



**Instituto de
Investigación
Pesquera**

Informe Final

FIP 2005-11

Condición Biológica del Jurel en Alta Mar, año 2005

**Av. Colón 2780,
Casilla 350
Talcahuano**
Tel: +56-41-2920410
Fax: +56-41-2920411
inpesca@inpesca.cl
www.inpesca.cl

Talcahuano - 2008

TITULO DEL PROYECTO : Condición biológica de jurel en alta mar, año 2005

REQUIRENTE : Consejo de Investigación Pesquera (CIP)
Fondo de Investigación Pesquera (FIP)
Presidente CIP: Jorge Chocair Santibañez
Secretario Ejecutivo: Rubén Pinochet Polastri

UNIDAD EJECUTORA : Departamento de Pesquerías
Instituto de Investigación Pesquera
Director: Aquiles Sepúlveda Oróstica

UNIDADES SUBCONTRATADAS : Instituto de Fomento Pesquero
Director: Ramón Figueroa González

Universidad Católica de la Santísima Concepción
Rector: Juan Cancino Cancino

JEFE PROYECTO : Aquiles Sepúlveda Oróstica
Biólogo Marino
Instituto de Investigación Pesquera
Casilla 350, Talcahuano, Chile
Tel.: 56-41-920410
Fax: 56-41-920411
E-mail: asepulveda@inpesca.cl

FIP 2005-11

**CONDICIÓN BIOLÓGICA DE JUREL EN ALTA MAR, AÑO
2005**

Jefe Proyecto

Aquiles Sepúlveda Oróstica

AUTORES

Aquiles Sepúlveda

Patricia Ruiz

Rubén Alarcón Muñoz

Sergio Núñez

Claudio Gatica

María Angela Barbieri

José Córdova

Javier Chong

Paola Gonzáles

Hernán Rebolledo

Mario Aguayo

Patricio Torres

Luis Bustos



**Instituto de
Investigación
Pesquera
Octava Región**

Talcahuano (Chile), 2008.-

PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA

PROFESIONAL	TÍTULO	FUNCIÓN
Aquiles Sepúlveda O.	Biólogo Marino	Jefe de Proyecto. Coordinación. Modelos asignación de la edad. Crucero de adultos. Asignación de edad. Modelos GAM. Informes
Dagoberto Arcos R.	Oceanógrafo	Relacion ambiente recurso. Oceanografía
Claudio Gatica	Biólogo Marino	Estimación de varianza. Evaluación de tamaños de muestra adultos y estaciones. Análisis de sensibilidad. Informes.
Sergio Núñez E.	Biólogo Marino	Oceanografía e ictioplancton. Informes. Análisis relación ambiente- recurso.
Patricia Ruiz	Biólogo Marino	Ictioplancton. Asignación de edades a huevos. Experimento de incubación a bordo. Clasificación de estadios de desarrollo. Condición macroscópica de madurez. Análisis sensibilidad
Rubén Alarcón	Biólogo	Análisis espacial de la densidad de huevos y larvas. Geoestadística. Informes.
Mario Aguayo	Biólogo Marino	Estimación biomasa desovante por edad. Informes.
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.
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. Muestreo y análisis de muestras de estómago.
Gonzalo Padilla F.	Biólogo Marino	Crucero, revisión muestras planctónicas.
Patricio Torres	Biólogo Marino	Crucero. Ictioplancton. Clasificación de estadios de desarrollo.
José Giacaman	Biólogo Marino	Crucero.
Robinson Torres	Técnico	Crucero.
Francisco Gómez	Técnico	Crucero.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

PROFESIONAL	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.
Roberto Bahamonde	Ingeniero Pesquero	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

PROFESIONAL	TITULO	FUNCION
Javier Chong L.	Lic. Biología	Condición reproductiva. FPO, fecundidad.
Paola Gonzáles K.	Lic. Biología	Condición reproductiva. FPO.
María C. Pardo G.	Lic. Biología	Fecundidad
Christian Ibañez	Biólogo Marino	Fecundidad
Ricardo Chong F.	Biólogo Marino	Condición reproductiva.

