter y Goldberg (1980)** que establece folículos postovulatorios (FPO) de día 0, 1 y 2. Como señala la metodología la corrección con respecto a las hembras hidratadas (m_{hi}) se efectuó de acuerdo a la ecuación presentada en la sección 7.6.6 c. En este sentido, en el cálculo de la fracción de hembras desovantes no se consideró los FPO de día 0, con la finalidad de evitar el sesgo producido por las hembras que desovan ese día (**Macewicz y Hunter, 1993**), lo que podría aumentar artificialmente el número de ejemplares en este estado. La distinción entre los diferentes estados foliculares se estableció, como lo describe **Macewicz y Hunter (1993)**, sobre la base de que el mecanismo de degeneración y reabsorción de los FPO es un proceso continuo. Por esta razón las estructuras utilizadas como indicadores de la "edad" de los FPO, son aquellas que reflejan algún cambio evidente, en este caso, el tamaño y la forma del folículo.

La frecuencia de hembras desovantes se realizó sobre la base de la proporción de los FPO de día 1 y 2. Las estimaciones de la proporción de folículos postovulatorios fluctuaron entre 0,00 y 0,414 con una proporción media 0,248 (**Tabla 36**). Sobre la base del resultado anterior y considerando que una gran proporción de folículos postovulatorios son de día 1 y 2 se puede postular una fracción de un 25 % de hembras que desovan diariamente.

Ha sido señalado por otros autores (**Hunter y Macewicz, 1985; Abaunza *et al.*, 2003**) que una mejor estimación se conseguiría descartando aquellos ovarios donde coexisten folículos postovulatorios y folículos atrésicos. Considerando esta situación se efectuó una nueva estimación que incluyó 771 ejemplares (**Tabla 37**). Los resultados muestran una disminución de la proporción de FPO, que fluctuaron entre 0,00 y 0,44 con una media de 0,193, lo que estaría indicando que una fracción de un 19 % de hembras desovan en forma diaria.

Tabla 36. Frecuencia de estados de madurez microscópicos y de FPO según edad, para la estimación de frecuencia de desove por lance (EMMI = estado de madurez microscopico; FPO 0, 1, 2 = folículos postovulatorios de día 0, 1, 2; N° = número de ejemplares Frec Des 1, 2, 1+2 = fracción de FPO 1, 2, 1+2).

Lance	EMMI 1	EMMI 2	EMMI 3	EMMI 4	EMMI 5	FPO 0	FPO 1	FPO 2	N°	F DES 1	F DES 2	F. DES 1+2
1	0	0	1	28	19	0	23	18	48	0,465	0,364	0,414
2	0	1	35	13	0	0	4	9	49	0,082	0,184	0,133
3	0	0	12	16	21	2	14	9	49	0,354	0,228	0,291
4	0	0	15	50	8	6	18	26	73	0,207	0,299	0,253
5	0	0	3	16	2	1	1	14	21	0,038	0,528	0,283
6	0	0	12	12	0	0	2	10	24	0,083	0,417	0,250
7	2	2	1	28	15	0	8	26	48	0,167	0,542	0,354
8	0	1	6	41	10	12	18	16	58	0,277	0,246	0,262
9	0	1	1	24	1	8	5	12	27	0,145	0,348	0,246
10	0	0	9	31	10	4	14	15	50	0,257	0,275	0,266
11	1	0	2	7	7	0	5	6	17	0,345	0,414	0,379
12	0	1	7	12	5	1	6	7	25	0,226	0,264	0,245
13	0	0	7	12	5	1	5	8	24	0,196	0,314	0,255
14	0	0	5	24	1	1	10	11	30	0,253	0,278	0,266
15	0	0	7	26	15	3	5	24	48	0,105	0,505	0,305
16	0	0	20	5	15	0	11	6	40	0,328	0,179	0,254
17	0	0	4	1	4	1	1	1	9	0,167	0,167	0,167
18	0	0	10	25	0	0	9	7	35	0,257	0,200	0,229
19	0	0	19	11	0	0	0	2	30	0,000	0,067	0,033
20	0	0	6	27	8	7	11	17	41	0,234	0,362	0,298
21	0	2	12	16	3	0	12	5	33	0,312	0,130	0,221
22	0	0	1	22	2	1	5	17	25	0,147	0,500	0,324
23	0	1	2	2	1	1	1	1	6	0,167	0,167	0,167
24	0	0	8	30	12	0	6	26	50	0,111	0,481	0,296
25	0	0	35	30	1	0	4	27	66	0,050	0,335	0,193
26	0	0	6	7	4	6	2	2	17	0,133	0,133	0,133
27	0	0	2	8	5	0	7	3	15	0,467	0,200	0,333
28	3	2	1	0	0	0	0	0	6	0,000	0,000	0,000
29	0	0	8	12	2	0	3	9	22	0,115	0,346	0,231
30	2	2	29	12	23	3	7	10	68	0,136	0,194	0,165
31	0	0	21	7	2	1	0	3	30	0,000	0,102	0,051
								Media		Var.		C.V.
FRACCION DESOVANTE					FPO 1 =					0,191	0,00052	0,12
FRACCION DESOVANTE					FPO 2 =					0,306	0,00056	0,08
FRACCION DESOVANTE					FPO 1+2 =					0,248	0,00023	0,06

Tabla 37. Frecuencia de estados de madurez microscópicos y de FPO según edad, para la estimación de frecuencia de desove por lance, con eliminación de ovarios que presentan FPO + Atresia (EMMI = estado de madurez microscopico; FPO 0, 1, 2 = folículos postovulatorios de día 0, 1, 2; N° = número de ejemplares; Frec Des 1, 2, 1+2 = fracción de FPO 1, 2, 1+2).

Lance	EMMI 1	EMMI 2	EMMI 3	EMMI 4	EMMI 5	FPO 0	FPO 1	FPO 2	N°	F DES 1	F DES 2	F DES 1+2
1	0	0	1	13	15	0	12	10	29	0,480	0,400	0,440
2	0	1	35	1	0	0	0	1	37	0,000	0,027	0,014
3	0	0	12	3	19	2	5	3	34	0,263	0,158	0,211
4	0	0	15	18	8	2	6	10	41	0,146	0,244	0,195
5	0	0	3	4	2	0	0	4	9	0,000	0,444	0,222
6	0	0	12	3	0	0	1	2	15	0,067	0,133	0,100
7	0	2	1	8	15	0	4	10	26	0,222	0,556	0,389
8	0	1	6	16	8	10	4	5	31	0,145	0,182	0,164
9	0	1	1	17	1	4	3	11	20	0,115	0,423	0,269
10	0	0	9	28	9	3	11	15	46	0,220	0,300	0,260
11	0	0	2	4	7	0	3	5	13	0,300	0,500	0,400
12	0	1	7	6	4	1	3	3	18	0,176	0,176	0,176
13	0	0	7	9	5	1	4	6	21	0,190	0,286	0,238
14	0	0	5	19	1	1	7	9	25	0,219	0,281	0,250
15	0	0	7	4	13	2	0	6	24	0,000	0,429	0,214
16	0	0	19	2	10	0	4	4	31	0,160	0,160	0,160
17	0	0	4	1	2	0	1	0	7	0,182	0,000	0,091
18	0	0	10	21	0	0	6	6	31	0,194	0,194	0,194
19	0	0	19	10	0	0	0	1	29	0,000	0,034	0,017
20	0	0	6	12	6	3	7	8	24	0,275	0,314	0,294
21	0	2	12	9	2	0	7	2	25	0,255	0,073	0,164
22	0	0	1	17	2	1	4	13	20	0,151	0,491	0,321
23	0	1	2	1	1	1	1	0	5	0,222	0,000	0,111
24	0	0	8	16	12	0	2	16	36	0,061	0,485	0,273
25	0	0	35	17	1	0	2	16	53	0,033	0,262	0,148
26	0	0	6	3	4	4	1	1	13	0,100	0,100	0,100
27	0	0	2	4	3	0	4	0	9	0,500	0,000	0,250
28	0	2	1	0	0	0	0	0	3	0,000	0,000	0,000
29	0	0	8	3	2	0	0	3	13	0,000	0,240	0,120
30	0	2	29	7	19	1	2	8	57	0,047	0,186	0,116
31	0	0	21	4	1	0	0	0	26	0,000	0,000	0,000
										Media	Varianza	C.V.
FRACCION DESOVANTE FPO					1 =		0,142			0,00053		0,16
FRACCION DESOVANTE FPO					2 =		0,243			0,00077		0,11
FRACCION DESOVANTE FPO					1+2 =		0,193			0,00042		0,11

8.5.5 Fecundidad parcial del jurel en el periodo de desove

Los muestreos dirigidos para obtener ejemplares destinados a la estimación de la fecundidad parcial en hembras de jurel, solo fueron tres, que en conjunto lograron 79 especímenes, de los cuales solo cinco cumplieron con los requisitos para ser destinados a fecundidad. Por lo anterior, se separó de los muestreos aleatorios la mayor parte de los ejemplares calificados microscópicamente en estado 4 o hidratado, lo que permitió elevar la muestra a 346 ejemplares que fueron tratados histológicamente con este objetivo. Resultado

final fue disponer de 48 hembras hidratadas que se encontraban en condiciones histológicas que no presentaban FPO ni tampoco atresia para la estimación de fecundidad.

a) Fecundidad parcial por hembra madura

El rango de tallas de las hembras hidratadas utilizadas fluctuó entre los 25 y 42 cm de longitud horquilla (LH) y en el ajuste entre la fecundidad observada (F) versus los parámetros de longitud y peso se probaron los modelos lineal, potencial y exponencial, eligiéndose aquel que entregó el mayor grado de correlación e índice de determinación.

En la relación fecundidad observada (F) versus longitud horquilla (LH) el mejor ajuste lo entregó una regresión lineal, con un $r^2 = 0,605$ y una $P < 0,001$. El modelo ajustado fue $F = 2747,9 * LH - 51496$ (**Figura 65**).

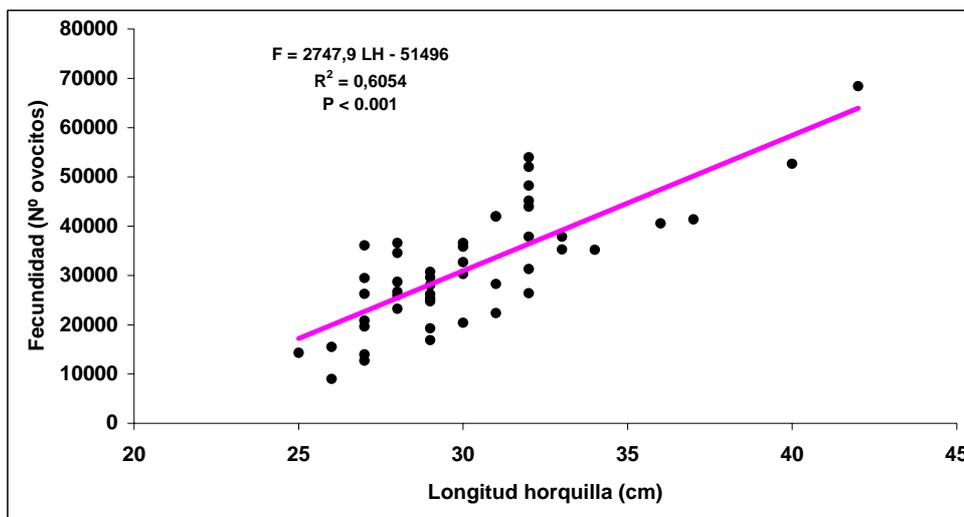


Figura 65. Relación entre la fecundidad parcial y la longitud horquilla para hembras hidratadas de jurel (n = 48).

En forma similar, el modelo mejor ajustado para la relación entre la fecundidad parcial y el peso eviscerado de las hembras fue el lineal ($r^2 = 0,576$, $p < 0,001$), cuya función representativa es: $F = 82,486 * PE + 9454,2$ (**Figura 66**).

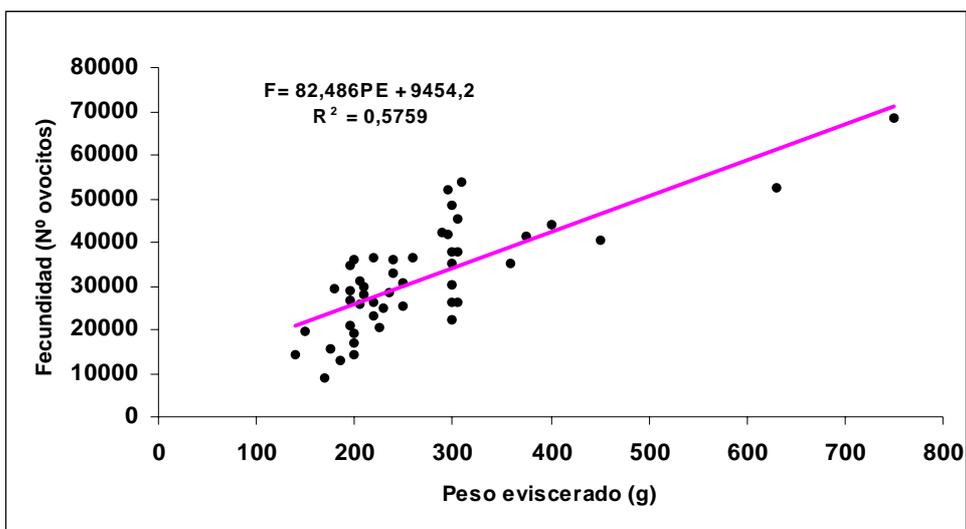


Figura 66. Relación entre la fecundidad parcial y el peso eviscerado, para hembras de jurel con gónada hidratada.

La relación entre la fecundidad observada (F) y el peso corporal (PC) muestra su mejor ajuste mediante un modelo lineal con un $r^2 = 0,532$ y $p < 0,001$, cuya función de regresión representativa es : $F = 76,912 * PC + 9227,1$ (Figura 67).

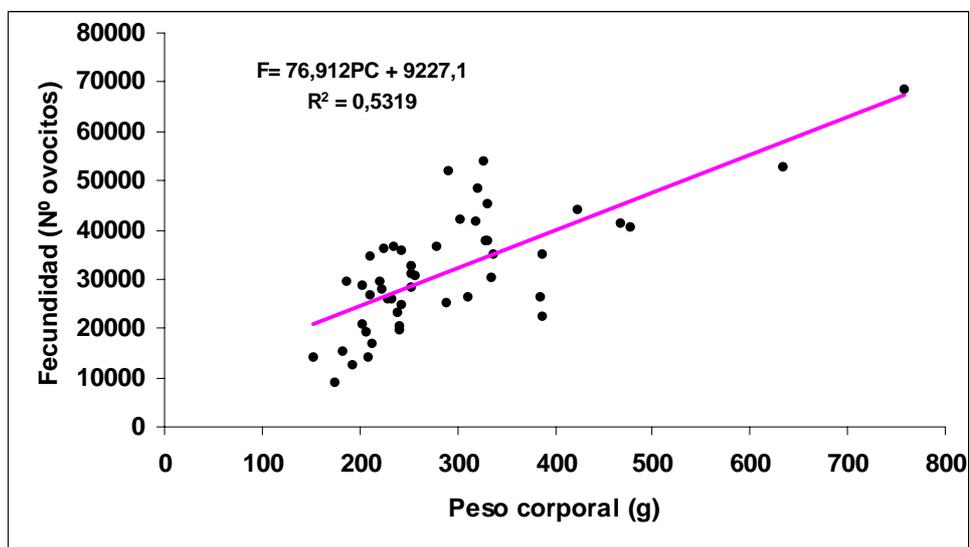


Figura 67. Relación entre la fecundidad parcial y el peso corporal, para hembras de jurel con gónada hidratada.

Finalmente, el modelo mejor ajustado para la relación entre la fecundidad parcial y el peso total de las hembras hidratadas fue el lineal ($r^2 = 0,569$, $p < 0,001$), cuya función representativa es: $F = 75,675 * PT + 8285,1$ (**Figura 68**).

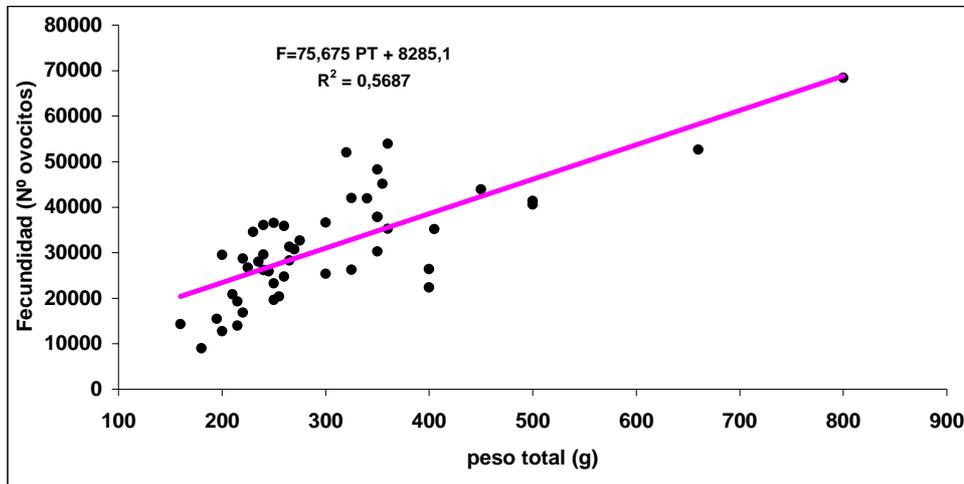


Figura 68. Relación entre la fecundidad parcial y el peso total, para hembras de jurel con gónada hidratada.

b) Fecundidad media poblacional

La fecundidad media poblacional estimada sobre la base de los modelos ajustados para las respectivas relaciones y considerando las longitudes y pesos promedios estimados para cada lance entregó el siguiente valor (**Tabla 38**): Fecundidad promedio = 39.883; Varianza de fecundidad = 19017486,57; Coeficiente de Variación = 0,109.

Tabla 38. Estimación de fecundidad media poblacional

VALORES PROMEDIOS POR LANCE				
Lance	L. Horquilla	P. Total	Fecundidad	m
1	30,83	277,53	29640	29
2	43,81	905,68	76945	37
3	28,65	215,81	25099	34
4	31,12	298,72	31562	41
5	33,56	428,64	41167	9
6	38,47	629,33	56742	15
7	28,00	230,25	26401	26
8	31,00	318,91	32913	31
9	29,35	257,83	28552	20
10	32,00	355,48	35798	46
11	29,08	224,78	25748	13
12	30,83	292,32	31150	18
13	28,95	272,40	29377	21
14	28,76	256,47	28377	25
15	30,88	318,61	32440	24
16	27,90	211,80	24813	31
17	28,14	207,73	24642	7
18	30,58	320,65	33143	31
19	45,90	1041,03	86747	29
20	29,13	257,79	28456	24
21	31,52	344,25	34957	25
22	28,10	232,59	26635	20
23	26,80	225,96	26196	5
24	26,33	180,22	22749	36
25	43,79	928,29	78392	53
26	28,77	307,74	32286	13
27	28,78	283,43	30465	9
28	24,33	151,67	20871	3
29	37,23	625,21	56329	13
30	34,35	478,10	44930	57
31	33,35	399,59	39242	26

Continuación Tabla 38.

FECUND. PROMEDIO	39883
VARIANZA FEC.	19017486,57
COEF. VARIACION	0,109

8.5.6 Vigilancia histológica del periodo reproductivo

Integrando parte del proyecto se realizaron muestreos previo al crucero de prospección, así como después de él, con la finalidad de seguir el proceso reproductivo de las hembras adultas. Para este objetivo se procesaron y se obtuvieron preparaciones histológica de gónadas correspondientes a 79 ejemplares (**Tabla 39**).

En general, se observa en el muestreo previo al crucero (12/11/04) una preponderancia del EMMI 3 (63%) y un menor porcentaje del EMMI 4 (32%), pero en éste último todos están asociados a la presencia de FPO. Una situación diferente muestran los muestreos realizados en el mes siguiente al crucero de prospección (22 y 29 del 12/04) caracterizados por una disminución porcentual de los EMMI 4 en comparación con los obtenidos durante el crucero y también porque todos ellos presentan FPO, a lo que se agrega el elevado porcentaje de atresia folicular (90% y 83%, respectivamente). El monitoreo realizado en el mes de enero muestra un cambio notorio debido la ausencia de EMMI 4, FPO y foliculos atrésicos, por lo cual hay un predominio de EMMI 3, seguido del 2, lo que indicaría un proceso regresivo de las gónadas y el término del periodo reproductivo (**Tabla 39**).

Tabla 39. Frecuencia porcentual de los distintos estados de madurez microscópicos obtenidos en los muestreos correspondiente al monitoreo del jurel

Estados	Fechas			
	12-11-04	22-12-04	29-12-04	5-1-05
Estado I			4	
Estado II	5			15
Estado III	63	60	46	85
Estado IV	32	40	50	
FPO	32	40	50	
Atresia		90%	83%	
Nº	19	10	24	26

OBJETIVO 3: DETERMINAR Y CARACTERIZAR LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL

8.6 Caracterización de las agregaciones de jurel

8.6.1 Distribución espacial de jurel

La distribución espacial de los ecotrazos del jurel reportados por el ecosonda, muestra que el recurso se ubicó ampliamente en toda la zona de estudio, predominando los ecotrazos de abundancia clase "mala", en tanto las mayores densidades de jurel caracterizadas por ecotrazos definidos como "regular", fueron bastante limitados y ecotrazos definidos como "buena" fueron inexistentes. Los ecotrazos clase regular se presentaron dispersos entre norte de Los Vilos y norte de Lebu (**Figura 69**). Esta distribución espacial no mostró zonas importante de concentración del recurso (stock parental), más bien focos puntales de alta densidad y la alta recurrencia de niveles de baja abundancia, coincidiendo con el patrón de distribución espacial observado en ecoprospecciones anteriores realizadas en la zona de estudio.

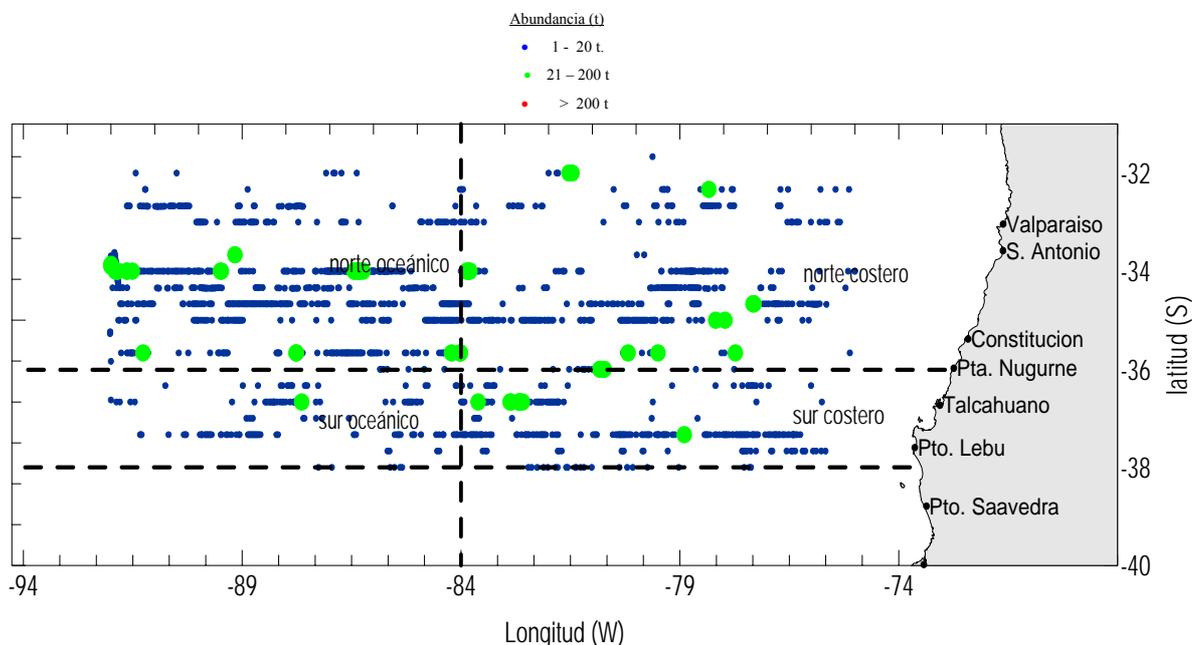


Figura 69. Distribución espacial de la abundancia de jurel detectada por ecosonda en la zona de estudio, Nov. 2004.

La distribución espacial de los ecotrazos reportados por sonar, muestra una distribución más restringida que la señalada por el ecosonda (**Figura 70**), manteniendo el predominio de ecotrazos de clase "mala" dispersos entre San Antonio y Lebú, con clase regular escasa.

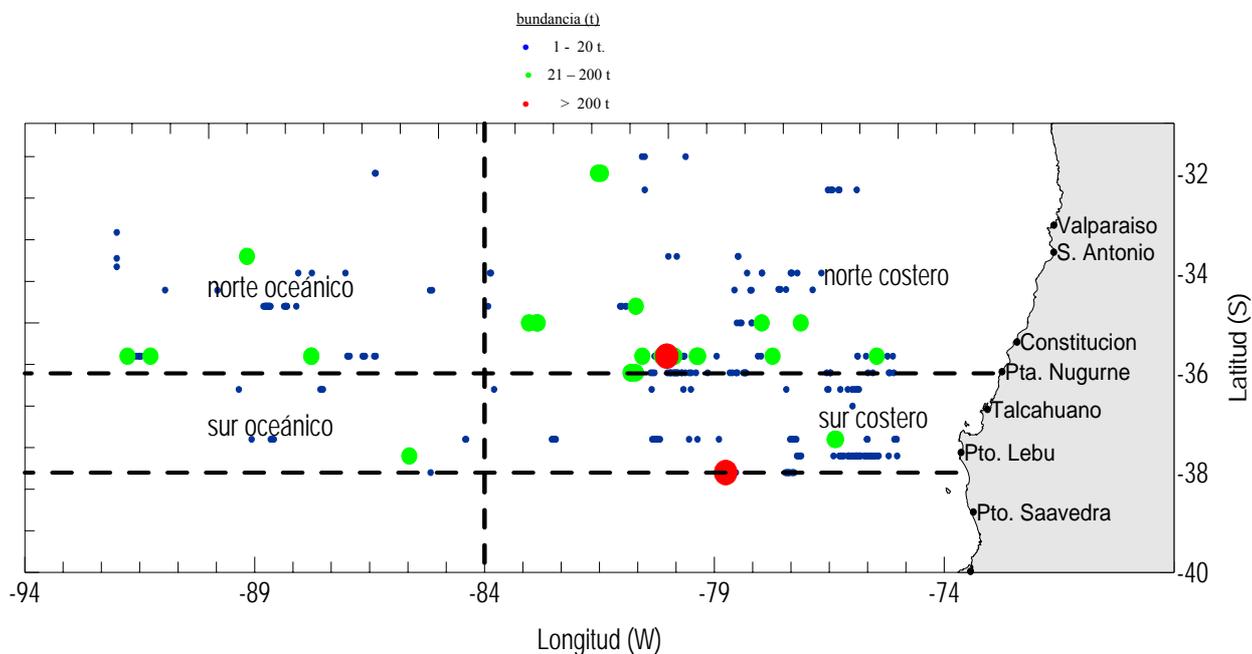


Figura 70. Distribución espacial de la abundancia de jurel detectadas por sonar en la zona de estudio, Nov. 2004.

- Índice de cobertura

En los 20 transectos realizados en la ecoprospección se observaron un total de 16.189 ubm, de las cuales en 1.680 ubm se detectaron presencia de jurel, con un índice de cobertura (IC) de 10,38%. En el sector denominado costero (hasta las 400 mn) el IC alcanzó un 4,37%, en el sector oceánico (> 400 mn) fue de 6,01% (**Tabla 40**).

En el área denominada norte (31°40' LS - 36°00'LS), los IC aumentan de manera importante desde la costa hacia el sector oceánico, sugiriendo una presencia mayor del recurso hacia el área oceánica, con valores que van de 2,64% y 5,09% respectivamente. En el sector sur (36°01'LS a 38°00'LS) los IC en el Sector costero es mayor al del sector oceánico de 1,75% y 0,92% respectivamente (**Tabla 40**).