EXPERTOS INTERNACIONALES Y NACIONALES

PROFESIONAL	FUNCION	PARTICIPACION	INSTITUCION
Miguel Bernal	Análisis, interpretación y discusión de resultados	Modelos GAM y análisis de resultados MDPH	Instituto Español de Oceanografía (Laboratorio de Cádiz) España
Andrés Uriarte	Análisis, interpretación y discusión de resultados	Estructuración de la biomasa desovante por edades Taller	AZTI España
Gabriel Claramunt	Análisis, interpretación y discusión de resultados	Revisión metodologías y estimaciones de los FPO y fracción desovante	Universidad Nacional Arturo Prat, Iquique

(Página en blanco)

1 RESUMEN EJECUTIVO

Se comunican los resultados finales relativos al desarrollo del crucero de prospección de huevos y larvas, y de adultos de jurel en alta mar, realizado en noviembre de 2005. Las actividades de terreno consideraron dos etapas, la primera realizada entre los días 22 de noviembre y 02 de diciembre de 2005, correspondiente al crucero de estimación de abundancia de huevos y larvas de jurel, lo que contempló la utilización de 10 naves de pesca industrial que cubrieron simultáneamente un área de estudio localizada entre los 33°00'S - 38°40'S y los 75°00'W - 92°00'W. La segunda etapa, correspondió específicamente a la búsqueda de zonas potenciales de pesca, la colecta de huevos y larvas en áreas más costeras y a la mantención de la vigilancia reproductiva de adultos de jurel y así también incrementar el número de observaciones de estructura y de parámetros reproductivos; estas observaciones fueron llevadas a cabo entre los días 12 y 20 de diciembre de 2005. El muestreo sistemático durante el crucero, fue realizado por 9 embarcaciones que efectuaron un total de 18 transectas separadas cada 20 millas náuticas y estaciones dispuestas cada 18 millas náuticas a lo largo de cada transecta, simultáneamente una embarcación operó en un esquema de tipo adaptativo destinado a la búsqueda de zonas de mayor abundancia de huevos y larvas de jurel. En total se efectuó un total de 786 lances planctónicos verticales para evaluar la abundancia de huevos y larvas, además se efectuaron 180 lances estratificados con redes provistas de sistemas de cierre para evaluar la distribución vertical de huevos y larvas en un total de 45 estaciones dispuestas en minigrillas de muestreo efectuadas por 3 de las naves.

Para el área prospectada, la TSM reveló un rango térmico entre los 13,4 y los 20,7 °C. Aguas más cálidas (> 18°C) fueron detectadas al norte de los 34°S y al oeste de los 84°W. Estos rangos de temperatura superficial representan zonas en las cuales se ha encontrado las mayores abundancias de huevos de jurel en estudios previos. La distribución horizontal de la TSM evidenció aguas más cálidas hacia el sector noroccidental (al norte de los 34°S y al oeste de los 84°W), evidenciando TSM superiores a 18°C. Las isotermas de 17°C y 16°C se verificaron hacia los 35°S y 37°S de latitud, respectivamente, expresándose a lo ancho del toda el área de prospección sin evidenciar gradientes zonales de importancia. Destaca el dominio de variaciones meridionales con presencia de aguas cálidas en gran parte del sector norte (<37°S), y aguas más frías (< 14,5°C) restringidas hacia el sector suroccidental (al sur de los 38°S). La anomalía de la TSM comparada en el período 1998-2005, revela para el mes de noviembre de 2005, la presencia de anomalías positivas (aguas más cálidas, 0,2-0,4 °C) dominando gran parte del sector de estudio, patrón de distribución rompe la tendencia de dominio de anomalías negativas (aguas más frías) en la región de estudio, que se venía verificando desde al menos desde el mes de noviembre de 2001.

El comportamiento espacial de los vientos muestra, aunque con alta variabilidad, un patrón de rotación anticiclónico (especialmente los días 23, 24, 25 y 26 de noviembre), expresado generalmente al

norte de los 36°S y entre la costa y los 90°W. En el sector central del área de prospección se observó magnitudes bajas en la mayoría de los casos. Por su parte, la turbulencia evaluada en noviembre de 2005 reveló un patrón similar a lo informado para los años 1999, 2003 y 2004, con valores menores a $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ en gran parte del área prospectada, lo que contrasta con las variaciones zonales importantes informadas para el período 2000-2002 que presentaron valores mayores hacia la costa. El campo de velocidades geostroficadas muestra un gran número de corrientes de meandros vinculadas principalmente a la zona cercana a la costa (74° - 77°W), intensificándose al norte de los 34°S y al sur de los 37°S con velocidades superiores a 25 cm/s. La zona oceánica (>77°W) presenta flujos perpendiculares con velocidades medias de 8–10 cm/s y gran presencia de giros ciclónicos y anticiclónicos que pueden contribuir a los procesos de mezcla somera y enriquecimiento en el sector oceánico. La distribución espacial de clorofila-a evidenció alta variabilidad zonal debido a la banda costera de concentraciones mayores a 3 mg m^{-3} , presencia de filamentos de clorofila-a que se extienden desde la costa y hasta aproximadamente las 60-80 mn, un rango intermedio, situado entre las 60 y las 360 mn desde la costa, de concentraciones entre 1 y 2 mg m^{-3} , y, bajos valores en el sector oceánico (>80°W) con concentraciones menores a $0,5 \text{ mg m}^{-3}$, donde no se verifican variaciones zonales ni meridionales. El campo vertical de la temperatura mostró un leve gradiente zonal, con aguas más cálidas ($> 17,5^\circ\text{C}$) en los primeros 30 m de la columna de agua a partir de los 87°W y hacia el oeste. La termoclina se situó entre los 20 m (sector costero) y los 40 m de profundidad (sector oceánico). Bajo los 60 m se verificó un claro gradiente zonal con aguas más frías ($< 12,5^\circ\text{C}$) hacia el sector oriental (transecto s 35°S).