Respecto a la tipología de los ecotrazos registrados en la zona de estudio, clasificados de acuerdo a los niveles de captura esperados en: "malo", "regular" y "buena". Los ecotrazos tipo "regular" alcanzaron un IC de 0,30% y los malos lograron el IC más alto con 10,08%. No se registró presencia de la clase "buena" (**Tabla 40**). En la zona norte y sur (costera y oceánica) no se reportaron ecotrazos de la clase buena, predominando en esta área la clase mala.

Los ecotrazos tipo disperso e individual dominan en el área norte y sur de la zona prospectada, la presencia de los ecotrazos tipo disperso se incrementó sustancialmente en la zona norte oceánica. En la zona norte se observó un aumento en el uso del espacio por el jurel el que también se registró para los distintos tipo de agregaciones (cardumen, estrato, disperso e individual), lo que indica una mayor presencia del recurso hacia el sector oeste. (**Tabla 40**).

Tabla 40. Índice de cobertura (IC) de los ecotrazos reportados por el ecosonda en las macrozonas: norte costero, norte oceánico, sur costero, sur oceánico y total zona de estudio, 2004.

		Costero (<400mn)					Oceánico (>400 mn)				
Abundancia		Cardumen	estrato	disperso	individual	total	Cardumen	estrato	disperso	individual	total
Norte	Mala	0,04	0,38	1,04	1,07	2,53	0,07	0,73	2,50	1,66	4,95
	Regular	0,01	0,06	0,02	0,01	0,01	0,06	0,04	0,02	0,02	0,14
	Buena					0,00					0,00
	Subtotal	0,05	0,44	1,06	1,08	2,64	0,12	0,77	2,51	1,68	5,09
Sur	Mala	0,07	0,24	0,71	0,67	1,69	0,01	0,09	0,48	0,33	0,91
	Regular	0,04	0,01			0,06		0,01			0,01
	Buena					0,00					0,00
	Subtotal	0,11	0,25	0,71	0,67	1,75	0,01	0,10	0,48	0,33	0,92
Sub-Total	Mala	0,11	0,62	1,75	1,74	4,22	0,08	0,82	2,97	1,99	2,05
	Regular	0,05	0,07	0,02	0,01	0,15	0,06	0,05	0,02	0,02	0,06
	Buena	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Subtotal	0,15	0,69	1,77	1,75	4,37	0,14	0,86	2,99	2,01	6,01
Total Zona estudio	Mala	0,19	1,44	4,73	3,72	10,08					
	Regular	0,10	0,12	0,04	0,04	0,30					
	Buena	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
	Subtotal	0,29	1,56	4,77	3,76	10,38					

- **Índice de presencia de ecotrazos**

El análisis de las agregaciones presentes por cada 100 milla náutica lineal, medido a través de índice de presencia (IPE), indica un incremento del IPE en el sector norte hacia el sector oceánico. Los más altos valores se ubicaron en la zona norte oceánica con 13,48 agregaciones cada 100 millas náuticas lineal y sector sur costero con 10,91 agregaciones cada 100 millas náuticas lineal, lo cual muestra que el sector norte reunió principalmente la mayor cantidad de ecotrazos de jurel (**Tabla 41**).

Tabla 41. IPE en N° de agregaciones por cada 100 millas náuticas lineales y n° de agregaciones por zona.

Zona	IPE (N°agreg./100 mn)	N° agreg. por zona
Norte Costero	6,74	426
Norte Oceánico	13,48	824
Sur costero	10,91	282
Sur Oceánico	6,15	148
Total	9,64	1.680

Al igual que el IPE, la agrupación de los ecotrazos en clusters simples (CS) y complejos (CC) muestra un fuerte incremento desde la costa hacia el sector oceánico, con valores que van de 658 a 800 para los CS y 50 a 54 para los CC (**Tabla 42**). En general, los clusters simples (1,5 agregaciones por millas náutica) fueron los más recurrentes en la zona de estudio, concentrando el mayor número de cluster los sectores oceánico de la zona norte, tanto del tipo simple y complejo (>1,5 agregaciones por millas náutica). Resultado que junto a índices anteriormente señalados, ratifican la mayor cobertura espacial de la distribución del jurel hacia el sector oceánico del área de estudio.

Tabla 42. Clusters simple (CS) y clusters complejos (CC) por macrozonas, 2004.

	C S (Número de agregaciones)		C C (Número de agregaciones)	
	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero
No	782	394	42	32
Sur	18	264	12	18
To	800	658	54	50

8.6.2 Distribución batimétrica en el ciclo de las 24 horas

Los resultados de la información de los ecosondas analizada para el ciclo nictemeral, para la prospección realizada en la zona de estudio se presentan en las **Figura 71 y 72**.

Las agregaciones o ecotrazos se distribuyeron desde la superficie hasta los 250 m de profundidad, durante el ciclo de 24 horas. Esta distribución en profundidad es sustentada principalmente por el aporte de la abundancia “mala” con escasos registros de la clase “regular”, mientras que para la abundancia “buena” no existen registros (**Figura 71**).

En relación al ciclo nictemeral, las clases de abundancias “mala” y “regular” estuvieron presentes las 24 horas del día, (**Figura 71**). El rango de profundidad para la clase “mala” se concentra preferentemente entre los 150 m, con escasos registros entre 150-250 m de profundidad. En cambio para la clase regular los registros se concentraron hasta 150 m aproximadamente, sin registros entre 150–250 m. En relación a la distribución de las agregaciones en el ciclo diario, es importante indicar que las ecotrazos de jurel tipo cardumen presentes en abundancia de clase “regular”, se registraron preferentemente en dos periodos, entre 5:00- 8:00 hrs y 18:00-21:00 hrs (asociado a los períodos de transición) (**Figura 6**).

La mayor profundidad de los ecotrazos de abundancia “mala”, se explica por la amplia distribución batimétrica de los distintos tipos de agregaciones (tipo estrato, disperso e individual) los cuales alcanzan los 240 m. Es importante señalar que las agregaciones de

tipo cardumen para la abundancia "mala", muestran tendencia a ubicarse en aguas más someras durante el período de máxima oscuridad, no sobrepasando los 152 m de profundidad (**Figura 72**).

En cuanto al índice de cobertura durante el día es ligeramente mayor, el jurel se distribuye formando principalmente ecotrazos tipo disperso durante el día, la noche y el orto, mientras que durante el crepúsculo presentan preferentemente individuales (**Tabla 43**). Al estandarizar los IC, para que estos sean comparables en las unidades de tiempo el IC es más alto de noche < crepúsculo < día < orto (**Tabla 43**).

Tabla 43. (A) Índice de cobertura por ecotrazos y periodo del día, (B) Índice de cobertura estandarizado por ecotrazos y periodo del día.

A	Período				Total
	Orto	Día	Crepúsculo	Noche	
Cardumen	0,04	0,12	0,03	0,1	0,29
Estrato	0,09	0,72	0,13	0,62	1,56
Disperso	0,41	2,09	0,31	1,95	4,76
Individual	0,18	1,67	0,45	1,46	3,76
Total	0,72	4,6	0,92	4,13	10,37

B	Orto	Día	Crepúsculo	Noche
Cardumen	0,04	0,02	0,03	0,03
Estrato	0,09	0,12	0,13	0,16
Disperso	0,41	0,35	0,31	0,49
Individual	0,18	0,28	0,45	0,37

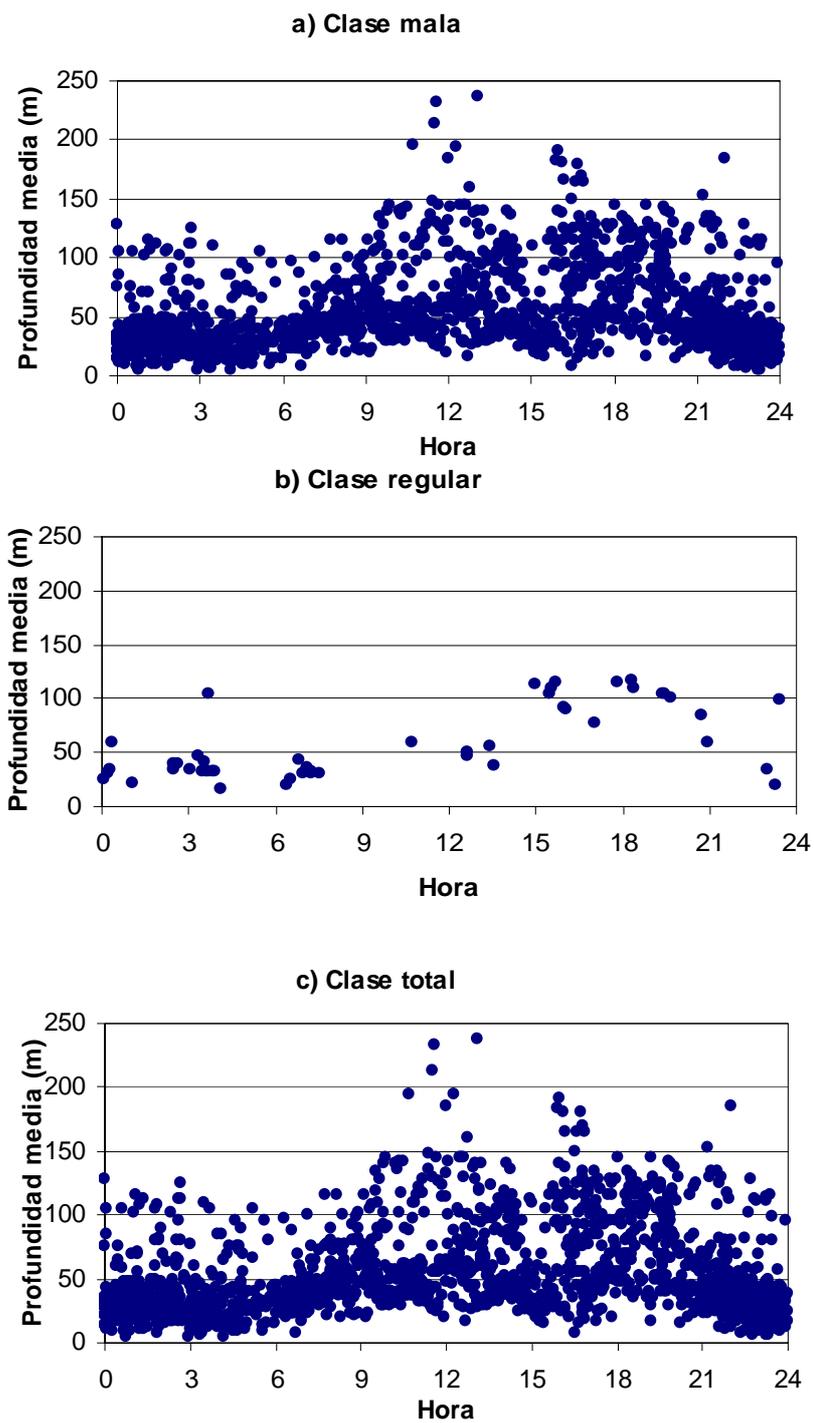


Figura 71. Distribución de las agregaciones por clase de abundancia a) clase mala, b) clase regular y c) total, 2004.

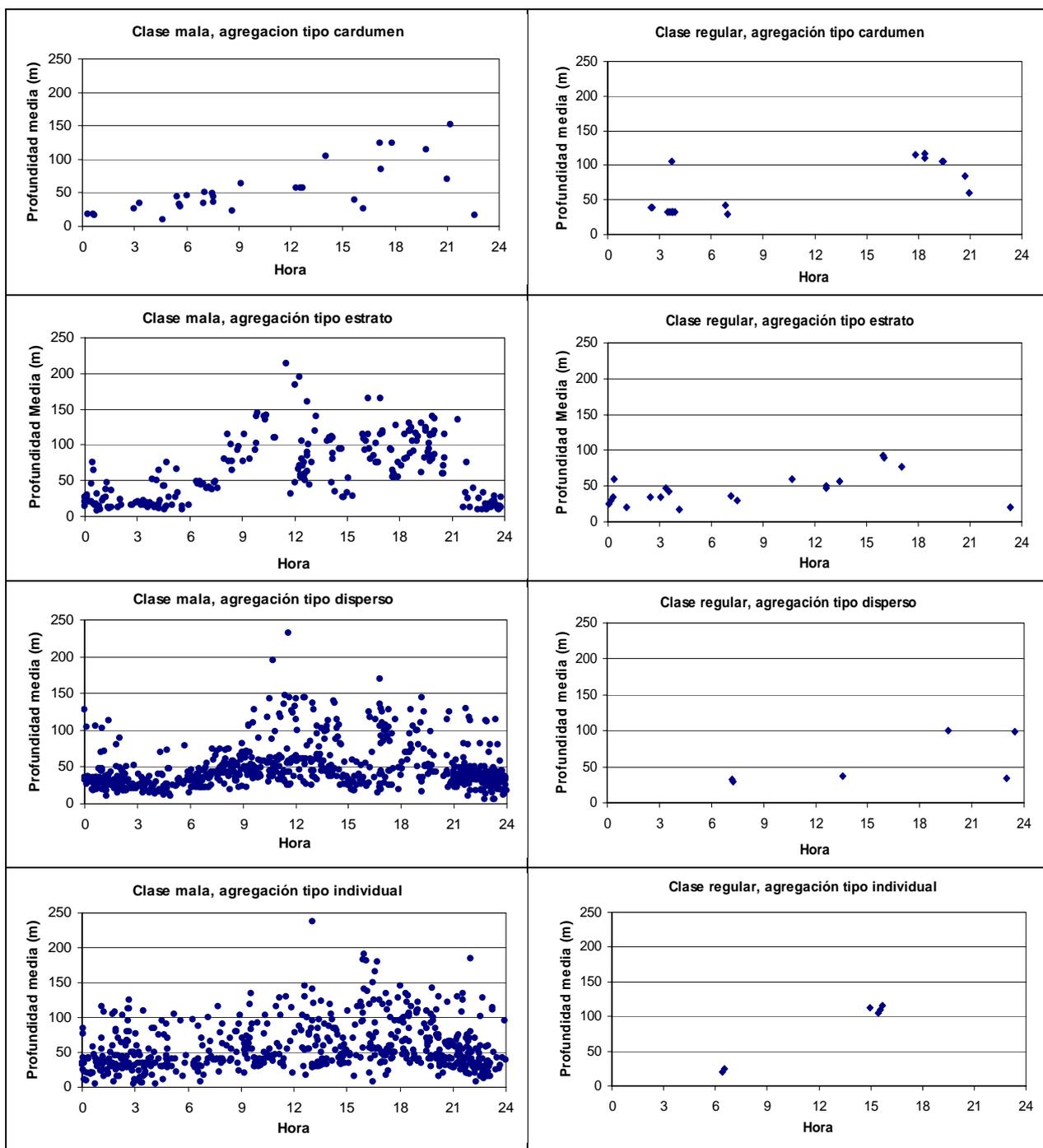


Figura 72. Distribución de la profundidad en el ciclo de 24 horas por clase de abundancia y tipo de agregación. Noviembre 2004.

8.6.3 Altura y profundidad de las agregaciones

Durante el estudio, la altura y profundidad media de los ecotrazos fue de 20,05 y 53,7 m respectivamente. De acuerdo a la abundancia la altura fluctuó entre los 19,82 m para la clase "mala" y los 27,79 m para la clase "regular", mientras que para los tipos de agregaciones, la altura media varió desde 24,78 m para el tipo "cardumen" a 13,71 m para los individuales (Tabla 44 y 45).

Tabla 44. Profundidad mínima, máxima, promedio y altura media por clase de abundancia, 2004.

Abundancia	P.Min. (m)	P.Max. (m)	P.Media (m)	Altura (m)
Mala	4,5	237,5	53,5	19,82
Regular	17,0	117,5	58	27,79
Buena				
Total	4,5	192	53,7	20,05

Tabla 45. Profundidad mínima, máxima, promedio y altura media por tipos de agregación, 2004.

Agregación	P.Min. (m)	P.Max. (m)	P.Media (m)	Altura (m)
Cardumen	9,5	152,5	57,88	24,78
Estrato	8,5	213,5	62,6	22,46
Disperso	5,5	232,5	47,63	23,97
Individual	4,5	237,5	57,36	13,71
Total	4,5	237,5	53,7	20,05

La profundidad media de los ecotrazos alcanzó los 53,7 m, con un rango que fluctuó entre los 53,5 m para la categoría "mala" y de 58,0 m para la categoría "regular" (**Tabla 44 y 45**). Los ecotrazos tipo cardumen se reportaron más someros a 57,88 m y los tipos estratos, dispersos e individuales sobre los 63 m como promedio. En cuanto al rango de profundidad los ecotrazos totales se distribuyeron de 4,5 m a 237,5 m (**Tabla 44 y 45**).

El 87,4 % de los ecotrazos se reportaron entre la superficie y los 100 m de profundidad, en relación a las categorías de abundancia, la clase "mala" presenta un 85,12% sobre los 100 m de profundidad y un 11,96 bajo los 100 m de profundidad. Con respecto a las agregaciones, la tipo disperso se encontró con un 42,20% sobre los 100 m de profundidad y la tipo individual con un 4,88% bajo los 100 m de profundidad (**Tabla 46**).

Tabla 46. Presencia de ecotrazos (%) en la columna de agua a una profundidad superior e inferior a los 100 m, por clase y tipo de ecotrazos.

Abundancia	<= 100 m	> 100 m	Total
Mala	85,12	11,96	97,08
Regular	2,32	0,6	2,92
Buena			
Total	87,44	12,56	100,00

Agregaciones	<= 100 m	> 100 m	Total
Cardumen	2,14	0,65	2,8
Estrato	11,73	3,33	15,06
Disperso	42,20	3,69	45,89
Individual	31,37	4,88	36,25
Total	87,44	12,56	100,00

8.6.4 Índice de agregación e índice sintético de presencia de huevos

El grado de agregación se estimó mediante el índice de Gini es de 0,474 para los huevos y de 0,907 para el jurel.

La carta de distribución de huevos correspondiente a noviembre de 2004 se presenta en la **Figura 73**, el área corresponde a la superficie de alta presencia de huevos (> 500 ind/10m²) se presenta preferentemente en el sector oceánico. El índice sintético de presencia de huevos es 23,3.

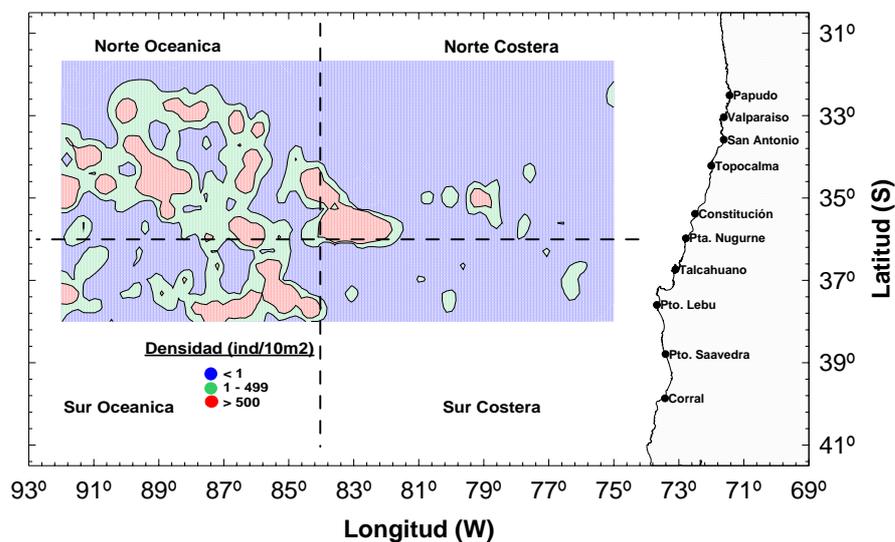


Figura 73. Distribución espacial de la abundancia de huevos de jurel, noviembre 2004.

8.6.5 Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel de los cruceros realizados en el periodo 1997 - 2004

Índice de cobertura (IC) por periodo del día, año y macrozona

En el periodo de estudio en el ciclo nictemeral el IC_{est} estandarizados mas bajo se presentó en el orto, el mas alto se obtuvo en el día en los años 1999 y 2003, en el crepúsculo en los años 1998 y 2000, mientras que en la noche en los años 2001 y 2004. En los cruceros analizados predominan los ecotrazos tipo disperso e individual, sólo en el año de 1999 los ecotrazos tipo cardumen presentan un IC que superan 1 y 3 respectivamente (**Tabla 47**).

En los años 1998 y 2000 el mayor IC se presenta en la zona norte costera, en el año 1999 en la zona sur costera, mientras que en los años 2001, 2003 y 2004 la mayor presencia de jurel se presenta en la zona norte oceánico. En la zona sur oceánica el IC es menor en todo el periodo de estudio (**Tabla 48**). En los años 1999 y 2003 se presenta la mas alta presencia de ecotrazos tipo cardumen, mientras que en los años 2000, 2001 y 2004 fue incipiente (**Figura 74**), esos años se reportaron las densidades totales de huevos mas altas del periodo: 444,2; 639,4 y 373,5 ind/10m².

Tabla 47. (A) Índice de cobertura (IC), profundidad media (Prf) y altura media (Alt) de los ecotrazos reportados por el ecosonda y (B) Índice de cobertura estandarizado (IC_{est}) y altura media (Alt) de los ecotrazos reportados por periodo del día.

A	1998			1999			2000			2001			2003			2004		
	IC	Prf	Alt	IC	Prf	Alt	IC	Prf	Alt	IC	Prf	Alt	IC	Prf	Alt	IC	Prf	Alt
Cardumen	0,01	118,30	25,00	1,79	113,13	19,96	0,20	43,82	27,58	0,07	72,93	36,25	0,60	111,59	16,29	0,30	62,40	24,80
Estrato	0,19	105,52	16,00	4,28	129,70	23,73	0,70	80,91	23,75	0,79	78,10	15,44	1,00	111,09	29,73	1,60	69,80	22,50
Disperso	0,80	44,22	13,00	5,13	45,03	27,70	1,20	46,21	28,12	1,70	46,05	21,39	8,10	75,01	37,45	4,80	36,60	24,00
Individual	0,81	73,25	18,10	3,53	65,11	25,32	2,40	42,78	24,12	1,37	44,32	13,06	3,10	68,80	18,03	3,80	37,80	13,70
Total	1,88	83,97	15,98	14,72	102,01	25,04	4,41	62,72	25,25	3,94	62,40	17,54	12,70	102,24	31,15	10,38	53,70	20,02

B	1998			1999			2000			2001			2003			2004		
	IC _{est}		Alt															
Orto	0,15		15,50	0,75		33,40	0,17		22,43	0,24		19,00	0,76		26,92	0,72		21,76
Día	0,12		12,63	1,43		23,95	0,36		25,59	0,31		19,15	1,37		30,22	0,77		21,35
Crepúsculo	0,35		24,45	1,40		24,32	0,45		28,65	0,22		18,99	1,51		36,53	0,92		19,64
Noche	0,16		15,38	0,99		26,06	0,41		24,16	0,41		15,33	0,56		32,34	1,03		18,39

Tabla 48. Índices de cobertura por macrozona.

Agregación	1998	1999	2000	2001	2003	2004
Norte Costero	0,9600	3,5302	1,9148	1,0179	3,4059	2,6314
Norte Oceánico	0,1152	1,5256	1,4380	2,4833	5,3760	5,0898
Sur Costero	0,3456	9,2425	0,5575	0,3393	3,5228	1,7419
Sur Oceánico	0,4608	0,4257	0,5062	0,1010	0,4424	0,9142
Total	1,88	14,72	4,41	3,94	12,74	10,38

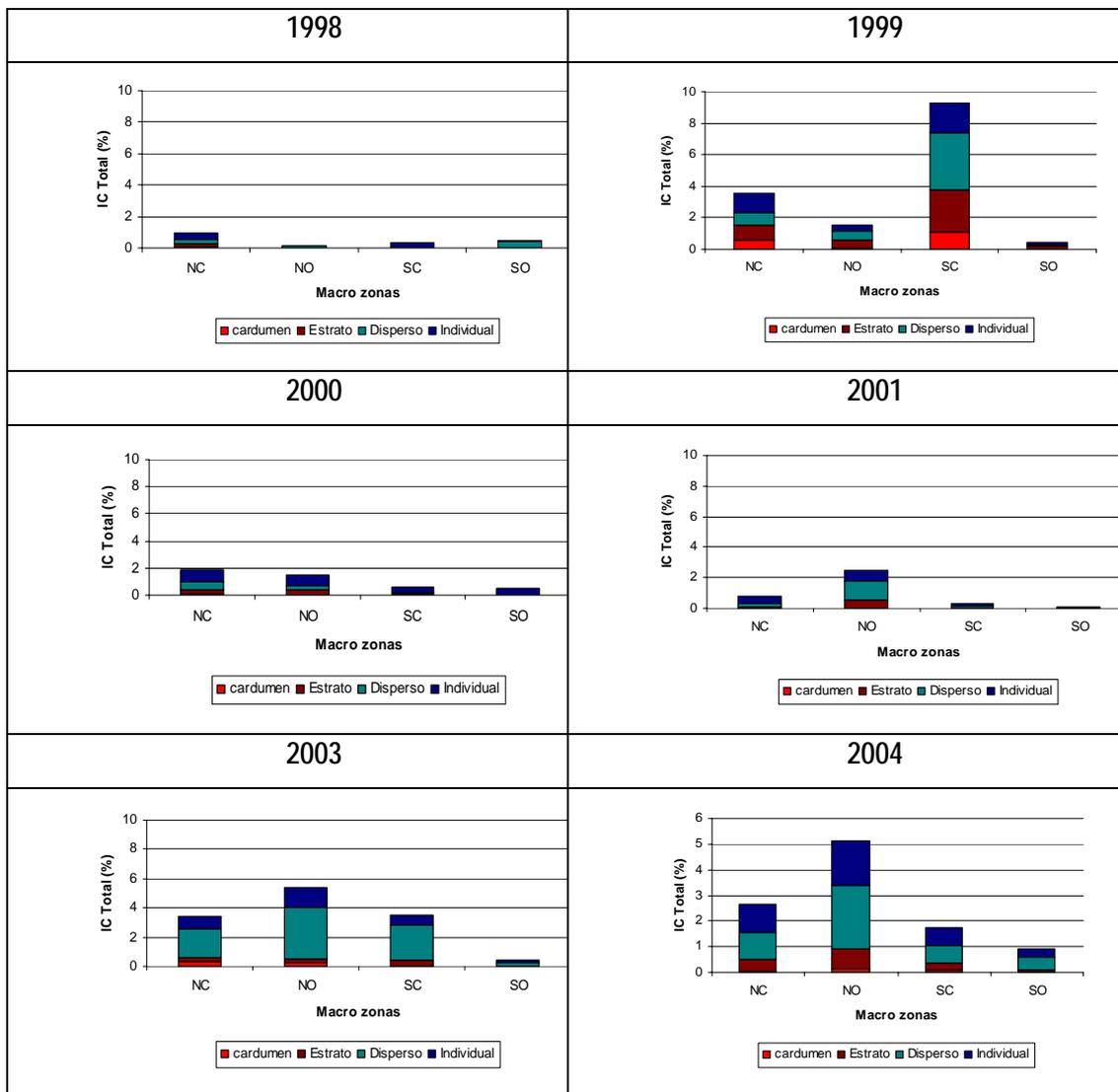


Figura 74. Índice de cobertura de las agregaciones por macro zona entre 1998-2004.

4.4.2 Morfología de los ecotrazos por período y macrozona.

- Distribución de la profundidad media durante el ciclo nictemeral

En las figuras 73 y 74, se observa claramente el patrón de distribución vertical del jurel en el periodo del 24 de horas, durante el día el jurel se distribuye a mayor profundidad, mientras que la distribución es mas somera de noche y en el orto (**Figura 75**). La distribución batimétrica del jurel cambia en el período de estudio, ya que en los años 1997, 1999 y 2003 la profundidad media de las agregaciones de 136,2 m, 102 m y 107,2 m respectivamente, y sólo el 19,8%, 44,5% y 49,8% de las agregaciones se registraron entre la superficie y 100 m de profundidad, en cambio para los años 1998, 2000, 2001 y 2004 el 65,%, 77,7%, 74,1% y el 87,4% de las agregaciones se presenta desde la superficie hasta los 100 m de profundidad (**Tabla 49**).

Tabla 49. Profundidad y porcentaje de agregaciones entre la superficie y los 100 m.

Crucero	Profundidad Media	<= 100 m
Nov. 1997	136,2	19,8
Dic. 1998	84,0	65,3
Dic. 1999	102,0	44,5
Nov. 2000	67,0	77,7
Nov. 2001	69,0	74,1
Nov. 2003	107,2	49,8
Nov. 2004	53,7	87,4

La profundidad de distribución en las macro zonas (Norte costero, Norte oceánico, Sur costero, Sur oceánico), la mayor profundidad se alcanzó en la macrozona norte costero en los años 1998, 2001, 2003 y 2004, mientras que en los años 1999 y 2000 que se presentó en la macrozona norte oceánica (**Figura 75**). Se compararon las profundidades promedios a

través de un ANDEVA, para los años de estudio los resultados indican que no presentaron diferencias significativas entre la zona sur oceánica y sur costera con la excepción del año 1998. Entre las macrozonas norte y sur se presentan diferencias significativas en los años 2001, 2003 y 2004 (**Tabla 50**).

En las macrozonas en el ciclo de 24 horas las mayores profundidades se presentan en el día y las menores en la noche, una excepción se reporta en la macrozonas norte oceánica en los años 2000 y 2003 (**Figura 76**).

La profundidad de distribución del jurel en las macro zonas (Norte costero, Norte oceánico, Sur costero, Sur oceánico), varía de acuerdo a las densidades de huevos, en zonas de alta densidad de huevos, las agregaciones de jurel se distribuyen a mayor profundidad que en zonas de baja densidad de huevos (**Tabla 47**). Este comportamiento se observa claramente en los años 2001 y 2003. En el año 2001 las mayores densidades de huevos se obtuvieron principalmente en la zona norte costera y sur oceánica, donde la distribución de profundidad es significativamente mayor en relación al norte oceánico y sur costero respectivamente (**Figura 75 y 76**). En el año 2003 la mayor densidad de huevos se observó en el norte costero y norte oceánico, donde las agregaciones se mostraron una profundidad significativamente mayor en relación al sur costero y oceánico.

Profundidad media durante los periodos.	Profundidad media en las macrozonas.
1998	1998
1999	1999
2000	2000
2001	2001
2003	2003
2004	2004

Figura 75. Distribución de la profundidad media de ecotrazos de jurel durante los periodos del día: Orto (o), Día (D), Crepúsculo (C) y Noche (NO). Y por macrozonas: Norte costero (NC), Norte Oceánico (NO), Sur Costero (SC) y Sur Oceánico (SO).

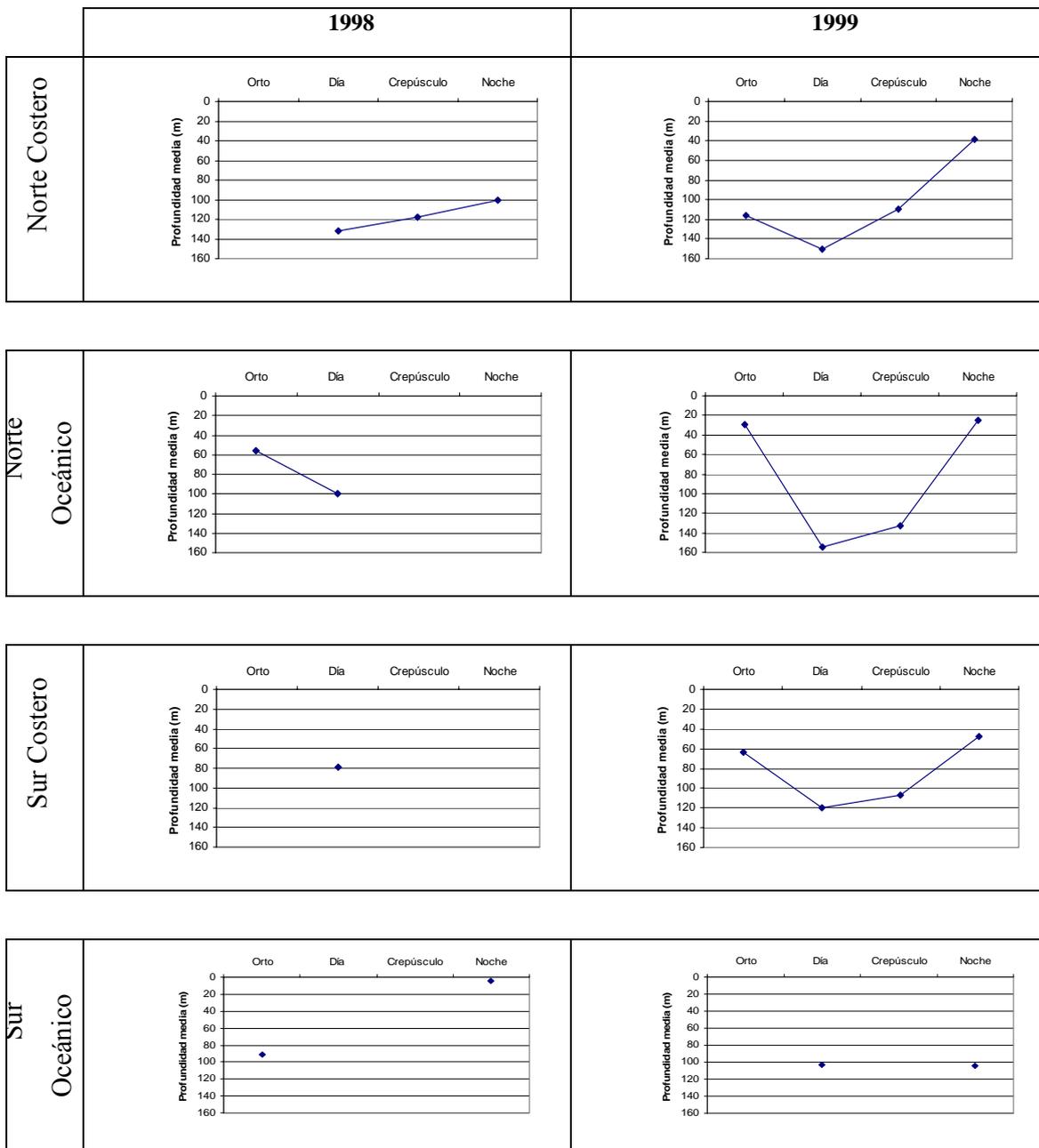


Figura 76. Distribución de la profundidad media de ecotrazos de jurel durante los periodos del día. Orto (o), Día (D), Crepúsculo (C), Noche (N) en las macro zonas Norte costero (NC), Norte Oceánico (NO), Sur Costero (SC), Sur Oceánico entre 1998-1999.

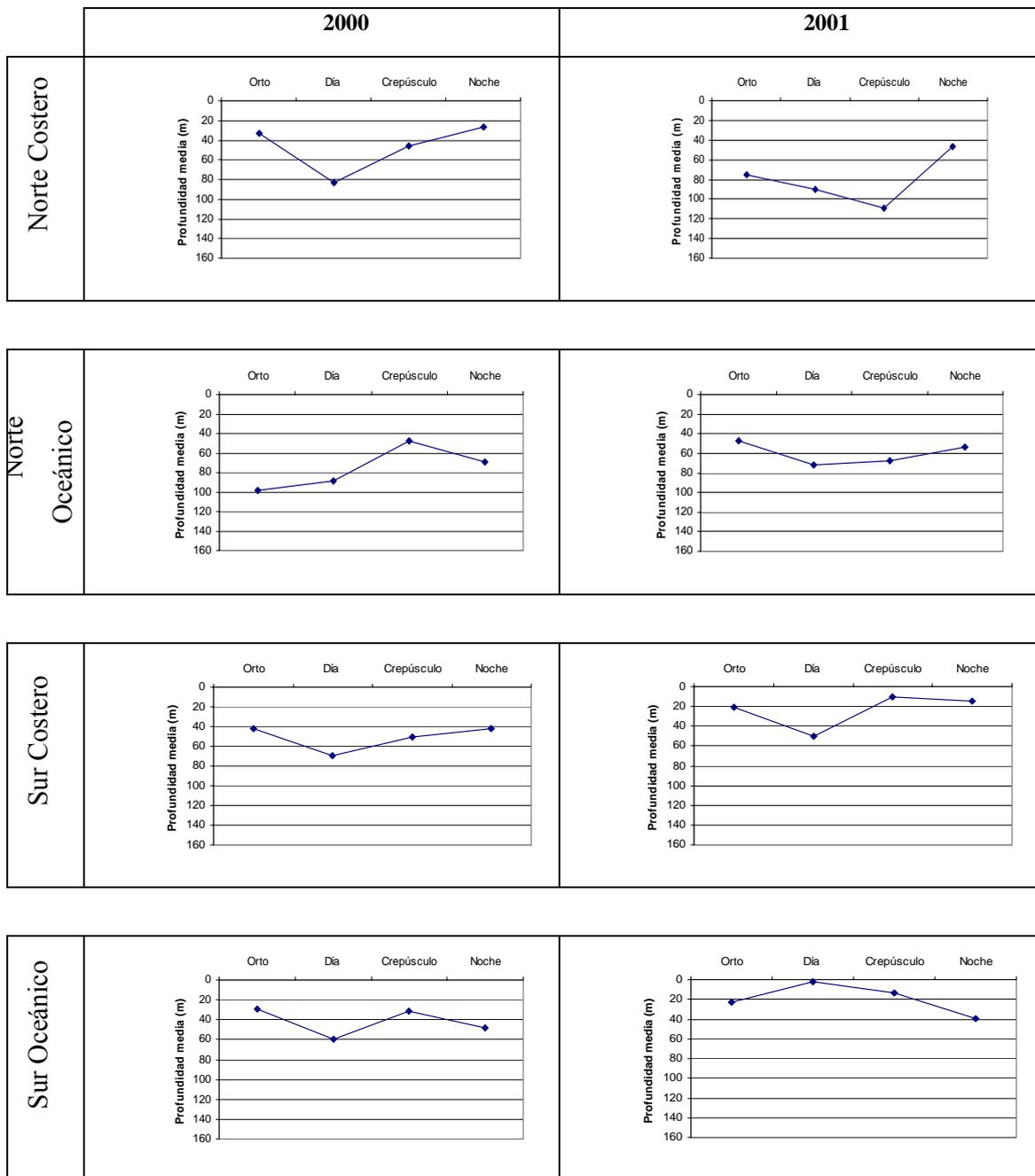


Figura 76. Continuación. Distribución de la profundidad media durante los periodos del día. Orto(O), Día (D), Crepúsculo (C), Noche (N) en las macro zonas Norte Costero (NC), Norte Oceánico (NO), Sur Costero (SC), Sur Oceánico entre 2000-2001.

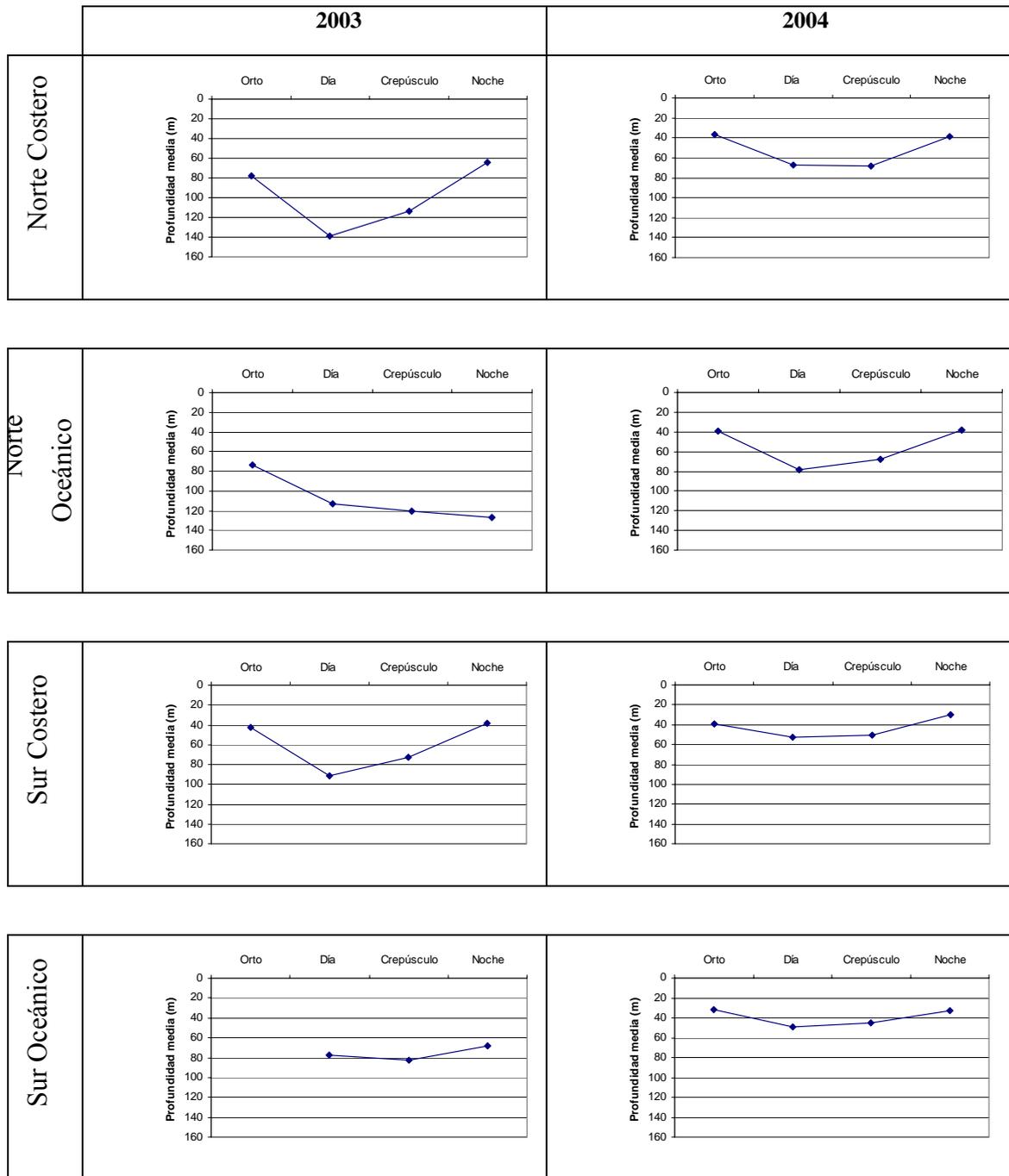


Figura 76 Continuación. Distribución de la profundidad media durante los periodos del día. Orto (O), Día (D), Crepúsculo (C), Noche (N) en las macro zonas Norte costero (NC), Norte oceánico (NO), Sur costero (SC), Sur oceánico entre 2003-2004.

Tabla 50. Inferencia de las macro zonas en la profundidad media por año y los pos-hoc. Inferencia significativa (*) $P < 0,05$ y no significativa (NS), $P > 0,05$.

año	macrozonas	profundidad media	norte oceánica	sur costera	sur oceánica
1998	Norte costero	118,37 (25)	NS	NS	*
	Norte oceánico	70,3 (3)		NS	NS
	Sur costero	79,44 (12)			*
	Sur oceánico	19,12 (9)			
1999	Norte costero	108,98 (199)	*	*	NS
	Norte oceánico	126,11 (86)		*	NS
	Sur costero	95,30 (521)			NS
	Sur oceánico	103,27 (24)			
2000	Norte costero	57,71 (261)	*	NS	NS
	Norte oceánico	77,44 (196)		*	*
	Sur costero	54,72 (76)			NS
	Sur oceánico	48,69 (69)			
2001	Norte costero	80,98 (139)	*	*	*
	Norte oceánico	62,12 (340)		*	*
	Sur costero	19,79 (47)			NS
	Sur oceánico	27,10 (47)			
2003	Norte costero	12,47 (408)	NS	*	*
	Norte oceánico	113,80 (644)		*	*
	Sur costero	78,25 (422)			NS
	Sur oceánico	73,97 (153)			
2004	Norte costero	52,52 (426)	*	*	*
	Norte oceánico	60,67 (824)		*	*
	Sur costero	43,19 (282)			NS
	Sur oceánico	38,35 (148)			

- Altura media de los ecotrazos

Por otra parte, la altura promedio de los ecotrazos presentaron una variación entre 16 m y 31,2 m alcanzándose la mayor altura en el crucero de noviembre del año 2003. La altura media por ecotrazo fluctuó entre 15,98 m y 31,15 m. La altura media para la agregación tipo cardumen varió entre los 16,29 m y los 36,25 m para el período 1998-2004, alcanzando la máxima altura media el año 2003. La altura media para la agregación tipo cardumen aumentó en el período 1999-2001 para luego disminuir hasta el año 2004 (**Tabla 47**).

En el ciclo de las 24 horas las mayores alturas medias se presentaron durante el periodo de transición de los ecotrazos de aguas mas someras a mas profundas y

viceversa (años 1999 y 2004) y crepúsculo (años 1998, 2000, 2003) una excepción la mostró en el año 2001 (**Tabla 47**).

4.4.3 Índice de presencia de ecotrazos (IPE) y clusters

En los años 1997, 1999, 2003 y 2004 los IC alcanzaron valores de 14,97%, 14,72%, 12,75% y 10,40% respectivamente, además en esos cruceros los índices de presencia de ecotrazos fluctuaron entre 0,0896 y 0,1297 agregaciones por milla náutica lineal (IPE), siendo la mayor participación los ecotrazos de clase mala. En cambio para los años 1998, 1999, 2000 y 2001 el IPE era bajo alcanzando valores bajos que fluctuaron entre 0,009 y 0,0373 agregaciones por milla náutica lineal. Los ecotrazos tipo cardumen presentaron el IPE más bajo en todos los cruceros, confirmando la hipótesis de que el jurel forma agregaciones muy poco compacta en el momento del desove (**Tabla 51**).

Tabla 51. Índice de presencia de ecotrazos (IPE) (Número de agregaciones por milla náutica lineal).

Crucero	IPE
Nov. 1997	0,12096
Dic. 1998	0,0099
Dic. 1999	0,1297
Nov. 2000	0,0373
Nov. 2001	0,0372
Nov. 2003	0,1200
Nov. 2004	0,0970

En los cruceros 1997, 1999, 2003 y 2004 se presentó la más alta presencia de clusters expresada $N^{\circ}\text{cluster}/10000\text{mn}^2$, mientras que en los años 1998, 2000 y 2001 se reportó el más bajo (**Tabla 52**).

Tabla 52. Número de Clusters simples (CS), clusters complejo (CC) y total por crucero.

Crucero	$N^{\circ}\text{cluster}/10000\text{mn}^2$
1997	50
1998	3
1999	55
2000	17
2001	18
2003	49
2004	53

8.6.6 Índice de sintético de presencia de huevos

En el período de estudio se obtuvo un índice sintético de presencia de huevos (IA) que fluctuó entre 4.3 y 39,4 % en el año 2004 se alcanzó 23,27 en cuanto al índice de cobertura varió entre 1,88 y 14,72%, en la **figura 77** se observó que en los años 1997, 1999 y 2003 se obtuvo un alto IC y un bajo IA, mientras que en los años 1998, 2000 y 2001 se alcanzó una situación inversa, bajo IC y alto IA, el año 2004 se reportó una situación intermedia.

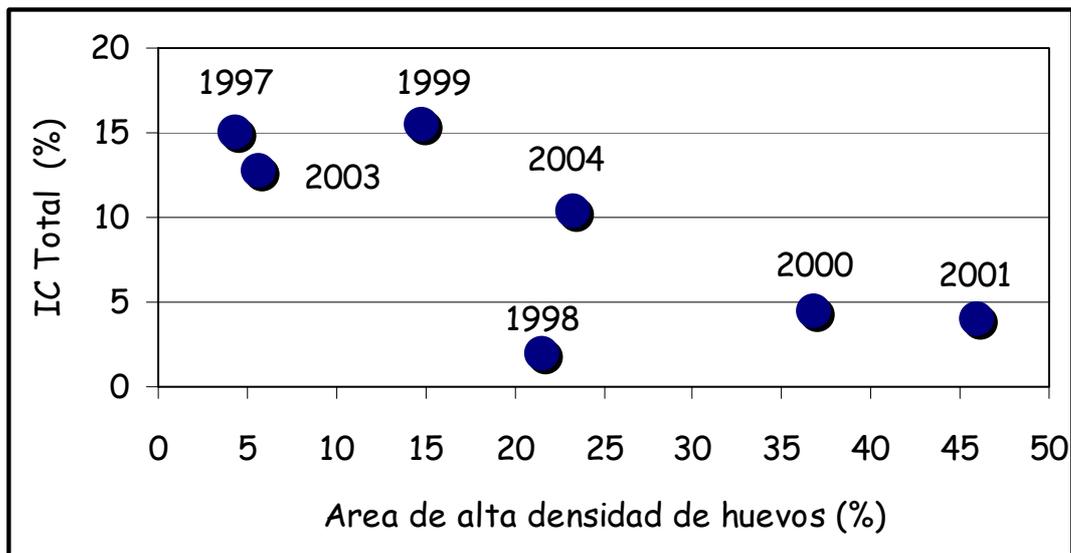


Figura 77. Índice de cobertura total (IC) e índice sintético de la presencia de huevos.

8.6.7 Curva de Lorenz e Índice de Gini

El índice de concentración indica que el comportamiento del jurel y los huevos es diferente en cuanto al uso del espacio, las curvas de Lorenz muestran que el jurel presenta una distribución más gregaria que los huevos en todos los cruceros realizados en el período de estudio. En los años 1998, 2000 y 2001 el jurel tiene una distribución más gregaria que los años 1997, 1999, 2003 y 2004 (**Figura 78**).

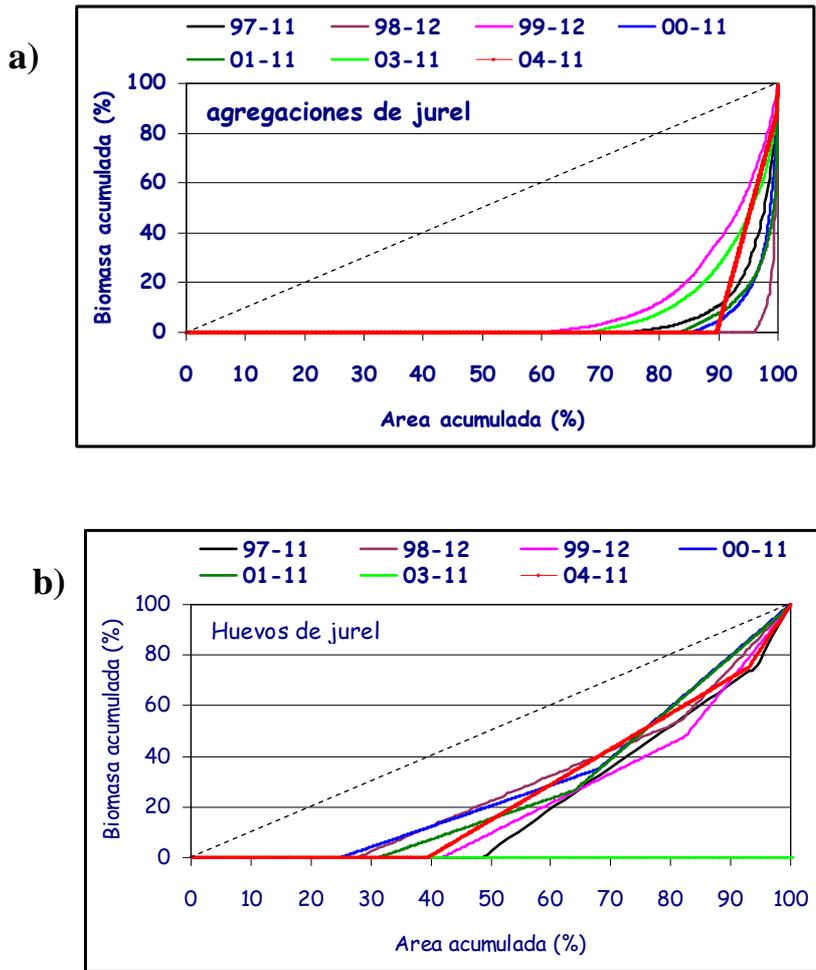


Figura 78. Curvas de Lorenz, cruceros 1997 a 2004: a) jurel y b) huevos de jurel.

El índice de Gini para el jurel varió entre 0,816 (año 1999) y 0,984 (año 1998) en el año 2004 se alcanzó un valor intermedio 0,907, para los huevos de jurel fluctuó entre 0,550 (año 1997) y 0,417 (año 2000), en el año 2004 presentó un valor de 0,474. El índice de Gini del jurel y los huevos tienen un comportamiento inverso, indicando que cuando los huevos se presentan más uniformemente distribuidos el jurel se reporta más agregado (**Figura 79**).

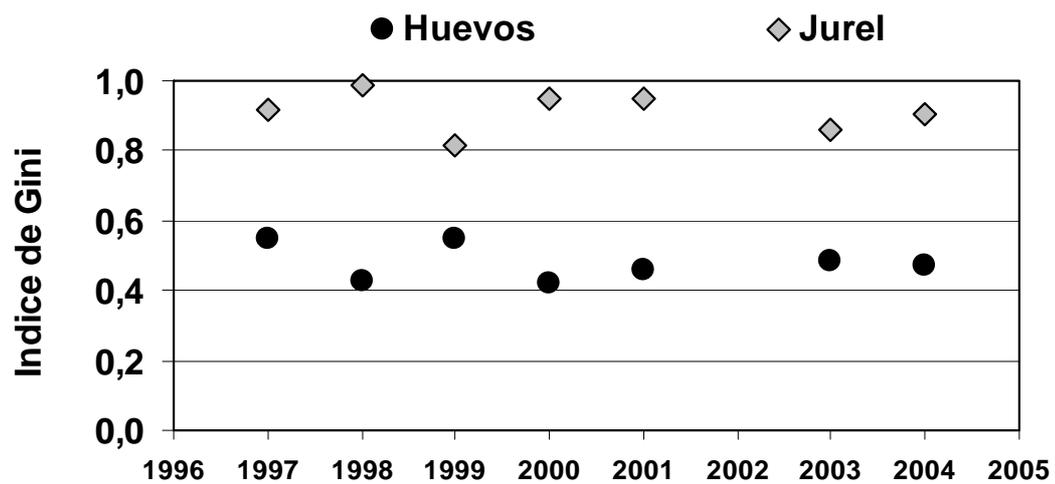


Figura 79. Índice de Gini para jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2004.

9 COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

Tabla 53. Cronograma de Actividades.