El área de desove alcanzó a 208.180 mn^2 , siendo 32,3% menor que el área de desove observada en el año 2004 ($=307.400 \text{ mn}^2$), para similar período de evaluación (noviembre). La zona de mayor ocurrencia de huevos y de larvas se registró hacia el sur de los 35° S, lo que justifica la decisión de desarrollar este crucero más al sur que en años anteriores. La densidad de huevos de jurel ocupó el 61,0% del área total de evaluación, no difiriendo sustancialmente de la proporción de área ocupada en noviembre de 2004 ($= 62\%$). En el caso de las larvas de jurel, el área ocupada alcanzó a 62,1% del área estudiada, porcentaje superior al informado para noviembre de 2004 ($= 57,8\%$). La distribución espacial de huevos de jurel presentó una amplia cobertura, disminuida respecto del año 2004, con núcleos de mayor densidad al sur de los 35°30'S y hacia el oeste de los 80°W. Destacó también un núcleo costero centrado en los 35°30'S y los 76°40'W, con densidades superiores a $1000 \text{ huevos } 10 \text{ m}^{-2}$. Por el contrario, el sector situado al norte de los 35°S y al oeste de los 81°W, evidenció la virtual ausencia de huevos de jurel, contrastando con el patrón de distribución informado para cruceros anteriores. Para el caso de las larvas, la cobertura espacial fue similar, con núcleos de mayor densidad ($>800 \text{ larvas } 10 \text{ m}^{-2}$) hacia el borde occidental del área prospectada, frente a los 36° de latitud. A diferencia de los huevos, destaca la presencia de tres núcleos ($>500 \text{ larvas } 10 \text{ m}^{-2}$) en el sector noroccidental.

Las estaciones positivas para huevos de jurel representaron un 41,6% de las estaciones realizadas, porcentaje inferior al reportado para el crucero anterior (2004), constituyendo el valor más bajo reseñado para el período histórico evaluado (1997-2005). La densidad de huevos en las estaciones totales (98,4 huevos 10m^{-2}) y positivas (236,7 huevos 10m^{-2}), también fueron, en general, menores a las informadas para cruceros anteriores. Para el caso de las larvas, las estaciones positivas representaron un 46,8%, porcentaje inferior a lo informado para 2004, pero sin constituir el valor más bajo para la serie analizada. La densidad de larvas correspondió a 86,9 larvas 10m^{-2} y 185,8 larvas 10m^{-2} , para las estaciones totales y positivas, respectivamente. Las densidades fueron inferiores a las informadas para el período 1998-2001, mayores a lo reportado para 1997 y 2003, y similar a la del año 2004. La producción diaria de huevos para el año 2005 fue de 99,4 ind 10m^{-2} , con una tasa de mortalidad de $0,4\text{ d}^{-1}$.

Para el crucero de noviembre de 2005, se encontró ausencia de asociación significativa ($p>0,05$) entre la densidad de huevos y larvas de jurel con la temperatura superficial del mar y la velocidad de corrientes en el. Por el contrario, se verificó un grado de preferencia ambiental (asociaciones significativas) por intensidades de viento superiores a 6,3 m/s y 6,7 m/s para huevos y larvas, respectivamente, y valores de turbulencia superiores a 350 m^3/s^3 (sólo para el caso de las larvas). El análisis histórico (1998- 2005) revela un rango de preferencia ambiental para la TSM indicando, con información de siete cruceros en el área de desove frente a Chile central, que huevos y larvas de jurel muestran preferencia por aguas cálidas, con TSM superiores a $16,2^\circ\text{C}$ (para huevos) y mayores a $16,9^\circ\text{C}$ (para larvas). Los datos integrados para el período 1998-2005 revelaron, por otra parte, asociaciones no significativas con las variables intensidad de viento e índice de turbulencia.

Durante este crucero se efectuaron 47 lances de pesca, siendo sólo 17 de ellos positivos muestreándose un total de 2.789 ejemplares para el muestreo biológico. El rango de tamaño fue amplio (23 a 52 cm LH), con moda centrada en los 31 cm LH y un 0,1% de ejemplares bajo los 26 cm LH. Si bien se contó con una muestra reducida de lances positivos, los parámetros reproductivos pudieron ser estimados adecuadamente. Para verificar la continuación del proceso de desove y actividad reproductiva en este recurso, se realizó una segunda etapa de recolección de material biológico abordo (12 al 20 de diciembre), para asegurar una cantidad suficiente de hembras potenciales para determinar fecundidad. Se destaca el potencial existente para poder desarrollar experimentos de datación del proceso de desarrollo y degeneración de los folículos post-ovulatorios. Este tipo de experimentación contribuirá de sobremanera en el procedimiento de estimación de la fracción desovante en este recurso.

La proporción de estómagos con contenidos alcanzó a los 53,2 %. Se encontró 9 ítem presa en el contenido estomacal del jurel a partir de muestras de estómagos ($n = 1.231$ ejemplares) colectados a bordo de naves industriales. El principal ítem presa encontrado fueron los eufáusidos con un valor de (IIR = 3,59), dominando tanto en número (67,6 %), peso (74,8 %) como en frecuencia de aparición (27,5),

seguido por la fuerte presencia de salpas, copépodos y mictófidios. El IIR por año revela a los eufáusidos como la presa dominante dentro del espectro de presas que componen la alimentación del jurel. Al comparar la similitud trófica entre años, este revela un porcentaje de similitud de 74,8 %, lo que demuestra patrones alimenticios similares, destacando a los eufáusidos como la presa principal en toda la serie de tiempo.

La distribución espacial de jurel muestra que este se ubicó ampliamente en toda la zona de estudio, predominando los ecotrazos de abundancia "baja". 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 (IC), fue de 3,29%. El área sur (36°01' a 38°40' LS) presenta un incremento del IC hacia el sector oceánico, situación que también es observada a través del Índice de presencia de ecotrazos (IPE). La altura media de los ecotrazos fue de 17,6 m y fluctuó entre los 17,3 m para la clase "baja" y los 22,6 m para la clase "media", mientras que para los tipos de agregaciones, la altura media varió desde 15,1 m para el tipo individual a 19,3 m para las agregaciones tipo disperso. La profundidad media de los ecotrazos alcanzó los 55,5 m, con un rango que fluctuó entre los 13,4 m para la categoría "alta" y de 58,3 m para la categoría "media". Los ecotrazos tipo cardumen estuvieron más someros a 21,3 m profundidad promedio y los de tipo estratos, disperso e individual bajo los 43 m promedio de profundidad.

En áreas de alta densidad de huevos las agregaciones de jurel se encuentran a mayor profundidad en relación a zonas de baja densidad de huevos, estos resultados son consistentes con los encontrados en el periodo 1997 -2004. El índice de Gini (IG) de los huevos de jurel es 0,821 y del jurel 0,967, indicando que en el año 2005 la distribución de los huevos y del jurel es gregaria. El índice sintético del área de alta densidad de huevos (IA) es bajo, sólo alcanza a 1,2 y la densidad total de huevos es de sólo 98,56 ind 10m⁻² estos valores indican baja presencia de huevos y una baja presencia de áreas de alta densidad. Estos indicadores presentan un cambio importante en el patrón de distribución del jurel y sus huevos obtenidos en el periodo 1997 – 2004, lo que permite sugerir que a nivel de mesoescala existe un cambio en la distribución del jurel en el área prospectada.

La biomasa desovante estimada para el área evaluada fue de 1.042.706 de toneladas (CV=36%). Esta estuvo compuesta por una baja presencia de individuos de los GE III y menores, y tiende a mantener la estructura etaria de los adultos que se observó en el 2004. En el año 2005 siguen siendo relevantes 4 clases anuales: la 2001 (GE IV), 2000 (GE V), 1999 (GE VI) y 1998 (GE VII).

A partir del análisis de reconstrucción y estimación de las fechas de nacimiento de las larvas de jurel que fueron colectadas durante el crucero, se evidencia una mayor contribución en los nacimientos de los días 12 a 16 de noviembre. Este resultado permite inferir que el crucero fue realizado con posterioridad a un máximo importante de desove.