ACTIVIDAD	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Ejecución del Crucero	xx					
Procesamiento de muestras	xx	xxxx	xxxx	xxx		
Análisis de la información	xx	xxxx	xxxx	xxxx	xxx	
Informes		xxx		xx	xxxx	xx
Taller de Trabajo			xx	x		

Asignación Horas Hombre del equipo de trabajo

A continuación se presenta la asignación de horas hombre del equipo de trabajo de este proyecto en sus distintas actividades.

a) Instituto de Investigación Pesquera

PERSONAL	ACTIVIDADES					Total
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
Dagoberto Arcos R.	20	0	0	57	38	115
Aquiles Sepúlveda O.	20	0	32	24	24	100
Claudio Gatica	0	202	36	27	27	292
Sergio Núñez E.	5	0	16	12	12	45
Patricia Ruiz	0	202	28	21	21	272
Rubén Alarcón	0	202	42	31,5	31,5	307
Mario Aguayo	5	0	26	19,5	19,5	70
Francisco Contreras	5	0	10	7,5	7,5	30
Flor Vejar D.	0	202	10	7,5	7,5	227
Hernán Rebolledo	0	202	20	12	8	242
Carlos Gonzalez	0	202	15	10	0	227
Samuel Hormazábal	5	0	16,8	16,8	8,4	47
Luis Bustos E.	0	202	15	10	0	227
Gonzalo Padilla F.	0	202	9	6	0	217
Patricio Torres	0	202	9	6	0	217
Claudio Toro	0	202	9	6	0	217
Robinson Torres	0	202	0	0	0	202
Francisco Gómez	0	202	0	0	0	202
NN1	0	202	0	0	0	202
NN2	0	202	0	0	0	202
NN3	0	202	0	0	0	202
NN4	0	202	0	0	0	202
NN5	0	202	0	0	0	202
NN6	0	0	78	52	0	130
Total	60	3434	371,8	325,8	204,4	4396

b) Instituto de Fomento Pesquero

PERSONAL	ACTIVIDADES					TOTAL
	Preparación	Crucero	Procesa-miento	Análisis	Informe	
M. A. Barbieri	14	60	82	174	94	424
J. Córdova	45	47	30	66	30	218
A. Saavedra	30	76	80	36	8	230
J. Cortés		76	40	8		124
B. Leiva		76	40	8		124
R. Serra				36	12	48
C. Barraza	16	76				92
Profesionales a contratar		380				380
TOTAL	105	791	272	328	144	1640

c) Universidad Católica de la Sma Concepción

PERSONAL	ACTIVIDADES					Total
	Preparación	Crucero	Procesa-miento	Análisis	Informe	
Javier Chong L.	20	-	60	50	30	160
Paola Gonzales K.	-	-	140	40	20	200
Maria C. Pardo G.	10	-	160	60	20	250
Christian Ibañez	10	-	340	-	-	350
Ricardo Chong F.		-	350	-	-	350
NN 1	-	-	200	-	-	200
TOTAL	40	0	1250	150	70	1510

10 DISCUSION

En este proyecto las condiciones ambientales analizadas a través de la temperatura superficial del mar (TSM), muestran para la distribución horizontal de la TSM un leve gradiente noroeste-sureste, con aguas más cálidas ($> 16^{\circ}\text{C}$) situadas al norte de los 36°S y más frías ($< 14^{\circ}\text{C}$) en el límite austral del área prospectada. Durante la época de cruceo gran parte del área de estudio estuvo dominada por las isotermas entre 15°C y 17°C , mientras que temperaturas superiores a los 17°C estuvieron restringidas al extremo norte del área de estudio (al norte de los 34°S).

Con respecto a la distribución espacial de huevos de jurel, esta presentó zonas de mayor densidad (> 1000 huevos 10 m^{-2}) localizadas hacia el oeste de los 82°W , cuyas densidades máximas alcanzaron los 14000 huevos 10 m^{-2} en estaciones situadas frente a los $35^{\circ}30'\text{S}$ ($82^{\circ}40' - 83^{\circ}50'\text{W}$). Por el contrario, los sectores situados al norte de los $32^{\circ}30'\text{S}$ y al este los 79°W mostraron ausencia o muy bajas densidades de huevos de jurel. Por su parte la distribución espacial de las larvas evidenció una menor cobertura espacial a la descrita para huevos, con densidades superiores a los 100 larvas 10 m^{-2} principalmente situadas en el sector noroccidental del área de estudio ($31^{\circ}20' - 35^{\circ}30'\text{S}$) y al oeste de los $84^{\circ}20'\text{W}$.

El análisis de la distribución vertical de huevos y larvas de jurel fue satisfactoriamente evaluada en diferentes minigrillas dispuestas dentro del área de desove y generadas a partir de un diseño adaptativo, basado en 2 embarcaciones que libremente se desplazaron dentro del área de estudio realizando lances de pesca de recurso (una provista con red de media agua) y colectando huevos y larvas de jurel a través de muestreos estratificados. Los muestreos permiten verificar que al igual que en noviembre de 2003 y similarmente a los resultados obtenidos por [Ahlstrom \(1956\)](#) para huevos de *T. symmetricus* fuera de la costa de California, se evidencia que más de un 60% de los huevos y larvas de jurel se localizan dentro de los primeros 2 estratos de profundidad desde la superficie ($< 50\text{ m}$), siendo este patrón más notorio para los huevos que para las larvas. En el caso de los huevos, entre un 42% y un 78% del total registrado en la columna de agua hasta los 100 m de profundidad se detectan en el estrato superficial ($<25\text{ m}$) y en términos de densidad se confirma un declinamiento de

tipo exponencial con la profundidad. Si bien estos resultados pudieran entenderse como indicadores de una recomendación factible de reducir la máxima profundidad a la que se hace el crucero (i.e. cambiar de 100 a 75 m), no parece recomendable un cambio, debido a que de todos modos entre un 0% y un 18% de los huevos pueden ser registrados en el estrato entre 75 y 100 m.

La densidad media para huevos de jurel fue de 373,5 huevos 10 m⁻², valor notoriamente superior a lo informado para noviembre de 2003, pero inferior a lo reportado para los años 1999, 2000 y especialmente 2001. La densidad media para larvas de jurel fue de 97,6 larvas 10 m⁻², valor superior a lo descrito para la evaluación anterior (noviembre 2003), pero inferior a lo informado para el resto de las evaluaciones realizadas. El área de estudio se incremento un 37% respecto del área evaluada el 2003, estimándose el 2004 en 403.980 mn².

La actividad de muestreo basada en la ejecución de lances de pesca diario por parte de las embarcaciones se cumplió entre un 60% y 100%, con ello se logró un máximo de 75 lances de pesca en relación a los años anteriores de ejecución del proyecto, con un 60% de éxito en la captura de ejemplares. El número total de ejemplares analizados para la estructura de tamaños fue de 8116 los cuales presentaron un rango de tamaños comprendido entre los 20 y 65 cm LH, y un bajo porcentaje bajo talla de jurel (11,4%). En relación al año 2003, la estructura de tamaños aparece más consolidada presentando un 88,6% de ejemplares sobre 26 cm LH, y un 17,3% de ejemplares entre 37 y 55 cm LH. Esta característica de la fracción muestreada adquiere relevancia en la estimación de fecundidad parcial en función de los pesos corporales.

El examen de la condición reproductiva microscópica de las hembras utilizadas para los análisis histológicos, muestran que un elevado porcentaje (71%) se encuentra en EMMI 4, asociado a un gran número de hembras con FPO (> 50%) y un notable porcentaje de hembras hidratadas en dos días de muestreos (26% y 12 %), así como, a un elevado porcentaje de hembras con atresia (52%). Esta situación indicaría que el período del crucero de prospección coincidió con el evento de desove en su punto alto, por lo que los resultados son bastante diferentes a los registrados en los estudios realizados en años anteriores. En relación con la estructura de tallas de las muestras analizadas para este objetivo, éstas muestran un rango semejante al estudio realizado el

2003 (FIP 2002-12) con una mayor frecuencia entre las longitudes 24 y 46 cm LH, pero en un número mayor (2.494 ejemplares) con respecto al año 2003 (1613 ejemplares).

El grado de madurez gonádica en las hembras muestra, a través tanto del examen macroscópico (EMMA 2-3-4) como microscópico (EMMI 3-4), que la totalidad de las hembras se encuentran activas con valores del 100% y 97,4%, respectivamente; lo que señala una diferencia con respecto al año 2003, donde las hembras activas alcanzaron solo el 83,5% (EMMI 3-4).

La fracción de FPO estimados fluctuó entre 0,00 y 0,414 con una media de 0,235, lo que permite señalar que un 24 % de la población desova diariamente, valor mayor que el doble a los determinados en los proyectos anteriores. Sin embargo, este valor fue estimado considerando los FPO con presencia de atresia, por lo que se efectuó una nueva estimación, eliminando las muestras con estos FOP, como ha sido señalado por ciertos autores (**Hunter y Macewicz, 1985**), la que entregó un valor medio de 0,193 indicando que un 19% de las hembras desova diariamente. Este comportamiento de una mayor frecuencia de desove de las hembras del jurel estaría relacionado con muchas probabilidades a la coincidencia del muestreo con el máximo del evento de desove.

Las importantes diferencias registradas en la fracción de FPO entre el presente trabajo y los realizados anteriormente para las hembras de jurel, no corresponden a una situación atípica en este tipo de estudios, ya que situaciones similares han sido informadas para otras especies de *Trachurus*, así como, en Clupeidos y Engraulidos. Al respecto **Macewicz y Hunter (1993)** para *T. Symmetricus* de las costas del sur de California, señala que la mayor parte de las hembras maduras presentan una frecuencia de desove del 20%. Esta frecuencia también varía según la clase de ovocitos y folículos que se utilicen, por ejemplo utilizando ovocitos con núcleo migrante y folículos de 10-33 horas, la especie *Scomber japonicus* presenta un valor promedio de frecuencia de desove de 8,7%, valor que cambia con el mes de estudio variando de un mínimo de 1,0 a un máximo de 20,6% (**Dickerson et al., 1992**).

En *Trachurus trachurus* la frecuencia de desove no permanece constante a través de un período reproductivo, con valores muy altos en el peak del desove, el cual decrece hacia el final de la estación; también puede cambiar de un año a otro

correlacionándose inversamente con la atresia, lo que se ha interpretado como una respuesta a condiciones desfavorables durante la estación de desove (**Karlou-Riga y Economidis, 1997; Abaunza et al., 2003**). En este sentido, variaciones interanuales en la frecuencia de desove se han descrito en la especie *Sardinops sagax*, cuyo valor en ovarios activos fue de 0,20 en 1988 y de 0,12 en 1994; disminuyendo estos valores si se utilizan los ovarios de todas las hembras maduras (0,149 y 0,068, respectivamente). Latitudinalmente, esta especie presenta una frecuencia de desove de 0,233 en poblaciones del sur (26°38'-30°25') en comparación a un 0,107 de poblaciones del norte (31°35'-33°59'), lo que ha sido explicado como un efecto del fin del período de desove en los cuales se determinaron la fracción desovante, encontrándose las hembras de la población del norte en una condición de post reproductiva (**Macewicz et al., 1996**).

En esta versión del proyecto el éxito del experimento de incubación permitió disponer de un nuevo modelo temperatura-dependiente para asignación de edad para los huevos de jurel, el cual abarca un rango de temperaturas más amplio que el generado el año 2000, y asigna una edad mayor a los primeros estadios de desarrollo, lo cual genera una pendiente menor en la curva de abundancia de huevos de jurel versus edad. No obstante esta mejora, se hace necesario repetir este experimento en futuros cruceros, con el fin de mejorar este modelo y a su vez, obtener estimaciones de P_o más precisas. Producto de lo anterior, al aplicar el nuevo modelo a la serie de histórica, la producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad asociada, arrojaron menores valores que los reportados en años anteriores empleando el modelo antiguo. Cabe señalar que esta disminución en promedio es cercana al 15%, con una variación que va del 6% al 25%. A saber, el año 2004, el valor de P_o fue de 273,2 huevos /10 m², observándose una mejora de casi un 200% con respecto del año 2003. No obstante lo anterior, este valor es bajo al compararlo con el período 1999-2001, manteniéndose la tendencia a la baja mencionada en el punto anterior. El año 1999 se observa el mayor valor (652,7 huevos /10 m²), para luego decaer en casi en un 30% los años 2000 y 2001. El año 2003, se caracteriza por ser un año atípico, registrándose el más bajo valor de toda la serie, siendo casi 5 veces inferior que lo registrado los años anteriores.

Con respecto a la estimación de biomasa desovante y el análisis de la serie entre los años 1999 y 2004, aspecto detallado como sobre-oferta en este proyecto, se

destacan dos aspectos claves: **i)** El primero dice relación con la comparación del estimado de biomasa desovante del 2003 versus el 2004, donde este último presentó un aumento significativo de un 136%. No obstante, se debe señalar que el año 2003 es un año atípico, donde se produjo la estimación de biomasa más baja de toda la serie. Se infiere, que el motivo de esa baja habría sido producto de que el crucero se efectuó en la fase de desarrollo de la curva de producción diaria de huevos y no necesariamente en el máximo de desove (**Sepúlveda et al., 2004**), y **ii)** segundo que al comparar la serie entre 1999 y 2001 con respecto del año 2004, se observa que en promedio, la biomasa del año 2004 es inferior en casi un 40% a lo reportado para estos años.

Las estimaciones de biomasa desovante con el método de la producción diaria de huevos son similares con las estimaciones realizadas con métodos de evaluación indirecta, en términos de su magnitud. Concluyéndose que en la actualidad, el método de producción diaria de huevos constituye un método consistente de estimación de biomasa, y que las estimaciones podrían constituirse en información relevante para la evaluación de stock y el manejo de la pesquería de jurel.

Las prospecciones en el período de estudio entre 1997 y 2004, han tenido distintos diseños y estos se pueden dividir en dos etapas, una que considera los cruceros de los años 1997 y 1998, en la que se efectuaron transectas tipo zig-zag y la segunda entre 1999 y 2004 en que se realizaron transectas perpendiculares a la costa. Como la superficie prospectada entre cruceros difiere en ubicación y tamaño, es necesario estandarizar los resultados estimando índices como el índice de cobertura (IC), el índice de presencia de ecotrazos (IPE) y el número de cluster por milla náutica lineal.

El jurel presenta fluctuaciones espaciales en el ciclo nictemeral, las prospecciones se efectúan en forma continua en las 24 horas, el índice de cobertura indica ocupación del espacio, por tipo de ecotrazos, niveles de abundancia de las agregaciones como un índice aditivo que **Castillo y Robotham (2004)** emplean para corregir la cpue, pero este índice presenta limitaciones cuando se usa para comparar en período del ciclo nictemeral que tienen diferente duración para ese caso el IC que denominamos ICt se estandariza a un período de 24 horas. En los siete años estudiados, el orto reporta el ICest mas bajo, para los mas altos se presenta una variabilidad interanual: en los años 1999 y 2003 cuando el ICt es alto estos se reportan en el día, en el 1998 y 2000 cuando

el ICt es bajo se reportan en el crepúsculo y en los años 2001 y 2004 cuando los ICt es bajo e intermedio respectivamente la mayor presencia de ecotrazos se observa en la noche. Lo anterior no permite indicar que existe un período del día más apropiado para efectuar la prospección, y el diseño empleado actualmente para la ecoprospección utilizando transectos continuos es adecuado.

Los resultados obtenidos en los cruceros 1997-2001 habían permitido plantear una hipótesis sobre la distribución del jurel y su condición reproductiva. Los resultados alcanzados en el crucero del año 2003 y 2004 permiten ratificar que en los años 1997, 1999, 2003 y 2004 se obtienen altos índices de cobertura 14,97, 15,46, 12,75 y 10,76, estos son mas altos en las área clasificas sin presencia y regular presencia de huevos asimismo en esas se presentan ecotrazos tipo cardumen y estratos, mientras que en el área clasificada con alta presencia de huevos el IC es incipiente, en estas no se reportan ecotrazos tipos cardúmenes **Barbieri et al., 1998, Sepúlveda et al., 2001, Cubillos et al., 2004**. Mientras que en los años 1998, 2000 y 2001 se presentan bajos índices IC y no se presentan cardúmenes y en forma incipiente ecotrazos tipo estratos en las zonas de alta presencia de huevos **Cubillos et al., 2002, 2003**. Esto implica que la presencia de huevos se asocia a zonas caracterizadas por una baja presencia de jurel, con ecotrazos de abundancia clase mala y de agregaciones de jurel pequeñas.

Los resultados antes señalados se complementan con los cambios que se producen en el uso vertical del espacio en los años 1997, 1999 y 2003 el jurel se encuentra a profundidades medias que superan los 100 m y menos del 50% de los ecotrazos se presentan en la columna de agua entre la superficie y los 100 m, en cambio para los años 1998, 2000, 2001 y 2004 el jurel se distribuye a una menor profundidad media entre 53,7 y 84 m y más del 65% de los ecotrazos se encuentran entre la superficie y los 100 m de profundidad (**Tabla 46**). La profundidad que presenta el jurel varía en relación a las densidades de huevos, en zonas de alta densidad de huevos, las agregaciones de jurel se distribuyen a mayor profundidad que en zonas de baja densidad de huevos.

El análisis de los índices de cobertura e índice de ecotrazos para los distintos años de proyecto, muestra el siguiente patrón: i) una alta presencia de jurel y una baja presencia de huevos (noviembre 1997, diciembre 1999, noviembre 2003, con una

densidad media de 108,5 ind/10m² 266,3 ind/10m² y 131,5 ind/10m²), ii) una baja presencia de jurel y una alta presencia de huevos (noviembre 2000 y 2001, donde la densidad media era de 444 ind/10m² y 639,4 ind/10m²). Los cruceros de los años 1998 y 2004 se presenta un nuevo escenario, una densidad media de huevos intermedia (317,9 ind/10m² y 373,5 ind/10m²), con una presencia de jurel baja o intermedia; en el año 1998 los resultados pueden haberse visto influenciados por una baja densidad de muestreo (distancia intertransectas 75 mn), mientras que en el año 2004 se aplicó el diseño de muestreo con distancia intertransecta de 18 mn, que se emplea a partir del año 1999.

En el área de desove el jurel presenta una baja presencia de ejemplares adultos, formado ecotrazos de baja densidad, existiendo una escasa presencia de jurel en el lugar donde se presentan los huevos; por otro lado, las aguas en que desova el jurel es de características oligotróficas. Es importante preguntarse si esta estrategia reproductiva del jurel puede ser utilizada para reducir de la competencia interespecífica entre las larvas y reducir el riesgo de predación en huevos y larvas.

11 CONCLUSIONES

- El campo vertical de temperatura mostró un gradiente zonal en la región norte, con temperaturas superiores a 16,5°C en los primeros 20 m de profundidad, a partir de los 70°30'W y hacia el oeste. Aguas más frías fueron detectadas sólo en el sector oriental y en profundidades superiores a los 60 m. La termoclina estuvo situada entre los 40 y los 60 m de profundidad con un debilitamiento y profundización hacia el sector occidental. En el sector central (37°40'S) se observó ausencia de aguas cálidas (>15°C), el dominio de las isotermas de 14 y 14,5 °C en los primeros 40 m de la columna de agua, y aguas más frías (< 13,5°C) bajo los 60 m de profundidad.

- La distribución vertical de salinidad mostró un gradiente zonal en el sector norte, con aguas más salinas (> 34,2 psu) al oeste de los 81°W, en tanto que en el sector central se reportaron salinidades menores, denotando la presencia de variaciones meridionales. No se verificó presencia de estratificación vertical de la salinidad. En tanto, la densidad evidenció ausencia de gradientes zonales, a excepción del transecto situado en 37°40'S, que mostró aguas menos densas (< 25,1) en el sector costero; la presencia de picnoclinas situadas entre los 40 y 75 m de profundidad, las que se debilitan y profundizan hacia el sector sur y oceánico de los transectos; y una capa de mezcla que en general se incrementa levemente hacia el sector occidental y hacia el sur del área de estudio.

- A partir de 151 muestreos verticales estratificados en 4 estratos de profundidad y en 6 sectores seleccionados adaptativamente al interior del área de evaluación, se determina que la mayor densidad de huevos de jurel se registra en el estrato superficial (0-25 m), representando ésta porcentajes entre un 42 y 78% del total de huevos integrados en la columna de agua.

- En las larvas de jurel, se detecta una mayor distribución vertical, la que se concentra predominantemente en los dos estratos superficiales (0-25 m y 26-50m). Ambos concentran casi el 80% de la densidad total acumulada en la columna de agua.

▪ Al igual que los resultados obtenidos para similares experiencias en noviembre de 2003, se infiere que los máximos de densidad se concentran predominantemente por sobre la profundidad base de la termoclina.

▪ El año 2004, el valor de P_0 fue de 273,2 huevos /10 m², observándose una mejora de casi un 200% con respecto del año 2003. No obstante lo anterior, este valor es bajo al compararlo con el período 1999-2001, manteniéndose la tendencia a la baja mencionada en el punto anterior.

▪ La densidad media para huevos de jurel fue de 373,5 huevos 10 m⁻², valor notoriamente superior a lo informado para noviembre de 2003, pero inferior a lo reportado para los años 1999, 2000 y especialmente 2001. La densidad media para larvas de jurel fue de 97,6 larvas 10 m⁻², valor superior a lo descrito para la evaluación anterior (noviembre 2003), pero inferior a lo informado para el resto de las evaluaciones realizadas.

▪ La fecundidad parcial media poblacional estimada fue de 39.883, la que es muy semejante a la obtenida el año 2003 que fue de 39.846. Sin embargo, hay que señalar que las funciones ajustadas para la relación fecundidad parcial versus parámetros corporales (L. horquilla, P. eviscerado, P. corporal, P. total), se estimaron con un número mucho mayor de muestras (48) con respecto al año 2003 (23), lo que también entregó mejores ajustes para las citadas funciones ($r^2 > 0,53$; $p < 0,001$).

▪ El área de estudio, definida como la superficie efectivamente evaluada, alcanzó una extensión de 403.980 mn² lo que significa un incremento de 37,1% respecto del área prospectada en noviembre de 2003 (= 253.995,2 mn²). El área de desove, calculada según la cuantificación de las sub-áreas que representan estaciones positivas, alcanzó a 307.400 mn², siendo 62,7% mayor que el área de desove observada en el año 2003.

- Se encontró ausencia de asociación significativa ($p > 0,001$) entre la abundancia de huevos y la temperatura superficial del mar, situación contraria a lo acontecido para larvas de jurel, donde verificó una asociación significativa con esta variable ambiental.

- Las estaciones positivas para huevos de jurel representaron un 72,3% de las estaciones realizadas, porcentaje similar al reportado para las evaluaciones de los años 1998, 1999, 2000 y 2001, y muy superior al informado para la evaluación anterior realizada el año 2003. Las estaciones positivas para larvas representaron un 53,1% de las estaciones realizadas, porcentaje superior al reportado para el mes de noviembre de 2003, pero inferior al informado para las evaluaciones de los años 1999, 2000 y 2001.

- Al igual que el año 2003, la estructura de tamaños de la fracción desovante es robusta que los años 1999 y 2000, donde más del 90% de los ejemplares cubría el rango comprendido entre los 20 y 30 cm de LH. El año 2004, se tuvo un rango de tamaños comprendido entre los 20 y 65 cm LH, y un bajo porcentaje bajo talla de jurel (11,4%). En relación al año 2003, la estructura de tamaños aparece más consolidada presentando un 88,6% de ejemplares sobre 26 cm LH, y un 17,3% de ejemplares entre 37 y 55 cm LH.

- La estimación de biomasa desovante fue de 3,2 millones de toneladas, valor superior a los 1,9 millones de toneladas del año 2003. Este valor se encuentra sostenido en la adecuada fecha de realización del crucero, lo cual hace inferior que describe adecuadamente el estado de condición de la población.

- No fueron detectadas diferencias en el patrón de alimentación del jurel, observándose similitud en los indicadores e índices analizados.

- La distribución espacial de jurel muestra que este se ubicó ampliamente en toda la zona de estudio, predominando los ecotrazos de abundancia clase "mala", en tanto los ecotrazos definidos como "regular" fueron bastante limitados. Patrón que es similar a lo registrado en anteriores prospecciones llevadas a cabo en la zona de estudio.

- En el área prospectada el índice de cobertura, expresado como unidades básicas de muestreo positivas presentes en la unidad de distancia recorrida fue de IC = 10,76%. Predominaron los ecotrazos de abundancia clase "mala" (captura esperada menor a 20 toneladas).

- El área norte (31°40' a 36° 30' LS) presenta un incremento del IC hacia el sector de alta mar, situación que también es observada a través de otros índices espaciales; índice de presencia (IPE), clusters simples (CS) y clusters complejos (CC).

- La altura media de los ecotrazos fue de 20,05 m y fluctuó entre los 19,82 m para la clase "mala" y los 27,79 m para la clase "regular", mientras que para los tipos de agregaciones, la altura media varió desde 13,71 m para el tipo individual a 24,78 m para los tipo cardumen.

- La profundidad media de los ecotrazos alcanzó los 53,7 m, con un rango que fluctuó entre los 53,5 m para la clase "mala" y de 58 m para la clase "regular". Los ecotrazos tipo disperso estuvieron más someros a 47,63 m, en cambio los tipo cardumen, estrato, e individual estuvieron sobre los 63 m como promedio.

- La profundidad en que se presenta el jurel varía en relación a las densidades de huevos, en zonas de alta densidad de huevos, las agregaciones de jurel se distribuyen a mayor profundidad que en zonas de baja densidad de huevos.

- El índice de Gini (IG) de los huevos de jurel es 0,474 y del jurel 0,907, indicando en el uso del espacio la distribución de los huevos es mas uniforme y la del jurel mas gregaria, estos valores son intermedios respecto a los obtenidos en el periodo de estudio, el índice de cobertura (IC) es medio alto 10,38 asimismo el índice sintético del área de alta densidad de huevos (IA) 23,3 y la densidad total de huevos 373,55 ind/10m², lo que permite ratificar que los índice de ocupación (IC, IA, IG) del espacio empleado son indicadores adecuados de la estrategia reproductiva del jurel.

12 REFERENCIAS

- Abaunza P., L. Gordo, C. Karlou-Riga, A. Murta, A. T. Eltink, M.T. García, C. Zimmermann, C. Hammer, P. Lucio, S.A. Iversen, J. Molloy y E. Gallo. 2003.** Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae). Reviews in Fish Biology and Fisheries 13: 27-61.
- Ahlstrom, E. H. 1956.** Eggs and larvae of anchovy, jack mackerel and Pacific mackerel. Calif. Oceanic Fish. Invest. Prog. Rep. 33-42.
- Alheit, J. 1985.** Spawning frequency of Peruvian anchovies taken with a purse seine. 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: 59-61.
- Arancibia, H., 1988.** On the application of multivariate analysis in the determination of "ontogenetic trophic units" in Chilean hake, *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848). ICES Demersal Fish Cttee., Ref. Statistics Cttee., C.M. 1987/G:67, 19 pp.
- Arancibia, H. 1999.** Cluster analysis: The use of a simple statistical method in identification of groups. ICES. C.M./D:12 Statistics cttee., Ref. *Demersal Fish Cttee.*, 18p.
- Arcos, D.F., L. A. Cubillos y S. Núñez. 2001.** The jack mackerel fishery and El Niño effects off Chile. Progress in Oceanography, 49: 597-617.
- Barbieri, M. A., J. Córdova., V. Correa., S. Lillo., M. Espejo y M. Rojas. 1998.** Análisis de la estructura del jurel fuera de las aguas jurisdiccionales. Informe final FIP 97-05b. IFOP, Chile. 108 p + anexos y figs.
- Barbieri, M.A., Córdova, J., Lillo, S., Peña, H., Grechina, A., Núñez, S., Sepúlveda, A., Miranda, L y Rebolledo, H. 1999.** Análisis de la estructura del stock de jurel fuera de las aguas jurisdiccionales. Informes Técnicos FIP-IT/97-05B, 121 pp.
- Bez, N. y J. Rivoirard. 2001.** Transitive geostatistics to characterize spatial aggregations with diffuse limits: an application on mackerel ichthyoplankton. Fish. Res. 50: 41-58.
- Bez, N. 2002.** Global fish abundance estimation from regular sampling: the geostatistical transitive method. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 1921-1931.

- Bloom, S. A. 1981.** Similarity indices in community studies: potential pitfalls. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 5:125-128.
- Borchers, D. L., S. T. Buckland, I. G. Priede y S. Ahmadi. 1997.** Improving the precision of the daily egg production method using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 2727-2742.
- Castillo y Robotham. 2004.** Spatial structure and geometry of schools of sardine (*Sardinops sagax*) in relation to abundance, fishing effort, and catch in northern Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1113-1119.
- Cleveland, W.S, E. Grosse y W.M.Shyu. 1982.** Local regression models. In: Chambers, J. M., Hastie, T.J. (Eds), *Statistical Model in S.* Wadworth y Brooks/Cole Advanced Book and Software. Pacific Grove. C.A, 608 pp.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M Rojas. 1998.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: *Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones, 1997.* Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (219p).
- Córdova, J., M. A. Barbieri y S. Lillo, 1999.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: *Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones, 1998.* Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (161p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, H. Miranda, M Espejo y M Rojas, 2000.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: *Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile, 1999.* Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (200 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri y M. Espejo, 2001.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: *Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE, 2000.* Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (204 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri y M. Espejo, 2002.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: *Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile, 2001.* Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (207 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M.A. Barbieri., M. Espejo. 2002b.** Evaluación hidroacústica de jurel en la ZEE de Chile. FIP 2002-02. Instituto de Fomento Pesquero. 204 pages + figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri y M. Espejo, 2003.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: *Evaluación hidroacústica de jurel en la ZEE, año 2002.* Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (198 p)+ anexo figs.
- Cressie, N.A.C. 1993.** *Statistics for spatial data.* John Wiley & Sons. New York. 900 p.

- Cubillos, L., M.A. Barbieri., C. Oyarzún, S. Gacitúa y G. Aedo. 2001.** Condición biológica del jurel en alta mar, año 2000. Instituto de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero, Universidad de Concepción, FIP 2000-10, 162 pp +Anexos Tablas y Figuras.
- Cubillos, L., 2001.** Situación del stock de jurel y perspectivas de su explotación en el 2002. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), 10(2):1-35.
- Cubillos, L., M.A. Barbieri., C. Oyarzún., S. Gacitúa y G. Aedo. 2002.** Condición biológica del jurel en alta mar, año 2001. Instituto de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero Universidad de Concepción, FIP 2001-12, 75pp +Anexos Tablas y Figuras.
- Cubillos, L. 2002.** Situación del stock de jurel y perspectivas de su explotación para el 2003. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 11(2):1-38.
- Cubillos, L. (ed.) 2003.** Condición biológica de jurel en alta mar, año 2001. Informe Técnico FIP-IT/2001-12. 193 p.
- Cubillos, L., M.A. Barbieri, C. Oyarzún, S. Gacitúa y G. Aedo. 2002.** Condición biológica del jurel en alta mar. Instituto de Investigaciones Pesqueras, Instituto de Fomento Pesquero Universidad de Concepción, FIP 2000-10, 75pp +Anexos Tablas y Figuras.
- Cubillos, L., Ruiz, P. y A. Sepúlveda. 2003.** Índices de abundancia de huevos y larvas, producción y mortalidad diaria, y estimación de la biomasa desovante de jurel. *In:* Cubillos, L. (ed.) Condición biológica de jurel en alta mar, año 2001. Informe Técnico FIP-IT/2001-12. 193 p.
- Cubillos, L., S. Núñez, J. Páramo y A. Sepúlveda. 2004.** The oceanic spawning of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus symmetricus*) and the feasibility to assess the spawning biomass through the daily egg production method. Small pelagic fish spawning habitat dynamics and the daily egg production method. SPACC Meeting. Concepción (Chile) 14-16 January 2004. Concepción, Chile.
- Dickerson, T., B. J. Macewicz y J. R. Hunter. 1992.** Spawning frequency and batch fecundity of chub mackerel, *Scomber japonicus* during 1985. CalCOFI Rep. Vol 33: 130-140.
- Elizarov, A.A., A.S. Grechina., B.N. Kotenev y A.N. Kuzetsov. 1993.** Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the South Pacific. Journal of Ichthyology 33, 86-104.

- Elsberry, R. L. y R. W., Garwood. 1978.** Sea surface temperature anomaly generation in relation to atmospheric storms. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 59:786-789.
- Evseenko, S.A. 1987.** Reproduction of Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the southern Pacific. *Journal of Ichthyology* 27, 151-160.
- Gatica, C., C. Alarcón y L. Cubillos. 2003.** Análisis de la precisión en los estimados de distribución de frecuencias de tamaños de jurel, crucero de desove 2000 y 2001, *Revista Investigaciones Marinas; Volumen 31(2):101-106.*
- Grechina, A.S., S. Núñez y D. Arcos. 1998.** Biología reproductiva del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en el Pacífico sur. *In: Arcos, D. (ed.) Biología y ecología del jurel en aguas chilenas, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, p. 77-99.*
- Hastie, T., y R. Tibshirani. 1990.** *Generalized additive Models.* Chapman & Hall, New York, 559pp.
- Holden, M.J. y D.F. Raitt. 1975.** Manual de ciencia pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *Doc. Téc. FAO. Pesca (115), Rev. 1, 211 pp.*
- Hunter, J. y S. Goldberg. 1980.** Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin*, 77(3): 641-652.
- 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: 63-66.*
- Hunter, J., N.C.-H. Lo. 1993.** Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. *Bulletin of Marine Science* 53, 723-727.
- Hunter, J., Lo., N.C.-H. 1997.** The daily egg production method of biomass estimation: some problems and potential improvements. *Oceanografika* 2, 41-69.
- Hynes, H. 1950.** The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitus*), with a review of methods used in studies of the foods of fishes. *J. Anim. Ecol.* 19(1):36-58
- Hyslop, E. J. 1980.** Stomach contents analysis - A review of methods and their application. *Journal of Fish Biology.* 17:411-429.
- Isaaks, E.H., y R.M. Srivastava. 1989.** *An Introduction to Applied Geostatistics.* Oxford University Press, New York. 561 pp.

- Journel, A y Ch. Huijbregts. 1978.** Mining geostatistics. Academic Press, London. 324 pp.
- Kara, A.B., P.A. Rochford y H.E. Hulburt. 2000.** An optimal definition for ocean mixed layer depth. J. Geophys. Res., 105(C7):16803-16821
- Karlou-Riga, C y P.S. Economidis. 1997.** Spawning frequency and batch fecundity of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L) in the Saironikos Gula (Greece). Fish. Bull.U.S. 94: 66-76.
- Lasker, R. (ed.) 1985.** An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36.
- Lo, N. 1985.** A model for temperature dependent northern anchovy egg development and an automated procedure for the assignment of eggs to staged eggs. In R.Lasker (ed.). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 43-50.
- Lo, N.C.H, J.R. Hunter y R. Carter. 2001.** Use of a continuous egg sampler for ichthyoplankton surveys: application to the estimation of daily egg production of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) off California. Fish. Bull. 99: 554-571.
- Hunter, F. y B.J. Macewicz. 1985.** Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull., U.S. 83:119-136
- Macewicz, B. y R. Hunter. 1993.** Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. CalCOFI Rep., Vol. 34. 112-121.
- Macewicz, B., J. Castro-Gonzalez, C. Coto-Altamirano y J. Hunter, 1996.** Adult reproductive parameters of Pacific Sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. CalCOFI Rep., 37: 140-151.
- MacLennan, D. y J. Simmonds. 1992.** Fisheries acoustics. Chapman Hall, London: 325 pp.
- Maravelias, C.D., D.G. Reid, E.J. Simmonds y 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*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 1497-1505.

- Matheron, G. 1971.** The theory of regionalised variables and its applications. Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique, fasc. 5. ENSMP, Paris. 56 pp.
- McConnaughey, R.A., y P.A. Conquest, 1983.** Trawl survey estimation using a comparative approach based on lognormal theory. Fish. Bull., US. 91:107-118.
- Millero, F. y A. Poisson. 1981.** International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.
- Moser, H. G. y E. H. Ahlstrom. 1985.** Staging anchovy eggs. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 37-41.
- Myers, R.A., y N.G. Cadigan. 1995.** Was an increase in natural mortality responsible for the collapse of northern cod? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1274 – 1285.
- Núñez, S., J. Letelier., D. Donoso., A. Sepúlveda y D. Arcos. 2004.** Relating spatial distribution of Chilean jack mackerel eggs and environmental factors in the oceanic waters off Chile. Proceedings (Tomo II) of the Pan Ocean Remote Sensing Conference, 2004. Remote Sensing of Oceans, Coasts and the Atmosphere: Developments and Applications. Guyana, Vol. 68. Nº 2: 444-449.
- Oliva, J. W., W. Carvajal y A. Tresierra. 1982.** Reproducción e histología de gónadas de peces. Universidad Nacional de Trujillo, Depto. de Cs. Biol., Sección de Recursos Acuáticos, Trujillo, Perú. 93 pp.
- Oliva, J., Bañarados y J. Tirado. 1989.** Determinación de la fecundidad y frecuencia del desove de la sardina (*Sardinops sagax*), 1986. Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número Especial). 341:348.
- Oliva, J, H. Reyes, V. Baros, E. Díaz, C. Montenegro, V. Catasti y G. Claramunt. 2003.** Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II regiones, año 2003. Instituto de Fomento Pesquero. FIP 2002-10. 177 pp.
- Oyarzún, C y S. Gacitua. 2003.** Aspectos reproductivos, fecundidad parcial y frecuencia del desove del jurel, año 2001. In: Cubillos, L. (ed.) Condición biológica de jurel en alta mar, año 2001. Informe Técnico FIP-IT/2001-12. 193 pp.

- Pelletier, D y A.M. Parma. 1994.** Spatial distribution of Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*): An application of geostatistics to longline survey data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 1506-1518.
- Pennington, M. 1983.** Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. *Biometrics* 39:281-286.
- Perry, R. I., y S. J. Smith. 1994.** Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: an application to the northwest Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 589-602.
- Perry, I. R., Stocker, M y J. Fargo. 1994.** Environmental effects on the distributions of groundfish in Hecate Strait, British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 1401-1409.
- Petitgas, P. 1996.** Geostatistics and their applications to fisheries survey data. In: Megrey, A., and E. Moskness (Eds.) *Computers in Fisheries Research*. Chapman & Hall, London. pp. 113-142
- Petitgas, P. y T. Lafont. 1997.** EVA2: Estimation variance. Version 2. A geostatistical software on Windows 95 for the precision of fish stock assessment surveys. *ICES CM 97/Y: 22*. 22 pp.
- Picquelle, S.J. y G. Stauffer. 1985.** Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. In: R. Lasker (ed.), *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax**. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 7-15.
- Quiñones, R y R. Wiff. 2002.** Asociación entre la distribución de huevos y larvas de jurel y la temperatura superficial del mar, 1998-2001. In: Cubillos, L. (ed.) *Condición biológica de jurel en alta mar, año 2001, Preinforme final FIP 2001-12*.
- Quiñones, R y R. Wiff. 2003.** Asociación entre la distribución de huevos y larvas de jurel y la temperatura superficial del mar, 1998-2001. In: Cubillos, L. (ed.) *Condición biológica de jurel en alta mar, año 2001. Informe Técnico FIP-IT/2001-12*. 193 pp.
- Rojas, O y Oliva, J. 1993.** Evaluación del stock desovante de anchoveta de la zona norte por el método de la producción de huevos. Programa evaluación directa de recursos pelágicos de la zona norte. IFOP, 50 p.

- Sandwell, D. T y W. H. F. Smith. 1997.** Marine gravity from Goesat and ERS-1 satellite altimetry. *J. Geophys. Res.* 102:10039-10054.
- Santander, H y O.S. Castillo. 1971.** Desarrollo y distribución de huevos y larvas de "jurel" *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. *Inf. Inst. Mar Perú - Callao* N° 36, 23 pp.
- Santander, H., J. Alheit y P. E. Smith. 1984.** Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos ". *Bol. Inst. Mar Perú, Callao.* 8: 209-250.
- Sepúlveda, A., L. Cubillos., S. Núñez., T., Canales., D. Bucarey., M.A. Barbieri., J. Córdova y M. Espejo. 2001.** Condiciones biológicas del jurel. Informe Final FIP99-14, Fondo de Investigación Pesquera, Instituto de Investigación Pesquera – Instituto de Fomento Pesquero 245 pp + Anexos y Figuras.
- Sepúlveda, A y R. Alarcón. 2004.** Evaluación Hidroacústica de agregaciones de jurel, año 2004. *Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano,* 13 (6): 1- 65.
- Sepúlveda, A., P. Ruiz., S. Nuñez, S. Gacitua, R. Quiñones, R., Montes, M.A. Barbieri., M.A., J. Cordova y M. Espejo. 2004.** Condición Biológica de jurel en Alta Mar, año 2003. Pre-informe Final FIP 2002-12, Instituto de Investigación Pesquera – Instituto de Fomento Pesquero, 176 pp.
- Serra, J.R. 1991.** Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Investigación Pesquera (Chile)* 36, 67-83.
- Serra, R., C. Canales., P. Barría., J. Cordova., A. Aranís y G. Böhm. 2001.** Diagnóstico actualizado del jurel al 2001 y análisis de escenario de captura. Informe Proyecto investigación y captura total permisible jurel 2002, 45 pp.
- Simard, Y., P. Legendre, G. Lavoie y D. Marcotte. 1992.** Mapping, estimating biomass, and optimizing sampling programs for spatially autocorrelated data: Case study of the Northern shrimp (*Pandalus borealis*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 32-45.
- Simmonds E. John, N. Williamson, F. Gerlotto y A. Aglen. 1991.** Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. *ICES C.M.* 1991, 113 pp.
- Sneath, P.H.A y R.R. Sokal. 1973.** Numerical taxonomy. W. H. Freeman and Company, USA, 573 p.

- Soria, M., P. Petitgas y T. Bahri. 1998.** On the size of fish schools and clusters of schools: a spatial analysis of multibeam sonar images of schools in the Mediterranean sea. ICES, CM 1998/J:8 Fish aggregation, 15pp.
- Wu, J. 1982.** Wind-stress coefficients over sea surface from breeze to hurricane. J. Geophys. Res. 82:9704-9706.

13 SOBRE-OFERTAS

13.1 Estimación de Biomasa Desovante de Jurel

Introducción

La información generada en el conocimiento de la condición desovante de jurel, distribución y abundancia de huevos y larvas en aguas oceánicas fue determinante para considerar la posibilidad de obtener información independiente de la pesquería y la situación del stock. Posteriormente, se aplicó el Método de Producción Diaria de Huevos (**Lasker, 1985**) por su potencialidad para la estimación de biomasa desovante, siendo aplicado en los años 1999, 2000, 2001 y 2003. Si bien, esta estimación no es solicitada de manera explícita dentro de las bases especiales, siempre hemos considerado que es indicador esencial para el conocimiento de la condición del stock, que ha servido de manera complementaria como información auxiliar independiente a la evaluación de stock. Por este motivo, y al igual que en proyectos anteriores será realizada una estimación de la biomasa desovante de jurel, la cual será comparada con las estimaciones previas con el objeto de conocer la condición actual del stock de jurel.

Metodología

Se aplicó el modelo desarrollado por **Stauffer y Picquelle (1980)** para la estimación de la biomasa desovante:

$$B = \frac{P_0 A \times k \times W}{R \times F \times S}$$

donde:

- B = Biomasa Desovante (toneladas)
- P_0 = Producción diaria de huevos (huevos \times m⁻² \times d⁻¹)
- W = Peso promedio de hembras maduras (g)
- R = Proporción en peso de hembras maduras
- F = Fecundidad media poblacional, número de huevos por hembra madura
- S = Fracción de hembras maduras desovantes por día
- A = Area de desove (en m²);
- k = Factor de conversión de gramos a toneladas.

Stauffer y Picquelle (1980), basados en el modelo delta de **Seber (1973)**, demostraron que el sesgo aproximado y la varianza para el estimador de biomasa son función de las varianzas y covarianzas muestrales. El sesgo (b) está dado por:

$$E[B] = \hat{B} + b$$

donde $E[B]$ es el valor esperado de la biomasa y \hat{B} es el estimado de la Ec. (1). El sesgo puede estimarse aproximadamente de la siguiente forma:

$$b \cong \hat{B}(CV(R)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + COVS)$$

donde CV representa el coeficiente de variación del parámetro estimado y COVS, corresponde a la suma de términos que incorpora las respectivas covarianzas:

$$COVS = \frac{COV(PW)}{PW} - \frac{COV(PR)}{PR} - \frac{COV(PF)}{PF} - \frac{COV(PS)}{PS} - \frac{COV(WR)}{WR} - \frac{COV(WF)}{WF} - \frac{COV(WS)}{WS} \\ + \frac{COV(RF)}{RF} + \frac{COV(RS)}{RS} + \frac{COV(SF)}{SF}$$

Si se ignora el sesgo, la varianza aproximada del estimado está dada por:

$$Var(B) \cong \hat{B}^2 \times (CV(P)^2 + CV(W)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + 2 \times COVS)$$

En términos generales, la covarianza de los parámetros se estima a partir de las estimaciones promedio para cada lance, según la expresión:

$$COVS = \sum_i \sum_{i < j} sign \frac{COV(X_i, X_j)}{X_i X_j}$$

donde X representa estimaciones de los parámetros de adultos, los subíndices i y j representan diferentes parámetros de adultos; e.g. $X_i = F$ y $X_j = W$. El signo de cualquiera de los dos términos es positivo si ambos están en el numerador o denominador de la ecuación, en caso contrario es negativo.

La estimación de la biomasa desovante se comparó con las estimaciones realizadas para los años 1999, 2000, 2001 y 2003. Además, se presentan las estimaciones de biomasa generadas del nuevo modelo temperatura-dependiente para asignar edad a los huevos de jurel para los mismos años anteriormente señalados.

Resultados

Estimación de la biomasa desovante de jurel

Tal como se reportó en el punto 8.2 y 8.3, la modificación en el modelo para asignar edad a los huevos de jurel, provocó una baja en los valores de P_0 para toda la serie histórica que se dispone. Esta situación, tuvo una directa repercusión en la estimación de la biomasa desovante. Al comparar los valores de biomasa generados con el modelo del proyecto FIP 2000-10 (**Tabla 1A**) con los obtenidos en el presente proyecto (**Tabla 1B**) se puede observar una disminución en los valores de biomasa para todos los años analizados. Esta baja en promedio es cercana a 13 %, con un rango que va desde el 5% al 29%.

Tabla 1. Parámetros reproductivos de jurel y estimación de la biomasa desovante de jurel en aguas alta mar, frente a Chile centro-sur. En el caso a) Se utiliza modelo asignación de edad generado FIP 2000-10, b) Estimación generada al utilizar el nuevo modelo de asignación del FIP 2004-33.

1.A)

Años	Peso (g)	Fecundidad Parcial (n° ovocitos)	Frecuencia de Desove	Proporción Sexual	Producción de Huevos (huevos×m ⁻² ×d ⁻¹)	Area de Desove (Km ²)	Biomasa Desovante (t)
1999	191,8	26610 ^a	0,126 ^a	0,433 ^a	69,563	663747	6099946
2000	211,0	26069	0,148	0,472	52,086	823077	4967250
2001	223,7	27150	0,104	0,393	51,875	600320	6316787
2003	394,7	39846	0,090	0,480	13,119	647968	1976611
2004	412,1	39957	0,194	0,475	33,036	1054352	3976706

Continuación Tabla 1.

1.B)

Años	Peso (g)	Fecundidad Parcial (n° ovocitos)	Frecuencia de Desove	Proporción Sexual	Producción de Huevos (huevos×m ⁻² ×d ⁻¹)	Area de Desove (Km ²)	Biomasa Desovante (t)
1999	191,8	26610 ^a	0,126 ^a	0,433 ^a	65,275	663747	5723933
2000	211,0	26069	0,148	0,472	49,163	823077	4688208
2001	223,7	27150	0,104	0,393	46,217	600320	5626963
2003	394,7	39846	0,090	0,480	9,204	647968	1387804
2004	412,1	39957	0,194	0,475	27,318	1054352	3287439

^aSe asume el promedio de los parámetros de los años 2000 y 2001.

El año 2004, la estimación de la biomasa desovante de jurel fue de 3.287.439 toneladas de jurel, con una varianza de 2,8676 X 10¹¹ (CV= 15,6 %). Este valor es superior en un 136% al reportado el año 2003, pero inferior en casi un 40 % al promedio del período 1999-2001(**Tabla 1b**).

La covarianza de los parámetros reproductivos y su correlación (**Tabla 2**), muestran que la menor correlación entre los parámetros ocurre entre la proporción sexual en peso (R) y la fracción de hembras desovantes (S).

Tabla 2. Covarianza (COVAR) y correlación (CORREL) entre los parámetros reproductivos de las hembras de jurel.

	COVAR	CORREL
F - W	229946,24	0,99
F - R	43,43	0,39
F - S	-54,13	-0,57
W - R	0,58	0,40
W - S	-0,72	-0,57
R - S	0,00	-0,18

Gatica y Sepúlveda (2004) realizaron estimaciones de biomasa desovante de jurel a partir de la evaluación de stock sobre la base del siguiente modelo de estimación:

$$SSB_t = \sum_{a=2}^m \mu_a w_a N_{a,t} \exp(-0,75 \times Z_{a,t})$$

En esta expresión, SSB_t corresponde a la biomasa desovante que sobrevive al primero de octubre, a indica edades y t años, μ_a es la ojiva de madurez sexual, w_a es el peso promedio a la edad, $N_{a,t}$ es la abundancia a comienzos de cada año, $Z_{a,t}$ es la tasa de mortalidad total, y 0,75 es un factor que permite generar mortalidad hasta el 30 de septiembre (=9/12).

En la **Tabla 3**, se compran las estimaciones de biomasa desovante realizadas por el MPDH y las estimaciones de **Gatica y Sepúlveda (2004)**, las cuales son coincidentes en términos de magnitud. Sin embargo, el MPDH tiende a sobreestimar la biomasa para la serie 1999-2001. En los años 2003 y 2004 la situación se revierte, destacándose que para el año 2004 el 76,6% de la fracción desovante del MPDH está representada en el modelo de evaluación.

Tabla 3. Comparación entre la biomasa desovante del jurel estimada por el modelo de evaluación y el método de la producción diaria de huevos.

Años	Modelo SSB (t)	MPDH B. Desovante (t)	Razón MPDH /SSB
1999	2767900	5723932	2,06
2000	3423020	4688208	1,36
2001	3624150	5626963	1,55
2002	3667070	S/R	
2003	3915490	1387804	0,35
2004	4290460	3287439	0,76

S/R : sin registro, ese año no se realizó MPDH.

Análisis de Resultados

Desde el punto de vista del manejo y la evaluación de stock, la estimación de la biomasa desovante de jurel por el método de la producción diaria de huevos constituye uno de los aspectos más relevantes de este proyecto. Años atrás, desarrollar una tarea de este tipo sobre una especie que posee una estrategia reproductiva como la del jurel, parecía ser no muy exitosa.

Una de las limitantes principales al aplicar este método estaban relacionadas con la obtención de un buen número de lances de adultos, lo cual es no es fácil de lograr,

producto del comportamiento del recurso en aguas oceánicas, el cual tiende a formar agregaciones muy pequeñas y dispersas, las que hacen que el éxito de pesca con red de cerco sea limitado o bajo (**Cubillos *et al.*, 2001, 2002, Sepúlveda *et al.*, 2004**). Esta problemática, afecta directamente en la estimación y precisión de los parámetros reproductivos que se obtienen de estos lances.

La repetición de este proyecto año tras año, ha permitido generar mejoras tanto en la metodología que se aplica en el crucero, como en el posterior análisis de los parámetros involucrados en la estimación de la biomasa desovante. Estos avances se ven reflejados en que hoy en día, se cuenta con las mejores estimaciones disponibles de cada parámetro reproductivo y de la producción diaria de huevos, registrándose una biomasa con un coeficiente de variación de sólo un 15,6 % (el más bajo de toda la serie histórica) lo cual es producto netamente de las mejoras antes mencionadas.

Al analizar la serie 1999-2004, destacan dos aspectos importantes. El primero es que en comparación con el año 2003, la biomasa de jurel el año 2004 sufrió un aumento significativo de un 136%, sin embargo cabe destacar que el año 2003 es un año atípico, registrándose la estimación de biomasa más baja de toda la serie. Se infiere, que el motivo de esa baja habría sido producto de que el crucero se efectuó en la fase de desarrollo de la curva de producción diaria de huevos y no necesariamente en el máximo de desove (**Sepúlveda *et al.*, 2004**), por lo tanto esa estimación no sería comparable con la de otros años. Lo segundo, es que al comparar la serie 1999-2001 con respecto del año 2004, se observa que en promedio, la biomasa del año 2004 es inferior en casi un 40% a lo reportado para esos años.

Con respecto al efecto de la utilización del nuevo modelo temperatura dependiente en la estimación de la biomasa desovante, se observa que los niveles de biomasa disminuyeron en promedio en un 13% para toda la serie analizada, manteniéndose la tendencia a la baja reportada en la producción diaria de huevos.

Las estimaciones de biomasa desovante con el método de la producción diaria de huevos son similares con las estimaciones realizadas con métodos de evaluación indirecta, en términos de su magnitud. Concluyéndose que en la actualidad, el método de producción diaria de huevos constituye un método robusto de estimación de biomasa, y que las estimaciones podrían constituirse en información relevante para la evaluación de stock y el manejo de la pesquería de jurel.

Referencias (Estimación Biomasa Desovante)

- Cubillos, L., M.A. Barbieri., C. Oyarzún, S. Gacitúa y G. Aedo. 2001.** Condición biológica del jurel en alta mar, año 2000. Instituto de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero, Universidad de Concepción, FIP 2000-10, 162 pp +Anexos Tablas y Figuras.
- Cubillos, L., M.A. Barbieri., C. Oyarzún., S. Gacitúa y G. Aedo. 2002.** Condición biológica del jurel en alta mar, año 2001. Instituto de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero Universidad de Concepción, FIP 2001-12, 75pp +Anexos Tablas y Figuras.
- Gatica.C. y A. Sepúlveda. 2004.** Situación del stock de jurel y perspectivas de su explotación para el 2005. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 13(4):1-31.
- Satuffer, G. y 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.
- Seber, G. H. F. 1973.** The estimation of animal abundance and related parameters. HafnerPress, N.Y., 506 p.
- Sepúlveda, A., P. Ruiz., S. Nuñez, S. Gacitua, R. Quiñones, R., Montes, M.A. Barbieri., M.A., J. Cordova., M. Espejo. 2004.** Condición Biológica de jurel en Alta Mar, año 2003. Pre-informe Final FIP 2002-12, Instituto de Investigación Pesquera – Instituto de Fomento Pesquero, 176 pp.

13.2 ESTRUCTURA DE LONGITUD-EDAD DE LA POBLACIÓN DESOVANTE DE JUREL

Introducción

El jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) constituye el principal recurso pelágico que se distribuye en el Pacífico sur oriental y da origen a la pesquería más importante en Chile centro-sur, la cual empieza a mostrar desde 1997 una fuerte presencia de juveniles en las capturas. Durante el año 1997, con el objeto de disminuir la incertidumbre biológica en la evaluaciones del stock, se postuló la necesidad de evaluar los cambios de abundancia de huevos y larvas de jurel en la alta mar fuera de Chile centro-sur durante el período de desove, con el objeto de disponer de nuevos indicadores que permitiesen analizar la situación del recurso en el mediano plazo. Hasta 1998 uno de los objetivos principales fue el estimar índices de abundancia de huevos y larvas de jurel, pero a partir de 1999 se incorporó además la determinación de la producción diaria de huevos de jurel y el modelo de mortalidad diaria de huevos. En los últimos años, el método de producción diaria de huevos ha permitido la estimación de biomasa desovante de jurel, información de gran importancia, ya que contribuye junto a la información proveniente de los cruceros de evaluación hidroacústica a la evaluación de stock del recurso.

Las clases de edad que mayormente contribuyen con la biomasa desovante del jurel, son las edades 2 y 3. Una forma de conocer el grado de contribución de las diferentes grupos de edad es por medio del uso y aplicación de claves talla-edad (**Aguayo et al., 1981; Aguayo y Estay, 1983**). El conocimiento de la estructura por edad de la biomasa desovante, permite estimar la fuerza de las clases anuales desovantes. Por lo tanto, se pueden conocer aspectos de dinámica de la población asociados a las fluctuaciones de la biomasa desovante. Por ejemplo, conocer si la fuerza de los reclutamientos esta o no asociada con la variabilidad de la biomasa desovante por edad.

Este enfoque de análisis ha demostrado su utilidad al ser aplicado a la estimaciones de biomasa desovante de anchoveta (*Engraulis encrasicolus*, L) de la Bahía de Bizcaya, donde investigadores del AZTI y de IFREMER (**Uriarte et al., 1999, 2001, 2002**), ha aplicado de manera rutinaria esta metodología. En el caso del jurel de Chile centro-sur, esta sería la primera aproximación metodológica de este tipo, significando una importante contribución al conocimiento de la condición biológica del jurel en alta mar.

Metodología

El desarrollo metodológico de este estudio de carácter preliminar se basa principalmente en el trabajo desarrollado por **Uriarte (2001)**, que se detalla a continuación:

Muestreo

De acuerdo con **Uriarte (op cit)**, el muestreo de ejemplares adultos es un requisito básico para convertir los estimados de producción de huevos en biomasa para sus respectivas edades. Para determinar la edad se extrajeron los otolitos saculares sólo de hembras en estados de madurez III y IV de las muestras de ejemplares adultos, registrando para cada pez la longitud de horquilla (cm) y peso total (g). Esta decisión obedece al hecho que ambos estados fueron considerados como la fracción desovante de hembras del stock.

Las frecuencias de longitud analizadas corresponden a 50 lances correspondientes a 11 barcos, sin embargo, dado que muchos de estos lances tienen un bajo número de ejemplares (< de 50) se decidió agrupar las frecuencias de longitudes por barco, de manera que se contó con 11 distribuciones de longitud horquilla para un total de 2212 ejemplares.

Los otolitos fueron almacenados en bolsas de papel etiquetadas y con la información correspondiente al pez (longitud, sexo, etc.) siendo posteriormente leídos en laboratorio, previa una hidratación en agua corriente por un tiempo de 12 a 24 horas. El total de otolitos colectados a bordo de las 11 embarcaciones participantes en toda el área de estudio fue de 1019, cubriendo todo el rango de tallas observado. De este total 980 otolitos fueron legibles (96%).

Las lecturas de edad a partir de los otolitos se realizaron con lupas estereoscópicas con aumento 10x1, provista de micrómetro ocular para mediciones de los anillos de crecimiento anual. Con la información de edad se construyó una clave edad-talla que permitió obtener la composición por edades de la biomasa desovante de hembras.

Para comparar los resultados de la biomasa por grupo de edades del año 2004 con información de los años 2001 y 2003 carentes de CET pero con sus distribuciones de frecuencias de longitudes para las muestras de adultos, se usó el método de claves de edad iteradas (**Höening y Heisay, 1987**) de manera de obtener la abundancia por talla y grupos de edad.

Abundancia en número por grupo de edad

El modelo usado para la estimación de la población en número es:

$$N_a = N * P_a = (B_d / W_t) * P_a$$

N_a : población estimada en números a la edad

N : número estimado del stock desovante total

B_d : estimado de biomasa del stock desovante

W_t : peso promedio de jurel en la población

P_a : frecuencia relativa (número) a la edad en la población.

La estimación de la media y varianza respectiva del peso total y la proporción por edades, fue realizada en base a lo propuesto por **Uriarte (2001)** y que se deriva aplicando el método delta (**Seber 1982 fide Uriarte., 2001**). En general, la media de un parámetro estimado a partir de (n) muestras obtenidas de manera aleatorio corresponde a:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n M_i y_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

correspondiendo la varianza a:

$$Var(Y) = \frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 (y_i - Y)^2}{\bar{M}^2 n(n-1)}$$

donde:

Y : media de un parámetro

y_i : media de un parámetro en el lance i

M_i : número de peces muestreados en el lance i

n : número de muestras.

Proporción a la edad (P_a)

La estimación de P_a mediante una CET tiene dos posibilidades que son similares y que están expresadas en la ecuación (4), la primera y que es usualmente aplicada utiliza el muestreo de longitud de todas las muestras (i) para estimar la distribución de frecuencias de longitud de la población P_l (frecuencia relativa), a través de una adecuada ponderación de las muestras, las que se consideran proporcional a la abundancia de la población en número representada por la muestra (M_i). Luego la CET (q_{al} o proporción de edad "a" a la talla l) se aplicó a la distribución para estimar la proporción por grupo de edades de la población o stock desovante de hembras. La segunda posibilidad que se exploró fue el de aplicar la única CET disponible a cada muestra por lance, no obstante presentar una baja representación, para obtener estimados de P_a para cada muestra (P_{ai}), para luego promediar las muestras totales con factores ponderadores proporcionales a la abundancia de la población en número representadas por la muestra.

Las posibilidades de estimación de la proporción a la edad "a" en la población están expresadas en la siguiente ecuación:

$$P_a = \sum_{l=1}^L P_l \cdot q_{al} = \sum_{l=1}^L \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot P_{li}}{\sum_{i=1}^n M_i} \cdot q_{al} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i P_{ai}}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

donde:

- q_{al} : proporción de edad "a" para el estrato de longitud "l"
- P_{li} : frecuencia relativa en número de "l" en la muestra "i"
- P_{ai} : frecuencia relativa en número por grupo de edad "a" en muestra "i"
- M_i : factor ponderador representado por el número de individuos por muestra.

Se debe tener en cuenta que la estimación de las frecuencias relativas por longitudes P_l en la población son el promedio ponderado de los estimados de la muestra con los usuales factores ponderadores proporcionales al número.

La varianza usada para la primera aproximación es dada por:

$$Var(P_a) = \frac{\sum_{l=1}^L q_{al}^2 \cdot \sum_i^n M_i^2 (P_{li} - Pl)^2}{\bar{M}^2 n(n-1)} + \frac{2 \sum_{l=1}^L \sum_{h=l+1}^L q_{al} \cdot q_{ah} \sum_{i=1}^n M_i^2 (P_{li} - P_l)(P_{hi} - P_h)}{\bar{M}^2 n(n-1)} +$$

$$+ \sum_{l=1}^L \frac{P_l^2 q_{al} (1 - q_{al})(1 - f_{2l})}{(m_l - 1)}$$

Los tres componentes de la varianza de la ecuación 5 corresponden a la variabilidad en longitud entre muestras, efectos cluster o covarianza de longitudes dentro de las muestras, y el tercero a la incertidumbre asociada a la clave edad-talla. El segundo término de la varianza desaparece si se supone distribución de longitud multinomial. El tercer término incluye una corrección de población finita por longitud ($l-f_{2l}$) para el caso cuando los otolitos se obtienen de los individuos que dan origen a la distribución de longitud, no obstante en la mayoría de los casos esta corrección es insignificante y puede omitirse (Uriarte, 2001). Considerando que en el caso de jurel se cumplen las suposiciones planteadas anteriormente, la varianza de P_a se estimó sólo con el primer término.

Para la segunda aproximación cuando se trabaja con proporciones por grupo de edad y por muestra por lance se utilizó un expresión equivalente:

$$Var(P_a) = \frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 (P_{ai} - P_a)^2}{\bar{M}^2 n(n-1)} + \sum_{l=1}^L \frac{P_l^2 q_{al} (1 - q_{al})(1 - f_{2l})}{(m_l - 1)}$$

En la que P_{ai} es el estimado de P_a en la muestra i mediante la aplicación de la CET a su distribución de longitud. Esta alternativa también se exploró.

Abundancia por grupo de edad en el stock desovante

La abundancia por grupo de edad (N_a) se calculó con la ecuación:

$$N_a = N_d * P_a = \sum_{l=1}^L N_l \cdot q_{al}$$

donde N_d es el número total desovante.

La varianza de N_a se estimó como:

$$Var(N_a) = Var(P_a) * N_a$$

Peso medio a la edad

Para estimar el peso promedio por grupo de edad se usó la siguiente ecuación:

$$W_a = \frac{\sum_{l=1}^L P_l \cdot q_{al} \cdot W_l}{\sum_{l=1}^L P_l \cdot q_{al}}$$

Para estimar la varianza de W_a se usó la expresión:

$$Var(W_a) = \frac{\sum_{l=1}^L M_l^2 (W_l - W_a)^2}{\bar{M}^2 n(n-1)}$$

Biomasa desovante por grupo de edad (B_a)

La biomasa total desovante por edad fue estimada como:

$$B_a = N_a * W_a$$

La varianza de B_a se estimó mediante la ecuación:

$$var(B_a) = B_a * Var(P_a)$$

Resultados

Elaboración de clave edad-talla

El análisis de otolitos de hembras desovantes permitió generar una CET con 11 grupos de edad (II a la XII) para el rango de longitud horquilla de 21 a 55 centímetros (Tabla 1). Los grupos de edad con mayor presencia en la muestra de otolitos fueron el IV el III y V que representaron alrededor del 53%.

Tabla 1. Clave edad talla de hembras desovantes de jurel en noviembre del 2004

Longitud (cm)	Grupos de edad												Total	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
21		1												
22														
23		1												1
24		7	6											13
25		11	23											34
26		7	36	23										66
27		3	30	42	4									79
28		2	35	47	10	1								95
29			20	33										53
30			4	27	8	2								41
31			5	32	35	3								75
32			2	18	30	6								56
33			5	16	20	7	1							49
34					5	13	5	5						28
35					3	11	8	2						24
36					2	9	14	3						28
37						12	5	2						19
38						12	4	1						17
39						8	3	5	2					18
40						3	8	9	4			1	1	26
41						2	6	9	5	1				23
42						10	15	13	2	4				44
43						5	9	19	1	2				36
44						1	2	9	16	4	2		1	35
45							5	11	17	8	5			46
46								10	12	6				28
47								12	6	1				19
48								8	3	2	3			16
49								1	1	3	1			6
50									1					1
51									1					1
52										1				1
53														
54											1			1
55										1				1
Total		31	166	238	117	105	85	119	71	33	13	2		980

La consistencia de las lecturas de edad a través de las medidas de los anillos hialinos se observa en la figura 1 donde las frecuencias relativas por anillo presentan un traslape que se incrementa en los anillos mayores, es decir, en la medida que aumenta la edad del pez. Para el anillo R₁₂ solo se dispuso de 9 lecturas que no permite una estructura cercana a una normal.

Proporción a la edad (Pa)

La proporción a la edad o frecuencia relativa es de un 35,1% para el GE IV (CV= 0,176) seguido por un 19% y 15,3% para los GE V (CV= 0,099%) y III (CV= 0,085%), respectivamente (Tabla 2).

Abundancia por grupo de edad (Na)

De la población desovante de jurel que fue estimada en $7.976.585,85 \times 10^3$ millones, de los cuales 2.800 millones corresponden al GE IV (CV = 0,764 %), 1.511 millones al GE V (CV = 0,778 %) y 1.217 millones al GE III (CV = 0,675 %) (Tabla 2, Figura 2).

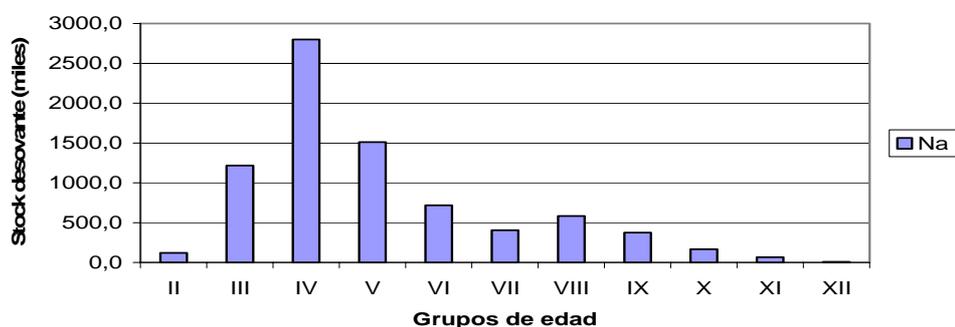


Fig. 2 Fluctuación de la abundancia del stock desovante de jurel por grupo de edad en el año 2004

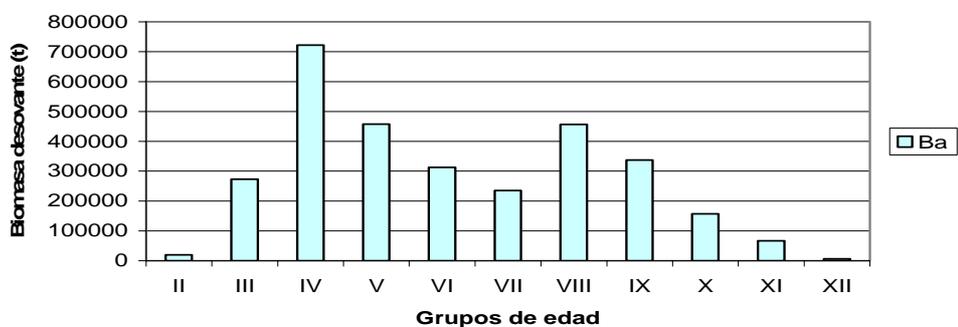


Fig. 3 Fluctuación de la biomasa del stock desovante de jurel por grupo de edad en el año 2004

Tabla 2. Parámetros estimados para el stock desovante de jurel por grupo de edad en el año 2004

		GRUPOS DE EDAD										
Ndes	13944655189	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bdes (t)	5467106,49											
Pa		0,0153	0,1526	0,3511	0,1895	0,0901	0,0507	0,0732	0,0471	0,0210	0,0082	0,0011
E. estándar		0,4340	2,3535	5,0565	3,0228	1,1886	0,9460	1,2072	1,1263	0,5201	0,1677	0,0000
CV		0,0278	0,0859	0,1756	0,0994	0,0349	0,0251	0,0292	0,0256	0,0117	0,0037	0,0000
Na (x10^6)		121,6	1217,0	2800,4	1511,1	719,1	404,8	583,9	376,2	167,9	65,8	8,8
E. estándar		4,7870	82,1023	267,5856	117,5049	31,8723	19,0335	29,1698	21,8467	6,7395	1,3598	0,0000
CV		0,27548	0,67462	0,76442	0,77759	0,75353	0,61128	0,75528	0,71287	0,37683	0,11943	0,00000
Ba (t)		19882,2	273025,5	722007,5	457495,2	312803,6	235444,3	456945,3	337874,6	156988,4	67518,8	6595,9
E. estándar		61,20	1229,73	4296,58	2044,55	664,77	459,04	816,02	654,71	206,09	43,57	
CV		0,0215	0,0450	0,0476	0,0447	0,0361	0,0253	0,0270	0,0238	0,0123	0,0037	0,0020
Wa (g)		163,45	224,34	257,82	302,75	435,02	581,65	782,60	898,09	935,08	1026,85	747,96
E. estándar		3,31255	25,83187	20,50420	20,95391	87,46922	39,74343	76,34009	100,14363	83,55259	87,87292	26,39105
CV		0,02026	0,11411	0,07882	0,06907	0,20293	0,06928	0,09920	0,11243	0,08961	0,08554	0,03557

Peso medio por grupo de edad (Wa)

Los pesos promedios para los GE II a XII se presentan en la tabla 2. La disminución que muestra el GE XII es explicado por el bajo número de individuos que lo componen, además que están concentradas en dos tallas 39 y 43 cm.

Biomasa del stock desovante por grupo de edad (Ba)

Las mayores biomásas del stock desovante corresponden a los GE IV con 722 mil de toneladas (CV = 0,048 %), V con 457,4 mil t (CV = 0,045), agregándose el GE VIII con 456,9 mil t (CV = 0,027) (**Tabla 2, Figura 3**).

Comparación stock desovante años 2001 y 2003

De manera de poder comparar con evaluaciones del stock desovante de años anteriores (2001 y 2003) se utilizó la CET del 2004, la distribución de frecuencias de longitudes correspondiente y las distribuciones de frecuencias de longitudes de los años señalados, para obtener las estructuras de edades mediante el método de claves de edad-talla iterado (CLEITER) propuesto por **Höening y Heissay (1987)**. Los resultados señalan que en el periodo reproductivo del año 2001 la abundancia fue estimada en $25.158.988,2 \times 10^3$ individuos y el stock desovante estuvo sostenido por los grupos de edad IV con 9.207×10^6 individuos (36.5%) y III con 8.944×10^6 (35,6%) (**Tabla 3, Figura 4**). En biomasa los GE predominantes fueron el IV con $1.796,5 \times 10^3$ t (35%) y el III con 1.546×10^3 (**Tabla 4, Figura 5**).

Tabla 3. Abundancia del stock desovante de jurel por grupo de edad en os años 2001, 2003 y 2004.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2001	N(x10^6)		3786,94	8944,38	9207,79	1435,77	699,82	420,09	400,89	181,54	58,33	14,30	9,14
	%		15,05	35,55	36,60	5,71	2,78	1,67	1,59	0,72	0,23	0,06	0,04
	E. est.		147,71	368,45	388,26	18,52	6,60	4,19	3,58	1,45	0,30	0,03	0,00
	CV		0,2730	0,4119	0,3373	0,1290	0,1603	0,1297	0,1251	0,0959	0,0357	0,0053	0,0000
2003	N(x10^6)		54,01	528,63	837,24	336,13	563,44	397,51	400,15	218,57	83,88	34,72	6,02
	%		1,56	15,30	24,24	9,73	16,31	11,51	11,58	6,23	2,43	1,01	0,17
	E. est.		7,35	22,99	28,94	18,33	23,74	19,94	20,00	14,78	9,16	5,89	2,45
	CV		0,4833	0,1158	0,0938	0,2051	0,1706	0,2123	0,3079	0,5934	0,9716	1,5499	2,8298
2004	N(x10^6)		121,64	1217,01	2800,41	1511,14	719,05	404,78	583,88	376,21	167,89	65,75	8,82
	%		1,52	15,26	35,11	18,94	9,01	5,07	7,32	4,72	2,10	0,82	0,11
	E. est.		4,79	82,10	267,59	117,50	31,87	19,03	29,17	21,85	6,74	1,36	0,00
	CV		0,2755	0,6746	0,7644	0,7776	0,7535	0,6113	0,7553	0,7129	0,3768	0,1194	0,0000

Tabla 4. Biomasa desovante de jurel por grupo de edad en los años 2001, 2003 y 2004.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2001	B (t)		477919,1	1546097,5	1796533,1	339174,5	294552,1	215230,4	250580,0	141236,5	47587,2	10050,6	5771,3
	%		9,33	30,17	35,06	6,62	5,75	4,20	4,89	2,76	0,93	0,20	0,11
	E. est.		1659,42	4844,25	5423,33	284,68	135,41	94,88	89,56	40,47	8,51	0,67	0,00
	CV		0,0243	0,0280	0,0242	0,0084	0,0078	0,0053	0,0047	0,0029	0,0013	0,0002	0,0000
2003	B (t)		8501,0	98984,1	180514,5	95508,4	244732,6	186980,8	271125,9	181049,4	68612,8	34711,3	0,0
	%		0,62	7,22	13,17	6,97	17,85	13,64	19,78	13,21	5,01	2,53	0,00
	E. est.		28,82	530,66	803,92	206,34	812,58	419,64	360,63	244,58	56,03	12,60	0,00
	CV		0,0018	0,0994	0,0007	0,1673	0,0033	1,4673	0,0052	0,9336	0,0006	0,0545	0,0000
2004	B (t)		19882,2	273025,5	722007,5	457495,2	312803,6	235444,3	456945,3	337874,6	156988,4	67518,8	6595,9
	%		0,7	9,0	23,7	15,0	10,3	7,7	15,0	11,1	5,2	2,2	0,2
	E. est.		61,20	1229,73	4296,58	2044,55	664,77	459,04	816,02	654,71	206,09	43,57	0,0
	CV		0,0215	0,0450	0,0476	0,0447	0,0361	0,0253	0,0270	0,0238	0,0123	0,0037	0,0020

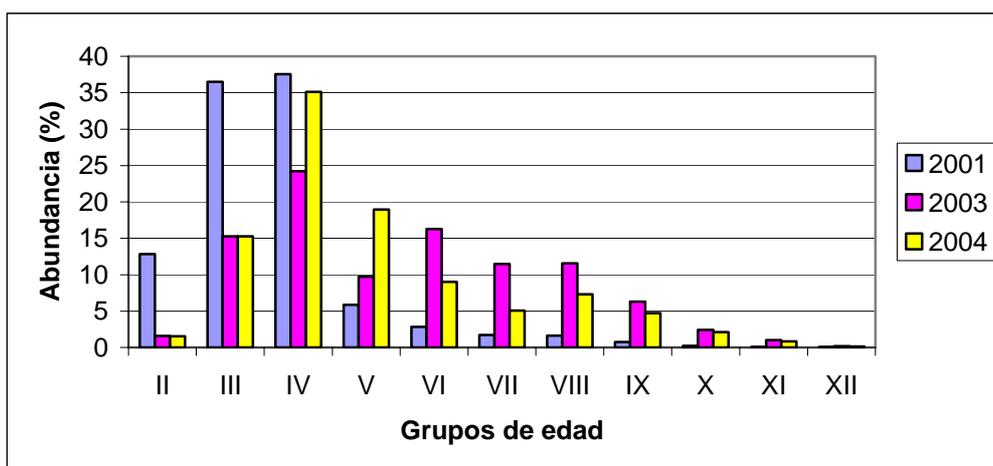


Fig. 4 Fluctuación de la abundancia (%) del stock desovante de jurel en los años 2001, 2003, 2004.

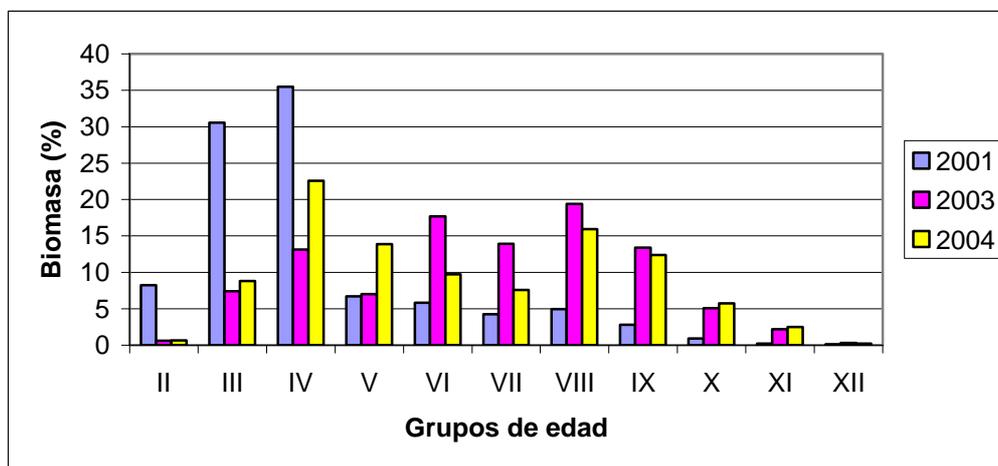


Fig. 5 Fluctuación de la biomasa (t) del stock desovante de jurel en los años 2001, 2003, 2004.

El año 2003 hubo bajos estimados de abundancia ($3.440.437 \times 10^3$) y biomasa ($1.357.804 \times 10^3$) del stock desovante, situación que se atribuye a que no fue posible obtener un muestreo adecuado de hembras hidratadas para determinar con precisión las frecuencias de desove, aparentemente por no coincidir la realización del crucero con el pic del desove, no obstante se puede observar una tendencia a recuperarse del stock desovante con un incremento de la presencia del grupo de edad V y mayores de mayor fecundidad. En el año 2004 fue posible obtener un buen muestreo de adultos y de la fracción de hembras hidratadas. La abundancia del stock desovante fue estimada en $7.976.585,9 \times 10^3$ individuos. En la **Figura 4** se aprecia que el stock desovante en

número estuvo sostenido principalmente por individuos de los grupos de edad IV con $2.800,7 \times 10^6$ (35%), V con 1.511×10^6 (18,9%) y III con 1.217×10^6 (15,3%). En biomasa los GE más relevantes fueron el IV con 722×10^3 t (23,7%), el V con $457,5 \times 10^3$ (15%) y el VIII con $456,9 \times 10^3$ t (15%) (**Figura 5**). Las biomazas desovantes totales por año son algo menores a las estimadas mediante el MPH, debido a que la biomasa desovante por GE se obtuvo multiplicando el peso promedio (W_a) calculado mediante la relación longitud peso de las hembras desovantes correspondientes a los estados de madurez 3 y 4.

Del análisis de los tres años se concluye que el año 2001 el stock desovante estuvo sostenido principalmente por grupos de edad jóvenes como son el II, III y IV, situación que refleja la juvenalización del stock que venía observándose de años anteriores. Sin embargo, en el año 2003 no obstante la ocurrencia de una probable subestimación del stock desovante mencionada anteriormente, hay una participación de grupos de edad más viejos entre VI y X. Esta situación es observada nuevamente en el año 2004, lo que podría estar señalando una tendencia del stock desovante a recuperar su estructura lo que incidiría positivamente en el stock total.

Discusión

Es importante señalar que la desagregación de la biomasa desovante por grupos de edad para jurel se realiza por primera vez en Chile, constituyendo este estudio una exploración preliminar, siendo necesario a futuro realizar un estudio de manera de adecuar la metodología desarrollado por **Uriarte (2001)** para la anchoveta del Golfo de Biscaya, especie que en el periodo de desove se encuentra casi en su totalidad madura.

En esta oportunidad la colecta de otolitos para construir una CET se orientó tanto a hembras hidratadas que corresponden al estado de madurez 4 como a las que corresponden al estado previo ya por desovar (EM 3). Este criterio se adoptó para que su aplicación sobre la biomasa desovante entregue una composición por grupos de edad representativa de la estructura del stock en el área de desove. Sin embargo, no se descarta que alguna fracción de las hembras en estado de madurez 2 pueda estar en condiciones de madurez para desovar en el periodo, lo cual deberá ser dilucidado a futuro con el análisis histológico.

Se parte de la base que no existe diferencia en el crecimiento entre machos y hembras y que la proporción sexual es aproximadamente 1:1 de manera que en el estimado de biomasa desovante estén considerados los dos sexos. Dado que en la realidad esta proporción es aproximada convendría revisar el procedimiento, de manera de lograr una mayor precisión en los estimados.

Conclusiones

1. Es necesario revisar y adecuar la metodología de estimación del stock desovante de jurel por GE, debido a que en el área de desove hay presencia de GE inmaduros.
2. Hay una importante tendencia a la recuperación de la estructura del stock desovante con la presencia importante de grupos de edades mayores de V, lo que asegura una mayor presencia de hembras con una mayor fecundidad.
3. Las clases anuales 1995, 1996 y 1997 son relevantes en el año 2003 y continúan presentando buenos aporte en el año 2004.
4. La abundancia de la población desovante por grupos de edad depende fuertemente de los factores ponderadores utilizados en las frecuencias de talla de las muestras.

Recomendaciones

Es importante seguir con este tipo de estudio ya que permite conocer el aporte de los grupos de edad y determinar que clases anuales son las más relevantes, desde la edad en que empiezan a ser integrantes del stock desovante, lo cual puede estar fuertemente relacionado con los reclutamientos.

Referencias (Estructura de longitud-edad de la población desovante de jurel)

- Aguayo, M., E. Estay y V. Ojeda. 1981.** Determinación de edad y crecimiento del jurel (*Trachurus murphyi*) en las zonas de Arica-Coquimbo y Talcahuano. En: Informe Técnico Subpesca-Ifop: 88 p, tablas.
- Aguayo, M. y E. Estay. 1983.** Elaboración de claves edad-talla para jurel en el periodo 1975-1981 y de sardina española para el año 1981. II. Elaboración de claves

edad-talla de jurel en el periodo 1975-1981. Informe técnico IFOP-CORFO: AP 83-34: 309 p.

- Höening, J.M. y D.M.Heisay. 1987.** Use of a log-linear model with EM algorithm to corrects estimates of stock composition and to convert length to age. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 116:232-243.
- Uriarte, A., L. Motos, P. Alvarez, M. Santos, P. Prouzet and J. Massé, 1999.** Population estimates of the Bay of Biscay anchovy by the Daily Egg Production Method. Final Report to European Commission of Project 96/034, issued in December 1999.
- Uriarte, A. 2001.** Anchovy Population at age estimates and variances from the application of the Daily Egg Production Method. ICES CM 2001/P:25
- Uriarte, A., M. Santos, L. Motos y P. Petitgas. 2002.** Population estimates of the Bay of Biscay anchovy by the Daily Egg Production Method for 2001. Updated Final Report to European Commission of Project 00/013.

13.3 Campo superficial de temperatura, clorofila, corrientes y vientos

Introducción

En ecosistemas de borde oriental, como lo son las costas de Chile, la presencia de filamentos de aguas frías, remolinos y meandros de meso-escala corresponden a estructuras recurrentes (**Lutjeharms *et al.*, 1991; Cáceres, 1992, Thomas y Strub, 2001; Hormazábal *et al.*, 2004**). Remolinos intensos y corrientes de meandro generan una región de alta variabilidad entre la costa y el océano profundo, denominada Zona de Transición Costera (ZTC), la que frente a la zona central de Chile (30-38°S) se extiende hasta los 600–800 km desde la costa (**Hormazábal *et al.*, 2004**). En esta región, estos remolinos tienen escalas espaciales típicas, del orden de los 200 km de diámetro y pueden permanecer como estructuras espacialmente coherentes durante varios meses, propagándose predominantemente hacia fuera de la costa, produciendo un transporte del orden de los $2 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (**Hormazabal *et al.*, 2004**). Por otra parte, los resultados provenientes de modelos numéricos indican que para esta región las inestabilidades baroclinas de las corrientes costeras constituyen el principal forzante para la generación de estos remolinos y meandros (**Leth y Shaffer, 2001**).

Durante la década de los años noventa, diversos estudios han sugerido la participación de remolinos ciclónicos en el ascenso de nutrientes hacia las capas iluminadas del océano (bombeo de remolinos), generando regiones locales comparativamente más productivas en el océano (**Falkowski *et al.*, 1991; McGillicuddy *et al.*, 1998**). Por otra parte, remolinos de meso-escala con un giro anticiclónico pueden producir un incremento de la concentración de clorofila-a y en general de la concentración de organismos planctónicos, a través de un transporte convergente de partículas. Asimismo, se ha observado que en los bordes de estos remolinos anticiclónicos se produce un ascenso de aguas más densas que conlleva un transporte de aguas ricas en nutrientes hacia la zona fótica, incrementando la producción local (**Mizobata *et al.*, 2002**). En nuestro sistema de borde oriental, estos mecanismos, junto a la surgencia costera, estarían promoviendo el incremento de la concentración de fitoplancton disponible para el zooplancton y los peces.

Diversos factores han sido postulados como agentes forzantes en la distribución espacial del jurel frente a la zona centro-sur de Chile, tanto en el período de desove como en el de engorda, pudiendo citarse entre otros: movimientos estacionales del Frente Subantártico (**Agafonov, 1994**), la posición espacial del Frente Subtropical (**Grechina, 1994**), la interacción entre la corriente de Humboldt y la Corriente

Circumpolar Antártica (**Nekrasov et al., 1994**) y las variaciones interanuales asociadas a eventos cálidos El Niño (**Grechina, 1994; Arcos et al., 2001**). A nivel de mesoescala, se han considerado factores tales como la temperatura superficial del mar (**Nekrasov et al., 1994; Quiñones et al., 1994; Arcos et al., 2001**), meandros, surgencias oceánicas y gradientes térmicos (**Kashirin et al., 1994; Nekrasov et al., 1994, Barría et al., 2000**), zonas de alta concentración de alimento (**Arzhanova et al., 1994, Quiñones et al., 1994; Serra et al., 1994**) y frentes oceanográficos (**Grechina, 1994**), entre otros, no obstante las evidencias encontradas no son concluyentes.

En esta sección, mediante el uso de información satelital correspondiente al campo superficial de temperatura, clorofila y corrientes marinas, además de vientos superficiales, se entregan algunas características de la dinámica del ambiente en la región de estudio. A través de estos elementos adicionales se espera mejorar la interpretación de los resultados de la distribución espacial de huevos y larvas de jurel en el área de estudio.

Metodología

Se utilizaron datos diarios de clorofila satelital (mg/m^3) y TSM ($^{\circ}\text{C}$) provenientes del sensor MODIS – AQUA. Los datos diarios fueron proyectados a una cuadrícula regular con 1 km de resolución espacial y posteriormente compuesta en una matriz de 3 dimensiones (longitud, latitud, tiempo). Las brechas en la matriz de datos fueron interpoladas en tres dimensiones, mediante el método “inverso a la distancia”, considerando 50 km en los ejes espaciales y 7 días en el eje temporal.

Observaciones diarias del viento sobre la superficie del mar, provenientes de datos satelitales (QuikSCAT), grillados con una resolución de $0.25^{\circ}\times 0.25^{\circ}$, son utilizadas para describir el campo de vientos en la región. Las observaciones diarias de viento fueron promediadas vectorialmente cada tres días, centrando la fecha en el dato del medio. Para el presente análisis se utilizan los promedios que corresponden al 25 de noviembre de 2005.

Observaciones satelitales de la altura del nivel del mar, con una periodicidad de 3-4 días, correspondiente a las anomalías del nivel del mar, obtenidas del producto combinado de los altímetros de los satélites Topex/Poseidón y ERS-1/2, con una

resolución espacial de 1/3 de grado, son utilizadas para estimar el campo superficial de corrientes geostroficas. La metodología para la estimación de las corrientes geostroficas corresponde a la empleada por **Hormazábal et al., 2004**.

Resultados

El campo superficial de corrientes geostroficas, exhibe un patrón de circulación bastante complejo donde intensos remolinos y corrientes de meandro dominan la región de estudio (**Figura 1**). Durante el periodo en que se realizaron los cruceros de investigación, los remolinos presentaron diámetros del orden de 150-200 km y magnitudes típicas del orden de 20 cm s⁻¹ (**Figura 1**). La presencia de estos remolinos se extiende por varios meses, periodo en el cual su magnitud se intensifica y debilita alternadamente. Estos remolinos se desplazan lentamente, sin una dirección preferente en la zona oceánica, y principalmente hacia el oeste (noroeste) en la zona adyacente a la costa. Durante el periodo de estudio no se observa la presencia de remolinos estacionarios. Las dimensiones espaciales y temporales de los remolinos y meandros observados en la región de estudio, se encuentran dentro de la mesoescala. Fuertes corrientes, vinculadas a los remolinos y meandros de mesoescala se presentan en la zona de transición costera (primeros 600-800 km de la costa) y en la zona oceánica (85-94°W), ambas regiones separadas por una zona de corrientes más débiles (**Figura 1**).

En la zona de estudio, la magnitud de los vientos presentan dos grandes regiones, la zona de transición costera y la zona oceánica (85-94°W). En la zona de transición costera se presentan los vientos más intensos, los cuales poseen una dirección predominante hacia el ecuador, dirección favorable a la surgencia costera (**Figura 1**). En la zona oceánica los vientos son más débiles y con una dirección más variable. En la porción sur de esta región los vientos son más intensos que en la porción norte y cambian de dirección paulatinamente, en el extremo oeste el viento sopla hacia el sureste y en la medida que se avanza hacia el este, este rota paulatinamente dirigiéndose hacia el ecuador al ingresar en la zona de transición costera. En esta última zona, la magnitud del viento se debilita en una franja muy reducida, apegada a la costa.

La distribución superficial de clorofila satelital, estimada a partir del sensor MODIS – AQUA, se presenta con una escala de colores logarítmica, en la figura 2. Durante el periodo de estudio, la clorofila satelital posee un patrón de distribución zonal, donde las mayores concentraciones están ubicadas en una banda cercana a la costa, con un decaimiento exponencial hacia el oeste. Dentro del patrón de distribución zonal uno puede distinguir tres grandes regiones, una costera, una intermedia y otra oceánica. La zona costera se caracteriza por presentar las mayores concentraciones de clorofila ($> 2 \text{ mg m}^{-3}$), las cuales se ubican principalmente sobre la plataforma continental. La zona intermedia que se extiende entre los $\sim 76^\circ\text{W}$ y $\sim 82^\circ\text{W}$, donde predominan las concentraciones de clorofila con valores intermedios, los cuales fluctúan entre 0.2 y 1 mg m^{-3} . Finalmente la zona oceánica, que se extiende desde aproximadamente los 86°W hacia el oeste y presenta bajas concentraciones de clorofila, generalmente menores a 0.2 mg m^{-3} . En la zona oceánica es posible encontrar concentraciones de clorofila de valores similares a los observados en la zona intermedia ($\sim 0.2 \text{ mg m}^{-3}$), asociados principalmente a fuertes corrientes que se presentan en los bordes de los remolinos de mesoescala (**Figuras 1 y 2**).

Considerando que la zona de transición costera corresponde a una zona de transición entre los procesos físicos que dominan la dinámica de la zona costera (surgencia costera, ondas a trapadas a la costa, etc.) y los que dominan la dinámica de la zona oceánica (ondas de Rossby, etc.), en el caso de la clorofila se podría considerar que sus concentraciones intermedias corresponden a la influencia de la zona costera. Esta influencia se puede deber a la advección de aguas hacia el oeste, asociadas a corrientes de meandros y remolinos de mesoescala, los cuales transportan aguas ricas en nutrientes y plancton, desde la zona influenciada directamente por la surgencia costera. Por otra parte, el límite oeste de la zona de transición costera es marcado por un fuerte gradiente de la magnitud del viento, el cual coincide con la región donde las concentraciones de clorofila poseen características más oceánicas.

El campo de temperatura superficial del mar (TSM) presenta una zona costera de baja temperatura (menor a 16°C) y una zona oceánica que se divide meridionalmente en un área más cálida al norte de los 36°S y una zona más fría al sur de esta latitud (Figura 2). En la zona oceánica las temperaturas más frías se encuentran

principalmente asociadas a fuertes corrientes vinculadas a los bordes de los remolinos de mesoescala (**Figura 1 y 2**).

El análisis de los resultados presentados en esta sección sugieren que el viento, como principal agente forzante de la surgencia costera y del ingreso de nutrientes a la capa fótica, junto con los remolinos de mesoescala, están jugando un rol importante en el incremento de la concentración de la clorofila de las zonas alejadas de la costa (Zona de transición costera y zona oceánica).

Figura 1. Campo superficial de corrientes geostroficas (vectores en panel superior) y campo superficial de vientos (vectores panel inferior), donde los colores de la figura corresponden a la magnitud del campo de corrientes y vientos, respectivamente. La información de ambos paneles corresponde al 25 de noviembre de 2005. El campo de vientos satelitales (quikSCAT) corresponde a un promedio vectorial de tres días. El campo superficial de corrientes geostroficas fue estimado a través de datos de altimetría (ver detalle de calculo en [Hormazábal et al., 2004](#)).

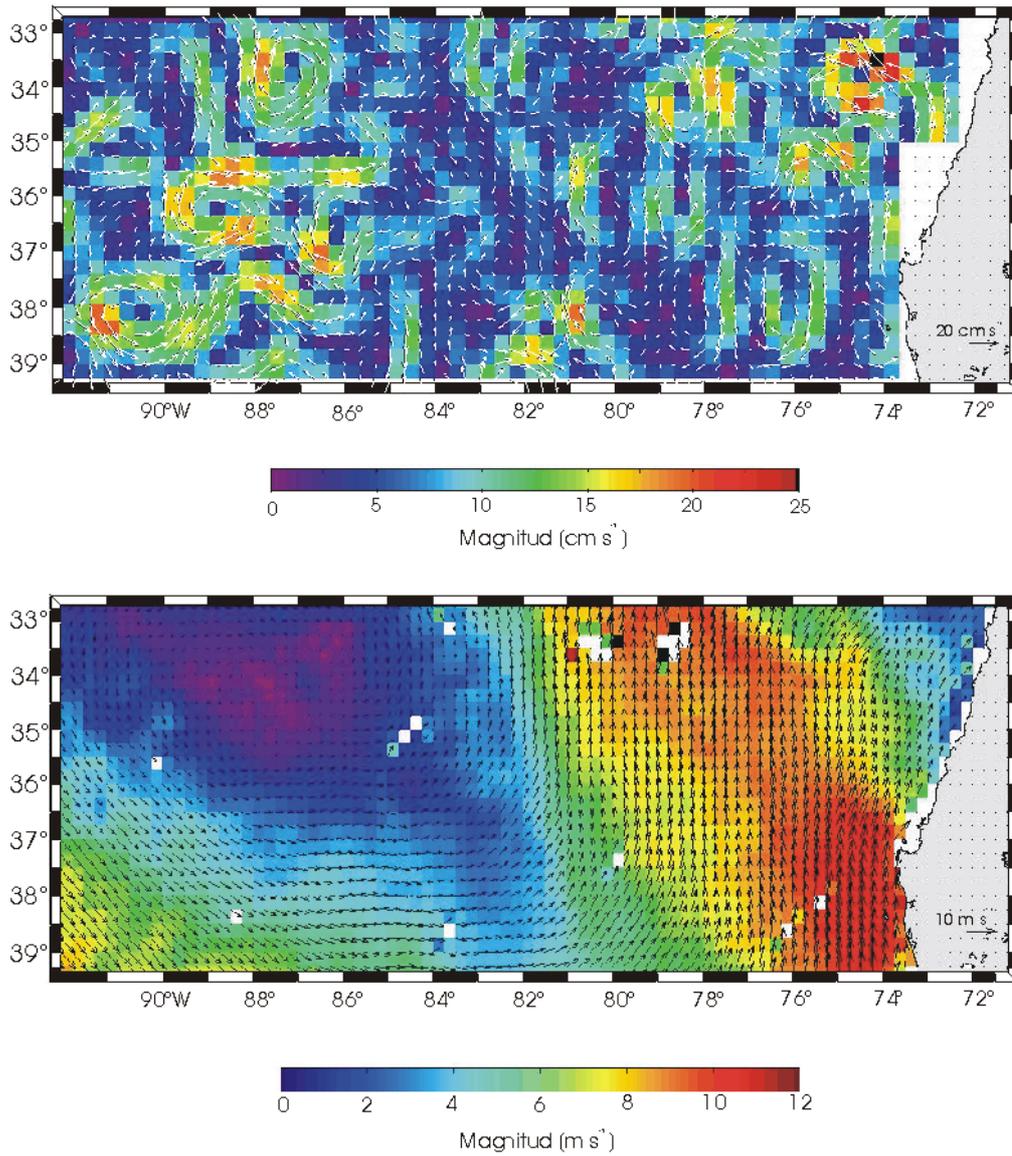
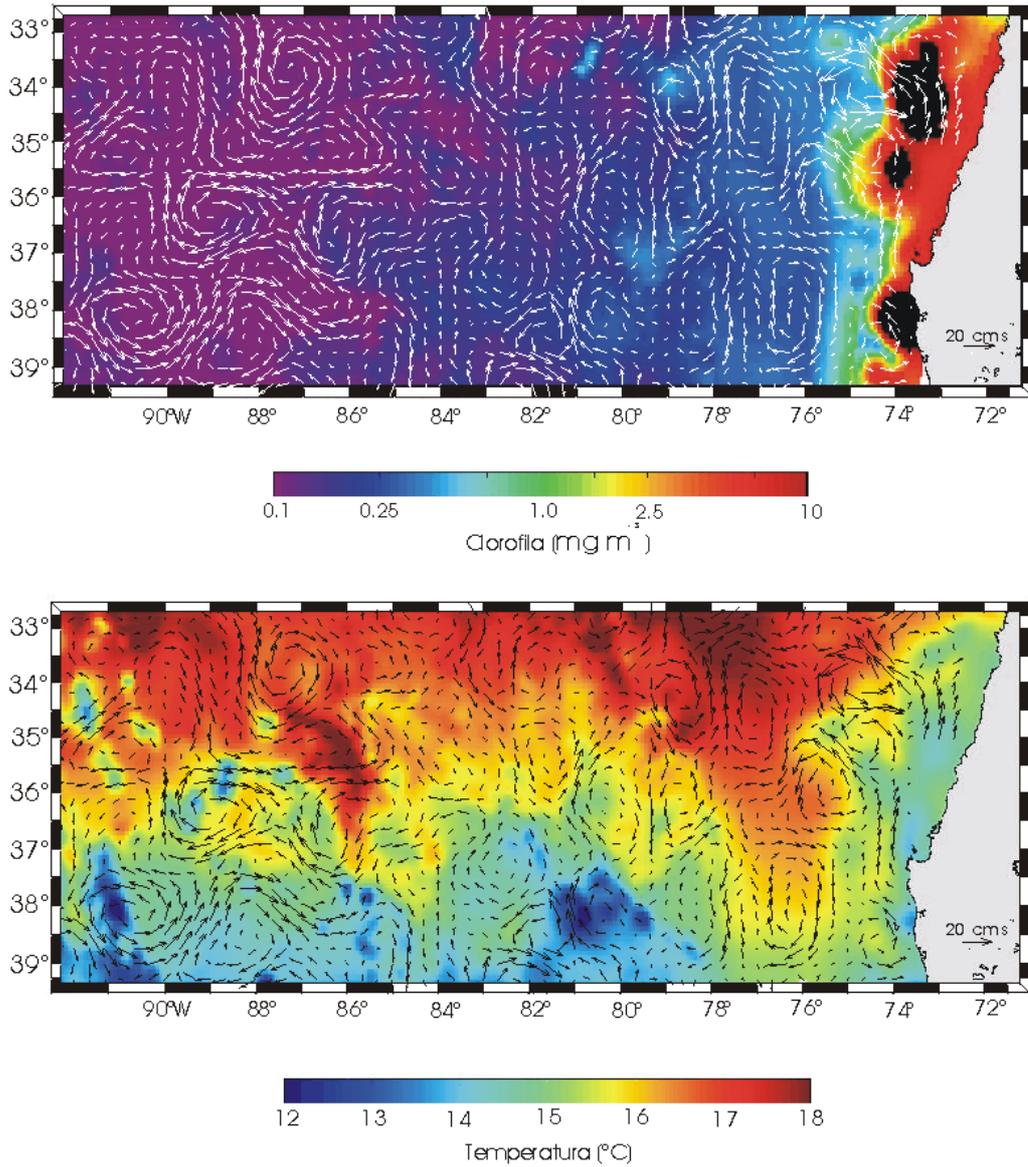


Figura 2. Distribución superficial de Clorofila satelital (panel superior) y Temperatura superficial del mar (panel inferior), correspondientes al 25 de noviembre de 2005. Sobrepuesto a la clorofila y temperatura satelital, proveniente del sensor MODIS – AQUA, se encuentra el campo superficial de corrientes geostroficas, estimadas a través de datos de altimetría (ver detalle de calculo en Hormazábal et al., 2004). La información de la clorofila y temperatura satelital fue interpolada en tres dimensiones (longitud, latitud, tiempo), mediante el método “inverso a la distancia”.



Referencias (Campo superficial de temperatura, clorofila, corrientes y vientos.

- Agafonov, A.Y., 1994.** Bases Oceanográficas de la formación de las concentraciones comerciales del Jurel en el Pacífico Suroccidental. En Dagoberto Arcos y Alexander S. Grechina Editores. *Biología y pesca comercial del Jurel en el Pacífico Sur*, Inst. Invest. Pesq., Talcahuano Chile, 203 pp.
- Arcos, D., L. Cubillos y S. Núñez. 2001.** The jack mackerel fishery and El Niño 1997-98 effects off Chile. *Progress in Oceanography*, 49: 597-617.
- Arzhanova, N.V., I.P. Kanaeva y N.V. Mordasova, 1994.** Condiciones oceanográficas y base alimenticia de la zona suroriental del Océano Pacífico. En Dagoberto Arcos y Alexander S. Grechina Editores. *Biología y pesca comercial del Jurel en el Pacífico Sur*, Inst. Invest. Pesq., Talcahuano Chile, 203 pp.
- Barría, P., A. Aranis, S. Mora, G. Böhm, V. Catasti, H. Peña, C. González, F. Vejar y A. Hernández. 2001b.** Monitoreo de las capturas de jurel en el 2000. Informe Final FIP 2000-02, IFOP e INPESCA, 93 pp. + Anexos.
- Cáceres. M. 1992.** Eddies and filaments observed in satellite images in front of Talcahuano upwelling area, central Chile. *Sci. Mar.*, 37: 55-66.
- Falkowski, P.G., D. Ziemann, Z. Klber, y P.K. Bienfang, 1991.** Role of eddy pumping in enhancing primary production in the ocean. *Nature*, 353, 55-58, 1991.
- Grechina, A.S., 1994.** Influencia de El Niño de los años 1982-1983 en la distribución de las concentraciones comerciales de Jurel. En: Dagoberto Arcos y Alexander S. Grechina Editores. *Biología y pesca comercial del Jurel en el Pacífico Sur*, Inst. Invest. Pesq., Talcahuano Chile, 203 pp.
- Hormazabal, S., G. Shaffer y O. Leth, 2004.** The Coastal Transition Zone off Chile. *Journal of Geophysical Research*, 109(C01021), doi:10.1029/2003JC001956.
- Kashirin, V.V. Nekrasov, A.A. Nesterov, N.A. Nazarov y D.D. Tormosov, 1994.** Migraciones. En: Dagoberto Arcos y Alexander S. Grechina Editores. *Biología y pesca comercial del Jurel en el Pacífico Sur*, Inst. Invest. Pesq., Talcahuano Chile, 203 pp.
- Leth, O. y G. Shaffer. 2001.** A numerical study of seasonal variability in the circulation off central Chile. *J. Geophys. Res.*, 106, 22229-22248.

- Lutjeharms, J.R.E., F.A. Shillington y C.M. Duncombe Rae, 1991.** Observation of extreme upwelling filaments in the southeast Atlantic Ocean. *Science*, 253, 774-776.
- McGillicuddy, D. J., A. R. Robinson, D. A. Siegel, H. W. Jannasch, R. Johnson, T. D. Dickey, J. McNeil, A. F. Michaels, y A. H. Knap. 1998.** Influence of mesoscale eddies on new production in the Sargasso Sea, *Nature*, 394, 263-266.
- Mizobata K., S.I. Sayito, A. Shiomoto, T. Miyamura, N. Shiga, K. Imai, M. Toratani, Y. Kajiwara y K. Sasaoka, 2002.** Bering Sea cyclonic and anticyclonic eddies observed during summer 2000 and 2001, *Prog. Oceanog.* 55, 65-75.
- Nekrasov, V.V., V.N. Chur, K.V. Kashirin, A.A. Nesterov, N.A. Nazarov y D.D. Tormosov, 1994.** Distribución del Jurel Peruano. En: Dagoberto Arcos y Alexander S. Grechina Editores. *Biología y pesca comercial del Jurel en el Pacífico Sur*, Inst. Invest. Pesq., Talcahuano Chile, 203 pp.
- Thomas AC; M-E Carr y PT Strub, 2001.** Chlorophyll variability in eastern boundary currents. *Geophysical Research Letters*, Vol. 28, No. 18, pp.3421-3424.
- Quiñones, R., H. Muñoz, J. Córdova, M.A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham, M. Rojas, D. Figueroa, M. Sobrazo, L. Soto, P. Dávila, R. Serra, F. Bustos, J. Osses, V. Ortiz, C. Barrera, S. Núñez, M. Herrera, D. Arcos, J. Olea, H. Arancibia, L. Miranda y R. Alarcón. 1994.** Evaluación hidro acústica del stock de jurel en la zona centro-sur, V a IX regiones. Informe Final Proyecto FIP-IT / 94-12. 494 pp.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, M. A. Barbieri, J. Blanco, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Osses, R. Quiñones y H. Robotham. 1994.** Informe Final. Proyecto Evaluación directa del stock de jurel en la zona centro-sur. Instituto de Fomento Pesquero-Instituto de Investigación Pesquera. Fondo de Investigación Pesquera, 276 pp.

13.4 Precisión en los estimados de distribución de frecuencia de tamaño de jurel

Introducción

La información recolectada en cruceros de investigación científica es básica para el conocimiento y comprensión de aspectos biológicos de una especie. El tipo de información que se recopila corresponde generalmente a índices de abundancia relativa o absoluta del stock, estructura de tamaños, composición por edad y condición de madurez entre otros. Esta información se utiliza para el entendimiento de la dinámica espacial y temporal del recurso (**Gødo, 1994; Pennington y Strømme, 1998**). Sin embargo, problemas de capturabilidad asociados al comportamiento de las agregaciones pueden afectar la precisión de las estimaciones obtenidas dada la información. En el caso del jurel (*Trachurus symmetricus*) que es una especie que durante su período de mayor actividad reproductiva correspondiente a la época estival, forma agregaciones dispersas en las aguas oceánicas frente a Chile central (**Sepúlveda et al., 2001; Barbieri et al., 2002; Cubillos et al., 2002**), cubriendo una amplia área de desove superior a 380.000 km². Esta condición, genera incertidumbre en estimados poblacionales como la longitud media, debido a la posible falta de representatividad de las muestras que son difíciles de obtener dadas estas condiciones. Sin embargo, por medio de técnicas de remuestreo se puede cuantificar la precisión de las estimaciones de longitud media y distribución de frecuencias de tamaños de jurel utilizando la metodología propuesta por Pennington et al. (2002) que también recientemente ha sido aplicada al jurel (**Gatica et al., 2003**).

Metodología

Se utilizará la información de los cruceros de prospección pesquera desarrollado por el Instituto de Investigación Pesquera (Inpesca), destinados determinar la condición biológica del jurel en alta mar del 2004. Siguiendo la metodología propuesta por **Pennington et al., (2002)**, se asumirá que los ejemplares capturados en lances de pesca tienen menor variabilidad en sus atributos poblacionales (i.e. longitud media) que la totalidad de los individuos que constituye la población. Por lo tanto, el número de peces muestreados en una determinada estación, contiene menos información del atributo poblacional que M peces seleccionados aleatoriamente en varias estaciones. Por lo tanto, un esquema útil para evaluar la precisión de la información de una muestra de

frecuencia de tamaños, es estimar el número de peces necesarios a muestrear aleatoriamente (tamaño efectivo de muestra) para obtener igual precisión que la generada al utilizar toda la información de frecuencias de la muestra original. Para estimar el tamaño efectivo de muestra es necesario conocer la longitud media y varianza de los ejemplares capturados en las n estaciones (**Pennington y Vølstad, 1994; Folmer y Pennington, 2000**). Luego, considerando que tanto la longitud como el número de peces en una estación son variables aleatorias, la utilización de un estimador de razón es adecuada (**Cochran, 1977**). Así, el estimador de razón, \hat{R} , de la longitud media es:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \hat{\mu}_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

donde:

M_i = el número de peces capturados en la estación i

$\hat{\mu}_i$ = longitud media de los peces en la estación i

n = número de estaciones

La varianza de \hat{R} se define como:

$$var(\hat{R}) = \sum_{i=1}^n \frac{(M_i / \bar{M})^2 (\hat{\mu}_i - \hat{R})^2}{n(n-1)},$$

donde $\bar{M} = \sum_{i=1}^n M_i / n$. Luego, la varianza para la distribución de tamaños (σ_x^2) de

la población, si m_i peces son seleccionados aleatoriamente en cada estación corresponde a:

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} (M_i / m_i) (x_{i,j} - \hat{R})^2}{M - 1}$$

donde el número total de peces capturados durante el crucero es: $M = \sum_{i=1}^n M_i$, y $x_{i,j}$ = la

longitud del j^{th} pez en la estación i . Ahora, si es posible muestrear m peces de forma aleatoria desde la población, entonces la varianza de la media muestral equivale a σ_x^2 / m . Luego, al definir el tamaño de muestra efectivo (m_{ef}), como el número de peces

necesarios a muestrear de manera aleatoria, de tal forma que la media de la muestra posea igual precisión que un estimado basado en una muestra de n estaciones. La expresión utilizada corresponde a:

$$\frac{\hat{\sigma}_x^2}{\hat{m}_{ef}} = \text{var}(\hat{R})$$

De esta forma, por medio de técnicas de remuestreo se estima la precisión en los estimados de longitud media y distribución de frecuencias de tamaños, obteniéndose sub-muestras para generar nuevos estimados poblacionales de estos atributos. La distribución simulada del estimado de \hat{m}_{ef} y \hat{R} , se obtiene seleccionando aleatoriamente un máximo de k peces por estación ($k = 10, 30$ y 100) un total de 500 veces. La rutina de simulación es programada en Visual Basic Excel 5.0. De igual manera, se obtendrán intervalos de confianza del 95% para la proporción de peces cada 2 cm, entre las n estaciones estimándose la proporción de ejemplares por intervalo de clase. Estos resultados serán comparados con los resultados previos obtenidos para los cruceros desarrollados los años 2000 y 2001.

Resultados

El análisis de precisión para los años 2000, 2001 y 2004, indica que para el jurel, el tamaño efectivo de muestra sólo fue similar para el 2000, donde fueron muestreados 1109 ejemplares, indicando el análisis que el tamaño efectivo de la muestra correspondió a 1096. Para el año 2001, el número de muestras fue 1370, siendo este número superior al tamaño efectivo estimado en 355. Para el último año de la serie, se obtuvo el mayor número de ejemplares muestreados de la serie total con 4865 individuos, correspondiendo el tamaño de muestra efectiva a 896 (**Tabla 1**).

La longitud media (\hat{R}) de la muestra para el año 2000 fue de 27,25 cm con un intervalo de confianza al 95% entre 26,66 y 27,84. En el año 2001, el valor de \hat{R} fue 28,19 cm con un intervalo de confianza entre 27,82 y 28,56. Finalmente el año 2004, el \hat{R} fue 32,10 cm con un intervalo de confianza al 95% entre 31,90 y 32,32, siendo este año mayor a los estimados de los años previos.

La distribución de frecuencias de \hat{m}_{ef} y \hat{R} muestra el efecto de la reducción del número de muestras en los estimados. Así para el año 2000 con un máximo de 30 peces ($k = 30$), se hubiesen seleccionado estocásticamente en cada estación, un total de 958 ejemplares habrían sido suficientes en lugar de 1109, para el año 2001 un total de 339 individuos en vez de 1370 y para el año 2004 un total de 882 ejemplares en lugar de los 4865 analizados (**Figura 1**). En resumen, para toda la serie se ha logrado un tamaño de muestra representativo de la condición del jurel, estando siempre el tamaño de muestra real sobre el tamaño de muestra efectivo, lo cual asegura que el atributo de la población es adecuadamente estimado.

Discusión

Las estimaciones bootstrap, para evaluar la precisión en las estimaciones de longitud media, muestran que una reducción en el número de peces muestreados en cada estación, no afecta de manera significativa la precisión en las estimaciones. Para el total de la serie analizada se puede observar que el tamaño efectivo de la muestra es bajo, siendo posible que la alta similaridad entre los peces contenidos en la muestra con respecto a la población la que genera que el tamaño efectivo de la muestra sea bajo. Por otra parte, otro factor que podría influenciar la estimación de tamaño efectivo de muestra, es la escasa variabilidad en la densidad de peces en el área de estudio (**Pennington et al., 2002**)

Los resultados basados en la serie analizada permiten concluir que en condición reproductiva es suficiente un tamaño de muestra entre 355 y 1096. Por lo tanto, si no se presentan cambios importantes en la estructura de tamaños esta condición debería permanecer, por lo cual se deberá mantener tanto el diseño del muestreo, como las condiciones y parámetros bajo los cuales se recolecta la información.

Tabla 1. Resumen de estadísticos para la evaluación de la precisión de los estimados de longitudes de jurel. El tamaño muestral efectivo es denotado por \hat{m}_{ef} , \hat{R} es el estimado de la longitud media, $var(\hat{R})$ es la varianza.

Año	Número de estaciones	Número de muestras	\hat{R} (cm)	$Var(\hat{R})$	\hat{m}_{ef}
2000	14	1109	27,25	0,17	1096
2001	18	1370	28,19	0,58	355
2004	54	4865	32,10	0,64	896

Tabla 2. Intervalos de confianza para la longitud media y tamaño efectivo de muestra en función de diferentes sub-muestras

Características		2000			2001			2004		
Tamaño sub-muestra		K=10	K=30	K=100	K=10	K=30	K=100	K=10	K=30	K=100
Longitud media (cm)	Estimado	27,27	27,27	27,25	28,18	28,18	28,19	32,22	32,10	32,13
	L _{inferior}	26,66	26,88	26,9	27,58	27,82	27,84	31,74	31,90	31,98
	L _{superior}	27,84	27,58	27,59	28,86	28,56	28,58	32,48	32,3203	32,21
Tamaño de muestra efectivo	Estimado	784	958,23	960,24	307,06	339,2	336,84	821,053	882,88	894,19
	L _{inferior}	392,53	583,84	584,16	213,89	268,67	259,36	747,64	812,928	883,231
	L _{superior}	1649,37	1476,22	1461,3	469,32	424,38	433,08	963,261	955,837	881,12

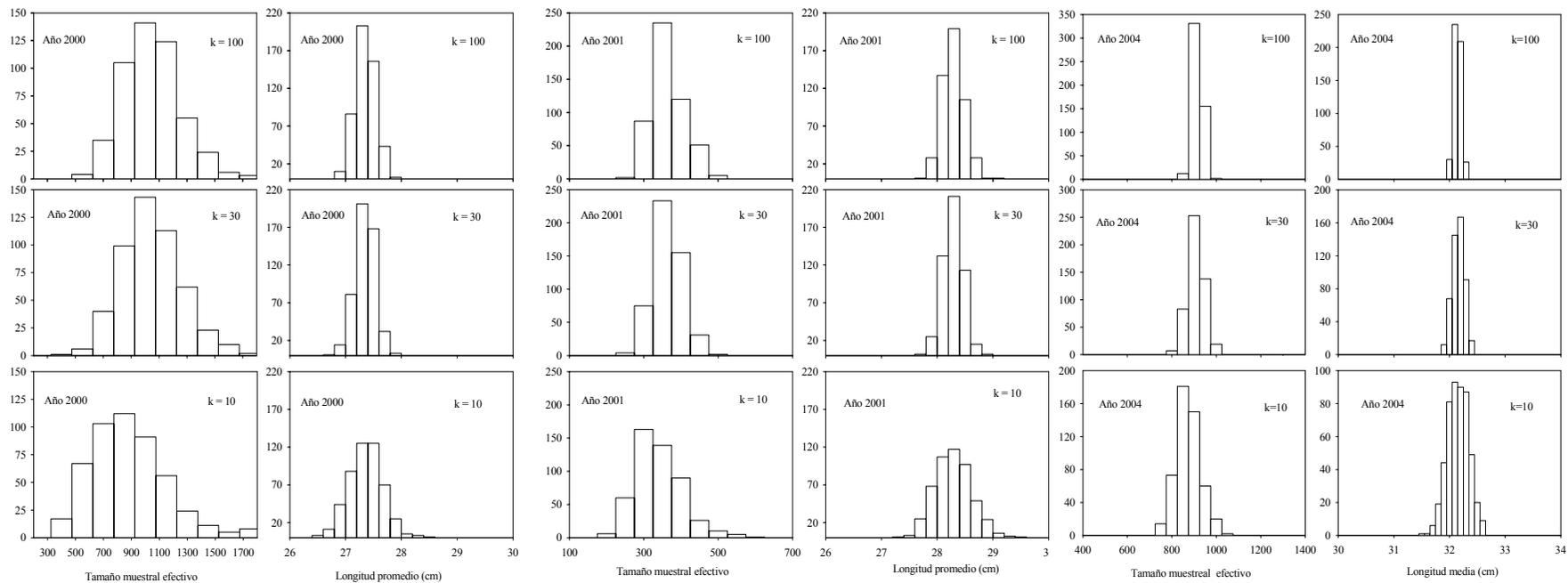


Figura 1. Distribución estimada para el tamaño muestral efectivo, m_{ef} y longitud media \hat{R} , para los años 2000, 2001 y 2004

Referencias (Precisión en los estimados de distribución de frecuencia de tamaño de jurel)

- Barbieri, M.A., M. Espejo, J. Córdovay J. Osses. 2002.** Caracterización de la distribución espacial de las agregaciones de jurel. En: L. Cubillos (Ed) Condición Biológica del jurel en alta mar, año 2001: 122-150. Pre- informe final. FIP 2001-12, 183 pp.
- Cochran, W.G. 1977.** Sampling techniques. John Wiley and Sons, New York, 428 pp.
- Cubillos, L., Barbieri, M.A., Oyarzún, C., Gacitúa, S y G. Aedo. 2002.** Condición biológica del jurel en alta mar, año 2000. Informe Final, Proyecto FIP 2000-10, 171 p.
- Folmer, O y M. Pennington. 2000.** A statistical evaluation of the design and precision of the shrimp survey off West Greenland. Fish. Res, 49: 165 –178.
- Gatica, C., C. Alarcón y L. Cubillos. 2003.** Análisis de la precisión en los estimados de distribución de frecuencias de tamaños de jurel, crucero de desove 2000 y 2001, Revista Investigaciones Marinas; Volumen 31(2):101-106.
- Gødo, O.R. 1994.** Factors affecting the reliability of groundfish abundance estimates from bottom trawl surveys. Marine fish behaviour in capture and abundance estimation. In: A. Ferno and S.Olsen (Eds). Fishing News Books, Farnham, UK. 166-199.
- Pennington, M. y T. Strømme. 1998.** Surveys a research tool for managing dynamic stocks. Fish. Res., 37: 97-106.
- Sepúlveda, A., L. Cubillos, S. Núñez, T. Canales, D. Bucarey, M.A. Barbieri, J. Córdova y M. Espejo. 2001.** Condiciones biológica del jurel. Informe Final FIP 99-14, Fondo de Investigación Pesquera, Instituto de Investigación Pesquera-Instituto de Fomento Pesquero 245 pp+ Anexos y figuras.
- Pennington, M., L.M. Burmeister y V. Hjellvik. 2002.** Assessing the precision of frequency distributions estimated from trawl-survey samples. Fish. Bull.,100: 74-80.
- Pennington, M. y J.H.Vølstad. 1994.** Assessing the effect of intra-haul correlation and variable density on estimates of population characteristics from marine surveys. Biometrics, 50: 725-732.

13.5 Determinación de la talla de primera madurez sexual

La estimación de la talla de primera madurez sexual, se realizará mediante la asignación de individuos maduros e inmaduros considerando los estados de madurez diagnosticados en forma microscópica de las gónadas. De esta forma se incluirán como maduros a todos aquellos ejemplares con ovarios que presenten ovocitos en maduración o con algún grado de formación de vitelo. En la estimación se aplicará el criterio de L_{50} , que corresponde a la longitud donde el 50% de las hembras se encuentran maduras, para lo cual se utilizará el ajuste mediante la Función Logística.

La expresión que describe la curva de madurez según la función logística es:

$$P(l) = \frac{1}{1 + e^{(\beta_1 + \beta_2 * l)}}$$

donde:

$P(l)$ = proporción de individuos maduros a la longitud "l"

β_1 y β_2 = coeficientes de posición de la función logística (constantes)

Posteriormente el cálculo de la talla de la primera madurez deriva de la siguiente expresión que representa la talla a una proporción de madurez dada:

$$l_p = \frac{1}{\beta_2} \ln\left(\frac{1}{P} - 1\right) - \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

Donde los parámetros β_1 , β_2 fueron definidos previamente, P corresponde a la proporción de madurez y l_p representa la longitud a una proporción de madurez dada (**Hosmer y Lemeshow, 1989**). Con la expresión anterior es posible determinar la talla de primera madurez sexual utilizando para ello el criterio $L_{50\%}$, asumiendo entonces que $P = 0,5$, por lo que la expresión anterior se simplifica y queda reducida a:

$$l_{50\%} = -\frac{\beta_1}{\beta_2}$$

Finalmente, el intervalo de confianza asintótico es obtenido utilizando el método "Bootstrap percentil", a través de la técnica de simulación Monte Carlo incluida en el algoritmo MATSIM (Roa *et al. fide* Roa y Tapia, 1998).

1.2.5.-Talla de primera madurez sexual (Sobreoferta)

En la Oferta Técnica se comprometió la determinación de la ojiva de madurez para las hembras de jurel considerando la determinación de los estados de madurez microscópicos. Sin embargo, como se presenta en la **Tabla 1** la ausencia de ejemplares inferiores a 23 cm de LH, no permitió tener el límite inferior de la curva para realizar el ajuste, pues en la talla inferior lograda la proporción de maduros y inmaduros fue de 0,5:0,5. Este hecho pone de manifiesto la necesidad de dedicar un mayor esfuerzo en la obtención de ejemplares de tallas inferiores para realizarlo en una futura ocasión. Además, se observa que a partir de los 34 cm LH la totalidad de las hembras están maduras.

Tabla 1. Número y proporción de ejemplares maduros e inmaduros mediante histología por cm de longitud horquilla en hembras de jurel.

LH	Inmaduros		Maduros	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
23	1	50,00	1	50,00
24	5	29,41	12	70,59
25	6	14,63	35	85,37
26	1	1,61	61	98,39
27	4	4,40	87	95,60
28	0	0,00	113	100,00
29	1	0,70	142	99,30
30	4	3,31	117	96,69
31	1	0,97	102	99,03
32	0	0,00	77	100,00
33	2	4,35	44	95,65
34	0	0,00	24	100,00

Instituto de Investigación Pesquera

FIP 2004-33 "Condición biológica de jurel en alta mar, año 2004"

35	0	0,00	13	100,00
36	0	0,00	17	100,00
37	0	0,00	15	100,00
38	0	0,00	16	100,00

Referencias (Talla de primera madurez sexual en jurel)

Hosmer, D.W y S. Lemeshows. 1989. Applied logistic regression. John Wiley and Sons, New York.

Roa, R y F. Tapia. 1998. Spatial differences in growth and sexual maturity between branches of a large population of the squat lobster *Pleuroncodes monodon*. Mar. Ecol.Prog.Ser., 167:185-196.

14 ANEXO

TALLER CONDICION BIOLOGICA DE JUREL EN ALTA MAR, AÑO 2004

FIP 2004-33



Instituciones Participantes

- 1) Instituto de Investigación Pesquera
- 2) Instituto de Fomento Pesquero
- 3) Universidad Católica de la Santísima Concepción

Lugar: Auditorio Instituto de Investigación Pesquera

Presentaciones

1. 09:50-10:20 Presentación FIP 2004-33 "Condición biológica del jurel en Alta Mar, año 2004"

Expositor Sr. Dagoberto Arcos Rojas (INPESCA)

2. 10:20-10:40 Distribución de huevos y larvas de jurel

Expositor Sr. Sergio Nuñez (INPESCA)

3. 10:50-11:10 Distribución y estructura de las agregaciones de jurel.

Expositor Sra. Maria Angela Barbieri (IFOP)

4. 11:20-11:30 Estructura de tamaños, proporción sexual, alimentación.

Expositor Sr. Hernán Rebolledo (INPESCA)

PAUSA-CAFÉ

Charla Experto Internacional:

Nuevos métodos estadísticos para mejorar el MPDH

Sr. Miguel Bernal (IEO, España)

5. 14:00-14:30 Indicadores Reproductivos. Fecundidad y frecuencia de desove

Expositor Sr. Javier Chong (UCSC)

6. 14:40-14:50 Producción Diaria de huevos

Expositor Patricia Ruiz (INPESCA)

7. 15:00-15:10 Estimación de Biomasa Desovante

Expositor Patricia Ruiz (INPESCA)

8. 15:20-15:30 Estructura de edad del stock desovante

Expositor Mario Aguayo (INPESCA)

9. 15:40-15:50 Implicancia del estudio para la evaluación del stock

Expositor Aquiles Sepúlveda (INPESCA)

10. 16:00-17:00 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES FINALES DEL TALLER

Participantes Invitados:

Sr. Miguel Bernal (Instituto Español de Oceanografía), mail: miguel.bernal@cd.ieo.es

Sr. Rubén Pinochet, Consejo de Investigación Pesquera, Valparaíso, mail: rpinochet@subpesca.cl

Sr. Maximiliano Alarma, SPK & San José, mail: malarma@coloso.cl

Sr. Mario Acevedo G., Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, mail: macevedo@subpesca.cl

Participantes del Equipo de Trabajo del proyecto:

Sr. Dagoberto Arcos Rojas, Inpesca, Talcahuano, mail: darcos@inpesca.cl

Sr. Hernán Rebolledo, Inpesca, Talcahuano, mail: hrebolledo@inpesca.cl

Sr. Claudio Gatica Molina, Inpesca, Talcahuano, mail: cgatica@inpesca.cl

Sr. Sergio Núñez, Inpesca, Talcahuano, mail: snunez@inpesca.cl

Srta. Patricia Ruiz, Inpesca, Talcahuano, mail: prui@inpesca.cl

Sr. Aquiles Sepúlveda, Inpesca, Talcahuano, mail: asepulveda@inpesca.cl

Sr. Rubén Alarcón, Inpesca, Talcahuano, mail: ralarco@inpesca.cl

Sr. Francisco Contreras, Inpesca, Talcahuano, mail: fcontreras@inpesca.cl

Sr. Mario Aguayo, Inpesca, Talcahuano, mail: maguayo@inpesca.cl

Sr. Carlos González, Inpesca, Talcahuano, mail: cgonzales@inpesca.cl
Sra. María Angela Barbieri, IFOP, Valparaíso, mail: mabarbieri@ifop.cl
Sr. José Córdova, IFOP, Valparaíso, mail: jcordova@ifop.cl
Sr. Rodolfo Serra, IFOP, Valparaíso, mail: rserra@ifop.cl
Sr. Javier Chong, UCSC, Talcahuano, mail : jvchong@ucsc.cl
Sr. Samuel Hormazabal. Universidad de Concepción, mail: sam@profc.udec.cl
Sr. Christian Ibáñez. UCSC, mail: cibanez@ucsc.cl
Srta. María Cecilia Pardo. UCSC, mail: ganclarilla@ucsc.cl
Srta. Paola Gonzales. UCSC. mail:paogonza@udec.cl
Sr. Ricardo Chong. UCSC, mail: rchong_follert@hotmail.com

ASISTENTES

Carolina Alarcón M, Universidad de Concepción, mail: calarcon@gmail.com
Claudio Castillo Jordan, Universidad de Concepción, mail: ccastilloj@gmail.com
Pedro Pizarro, Universidad de Concepción, mail: ppizarro@udec.cl
Enrique Cisterna, PESQUERA ITATA.
Gustavo Aedo, Universidad de Concepción, mail: gaedo@udec.cl
Carlos Puga P, PESQUERA CAMANCHACA S.A.
Raimundo Gallegos A. South Pacific Korp S.A.
Diana Parraga, Universidad de Concepción, mail: dparraga@udec.cl
Alejandra Lafon, Universidad de Concepción, mail: alafon@udec.cl
Katty Riquelme C, Universidad de Concepción, mail: kriquelme@udec.cl

Recomendaciones experto Internacional

(M. Sc. Miguel Bernal, Instituto Español de Oceanografía)

Marco conceptual:

El presente taller es parte integral de las actividades del Proyecto FIP 2004-33, con el objeto de analizar y discutir las condiciones biológicas de jurel en la época y área de desove año 2004, y establecer criterios metodológicos para estandarizar y comparar indicadores.

Las bases del proyecto exigen la asistencia de un experto internacional y, en este contexto se contó con la participación de Sr. Miguel Bernal (Instituto Español de Oceanografía)

La participación del experto internacional se desarrollo no solo en el taller realizado el día 12 de mayo de 2005, donde se presentaron y discutieron los resultados del proyecto, sino que paralelamente los días 10, 11 y 13 de mayo, se trabajó internamente con investigadores del Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano. En este trabajo se revisaron tanto desde el punto de vista conceptual como de herramientas y métodos el MPDH. Este análisis se trabajo sobre la base del Working Document for the ICES SGSBSA, Pasajes (Spain), 11-13 November 2004. Using R to obtain estimates of _sh Daily Egg Production (v 0.0.3)¹, de los autores: Miguel Bernal, Yorgos Stratoudakis, Leire Ibaibarriaga and Mbulelo Dopolo.

Producto de esta interacción se pudo evaluar el desempeño y concordancia de las estimaciones realizadas por Inpesca, visualizándose también algunos elementos metodológicos que en futuras repeticiones del proyecto permitirán una mayor precisión en las estimaciones como es el uso de un modelo multinomial para la asignación de edad de los huevos y por otra parte el uso de Modelos Aditivos Generalizados (GAM) para la modelación de la producción de huevos.

Participación Taller:

El experto internacional participo activamente durante el desarrollo del taller como observador de las presentaciones, y también con una presentación denominada: Nuevos métodos estadísticos para la mejora del MPDH. En esta presentación, el investigador presento sus puntos de vista con respecto al método y las mejoras incorporadas recientemente en el marco del trabajo del ICES.

Los tópicos generales a los cuales apunto fueron:

Precisión:

- Insuficiente número de muestras – alto costo
- Variabilidad espacial de los parámetros estudiados

Requerimientos:

- Número de huevos por estadio y superficie
- Área representada por cada unidad de muestreo
- Modelo de desarrollo, basado en experimentos de incubación
- Método de datación de huevos (y asunciones asociadas)
- Modelo de producción/mortalidad de la población

Problemas Generales al MPDH

- Problemas de muestreo:

Delimitación en horizontal (extensión) o en vertical (profundidad)

Estimación de volumen/área muestreada: Flujómetros, efectividad

Estimación de área representada por las unidades de muestreo (costa)

Problemas de triaje o asignación de estadios

CONCLUSIONES PRINCIPALES

Del Modelo de datación:

- Modelo de Lo: Asunción de sincronidad muy fuerte

- Método bayesiano: permite combinar la información de una forma probabilística, permite - Introducir los errores en la datación en la estimación de varianza total.

Curva de producción:

- Problema de sesgo en las colas.
- Modelo tradicional: Varianza alta, pesos por mayor varianza?
- GLM: Permite tratar los datos mas correctamente, familia binomial negativa asigna los pesos correctos directamente.
- Modelado espacial (GAM): Disminución de la varianza, distribución espacial de la producción. Permite predecir distribución biomasa desovante en el espacio.

CONCLUSIONES FINALES DEL TALLER EN DISCUSION AMPLIADA

Se ratifica la importancia del proyecto y en particular de este tipo de estudios para el mejor conocimiento e investigación del recurso jurel tanto desde el punto de vista científico como estratégico y de manejo de los intereses nacionales con respecto de este recurso altamente migratorio.

Por esto se valora el éxito alcanzado por el alto número de embarcaciones participantes y compromiso, al realizar un alto número de lances de pesca, lo cual permitió contar con suficientes muestras tanto en número como en cobertura. Por otra parte, fue posible destinar 2 embarcaciones a un trabajo de tipo adaptativo lo que favoreció el éxito del experimento de huevos lo que en definitiva permito contar con un nuevo modelo para el año 2004.

Con respecto a este último punto, se sugiere mejorar el modelo de asignación de edad basado en **Lo (1985)** el cual presenta el problema de emplear una función paramétrica rígida, asignando una edad promedio a cada estadio. Se recomienda explorar dos modelos: el modelo de Lo generalizado el cual emplea una función no paramétrica y el modelo multinomial el cual genera una distribución de probabilidad de encontrar un huevo en un determinado estadio, lo cual es más cercano a la realidad que presentan los datos de incubación (en general, se observa más de un estadio a una determinada hora de observación, producto de que no todos los huevos presentan la misma tasa de desarrollo).

En lo correspondiente a la estimación de la producción diaria de huevos, se sugiere mejorar dos aspectos: El primero, es el problema de sesgo que se produce al momento de realizar el corte en las colas de la curva de producción. Debido a la falta de disponibilidad de huevos en estadios tempranos de desarrollo (submuestreo), se hace necesario un corte en las edades más tempranas. La magnitud de este corte va a depender de cuál es el rango máximo de hora de puesta observado en las muestras. Se sugiere que esta información se genere a partir de la distribución horaria que presenta el estadio I y de los folículos postovulatorios observados en el crucero. Con respecto al corte de las edades más viejas por encontrarse cercanas a la eclosión, se recomienda incluir en los análisis sólo el 95% de las edades más viejas. El segundo punto, está referido básicamente a la precisión en la estimación de la curva de producción. Se recomienda realizar un GAM para disminuir la alta varianza observada en el método tradicional, además de la obtención de una distribución espacial de la producción. Este método permite además, predecir una distribución de Biomasa Desovante en el área de estudio.

Las características de la información en conjunto con las estimaciones de densidad de huevos y larvas de jurel, sumadas a la información de seguimiento y la correspondiente a la condición biológica durante el crucero e indicadores reproductivos, señalan que la fecha de realización fue la óptima en el sentido que se habría cubierto el momento pic del desove en su máximo reproductivo.

Con respecto a la utilización del IGS para el seguimiento de la condición del recurso, se estimó que el IGS presenta mayor relación con estados microscópicos que con estados macroscópicos, razón por la que puede ser usado el IGS como indicador de condición de desove, a la vez que permite reducir costos una vez establecida la relación, siendo este tópico motivo de análisis en futuras repeticiones del proyecto.

En el presente proyecto se intentó determinar la Talla de Primera Madurez Sexual del jurel sobre la base de los EMS determinados por examen de la histología ovárica, sin embargo, la ausencia de ejemplares inferiores a 23 cm de LH no permitió tener el límite inferior de la curva para realizar el ajuste correspondiente. Se recomienda un mayor esfuerzo en la obtención de ejemplares de tallas inferiores para cubrir el mayor rango de tallas posible.

Revisar el descarte de lances que son eliminados con propósitos del muestreo de fecundidad (19 durante el crucero 2004), ya que el análisis se realiza a partir de una aglomeración de la información y no por lance individual. Esto permite cubrir de mejor forma el área de desove, aumentar el número de lances y disminuir el número de muestras por lance.

Sobre la estimación de la frecuencia de desove de jurel, se recomienda un estudio de datación de los folículos postovulatorios y de los distintos grados de atresia. La no datación de los folículos puede llevar a una sobreestimación de los FPO del día 2, producto de que folículos muy viejos pueden confundirse con etapas últimas de atresia. En este sentido el problema de la datación y tiempo de desarrollo de los FPO debe ser analizado en función de las TSM. Una alternativa sería crear una escala de estadios Foliculares y luego una asignación de edades, mediante un procedimiento similar al desarrollado para el modelo de datación de huevos. Por lo tanto, se recomienda realizar experimentos donde se obtengan ejemplares adultos a los cuales se les seguiría el desarrollo de los FPO, esta experiencia podría ser realizada por medio del cautiverio de especies, para lo cual debiera implementarse a bordo las condiciones necesarias.

Con respecto a la estructura de edad del stock desovante, se recomienda extraer los otolitos a toda la fracción observable (incluidos los inmaduros) y luego, a partir de la ojiva de madurez, estimar cual es la fracción desovante de la población. Se sugiere además, para una mejor estimación, la utilización de modelos multinomiales, los cuales generan una distribución de probabilidad de encontrar un individuo en un grupo de edad determinada.

A raíz de la incorporación de la temperatura de 14C° en el análisis de densidad de huevos de jurel para el año 2004, se propuso evaluar mediante incubación en que parte del rango entre los 14 y 17C° se encuentra la mayor concentración de la información (huevos). Lo anterior debido a que se planteó que bajo los 15 – 16C° no se producirían desoves de jurel.

Respecto de la problemática de la falta de cobertura de muestreos en áreas donde existen altas concentraciones de huevos, las cuales quedan cortadas por el diseño espacial de muestreo, tal como fue el caso del crucero del año 2004 y de otros años anteriores. Se propuso que dos barcos extiendan las transectas hacia las zonas descritas anteriormente para próximos cruceros.

Debido a la importancia para el MPDH de muestrear la población desovante completa, se deben analizar a estructura de tallas u otros parámetros de la población entre años para saber si en distintos años se ha muestreado poblaciones completas o sólo fracciones de ellas, debido a que se podría dar la situación que se llegue a muestrear el área de desove antes de que llegue a desovar la totalidad de la población.

En particular, la incorporación por primera vez de la estimación de la biomasa desovante estructurada por edades se consideró de gran importancia, ya que permite conocer aspectos de dinámica de la población asociados a las fluctuaciones de la biomasa desovante y, por lo tanto, conocer si la fuerza de los reclutamientos esta o no asociada con la variabilidad de la biomasa desovante por edad.

Incorporar a los capitanes y pilotos a las charlas con un fin educativo que permita mejorar su disposición y entendimiento de los muestreos en futuros cruceros.

En relación a la evaluación del stock de jurel, se sugiere evaluar la posibilidad de incorporar la estructura desovante por edades al modelo de evaluación de stock.