TABLA DE CONTENIDOS

1	RESUMEN EJECUTIVO	7
2	OBJETIVO GENERAL	26
3	OBJETIVOS ESPECIFICOS	26
4	RESULTADOS ESPERADOS	26
5	ANTECEDENTES	27
	5.1 HIPOTESIS DE TRABAJO	31
	5.1.1 Con respecto a la distribución y zonas de producción de huevos:	31
	5.1.2 Con respecto a la distribución y agregaciones del recurso	31
6	METODOLOGIA	33
	6.1 AREA Y EPOCA DE ESTUDIO	33
	6.2 DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTONICO	34
	6.3 HUEVOS Y LARVAS DE JUREL	36
	6.3.1 Muestras planctónicas	36
	6.3.2 Estimación de índices de abundancia de huevos y larvas de jurel	38
	6.3.3 Índices de abundancia de huevos y larvas	40
	6.3.4 Experimentos de Incubación de Huevos de Jurel	42
	6.3.5 Análisis de la distribución espacial de la abundancia de huevos	47
	6.3.6 Modelación espacial de la abundancia (GAM)	53
	6.3.7 Relación entre la TSM y los huevos y larvas de jurel	54
	6.3.8 Determinación de la distribución vertical de huevos y larvas	56
	6.4 ESTIMACION DE PRODUCCION DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD	61
	6.4.1 Modelo para asignar la edad a los huevos	61
	6.4.2 Corrección de edad por la hora de colecta	61
	6.4.3 Modelo de estimación producción diaria de huevos	62
	6.4.4 Delimitación del área de desove	64
	6.5 MUESTREO OCEANOGRÁFICO Y CARACTERIZACION AMBIENTAL	64
	6.5.1 Temperatura superficial	64
	6.5.2 Viento superficial	66
	6.5.3 Velocidades geostróficas	67

6.5.4	Clorofila-a _____	67
6.5.5	Estructura vertical de la columna de agua _____	68
6.6	DISEÑO DE MUESTREO DE ADULTOS _____	68
6.6.1	Diseño de muestreo de adultos _____	68
6.6.2	Relación longitud-peso y peso promedio de hembras maduras _____	71
6.6.3	Proporción sexual y estados de madurez sexual macroscópicos _____	72
6.6.4	Índice gonadosomático _____	74
6.6.5	Análisis microscópico de la condición reproductiva de jurel _____	74
6.6.6	Fecundidad parcial _____	76
6.6.7	Fecundidad parcial por hembra madura y fecundidad media poblacional _____	77
6.6.8	Caracterización de los folículos postovulatorios de jurel _____	78
6.6.9	Fracción de hembras maduras desovantes _____	79
6.6.10	Determinación de la talla de primera madurez sexual _____	81
6.6.11	Vigilancia reproductiva y Monitoreo Post-desove _____	82
6.6.12	Experimentos de mantención a bordo de jurel para datar Folículos Postovulatorios FPO _____	84
6.7	ALIMENTACION _____	88
6.7.1	Obtención de las muestras _____	88
6.7.2	Análisis de la información _____	89
6.7.3	Índice de Importancia Relativa _____	91
6.7.4	Similitud Trófica _____	91
6.8	CARACTERIZACION DE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL _____	92
6.8.1	Ecoprospección _____	92
6.8.2	Ecosonda _____	94
6.8.3	Sonar _____	95
6.8.4	Distribución espacial de las agregaciones de jurel _____	96
6.8.5	Morfología de las agregaciones y distribución batimétrica _____	98
6.8.6	Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel y huevos _____	99
6.8.7	Análisis de estructura espacial y asociaciones _____	101
6.9	ESTIMACION DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL _____	102
6.10	COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE _____	103
6.10.1	Muestreo _____	104
6.10.2	Abundancia en número por grupo de edad _____	105
6.10.3	Proporción a la edad (Pa) _____	106
6.10.4	Abundancia por grupo de edad en el stock desovante _____	107

6.10.5	Peso medio a la edad _____	108
6.10.6	Biomasa desovante por grupo de edad (Ba) _____	108
7	<i>RESULTADOS</i> _____	109
7.1	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA TEMPERATURA _____	109
7.1.1	Datos de terreno (registros de termómetros abordo) _____	109
7.1.2	Información satelital _____	110
7.2	Vientos superficiales _____	119
7.3	Turbulencia y Transporte de Ekman _____	122
7.4	Campo de velocidades geostróficas _____	123
7.5	Distribución espacial de clorofila-a _____	126
7.6	Campo de distribución vertical _____	129
7.7	Distribución y abundancia de huevos y larvas de jurel _____	134
7.7.1	Area de desove y polígonos de estimación _____	134
7.7.2	Distribución espacial de huevos y larvas _____	135
7.7.3	Modelación de la distribución espacial de huevos y larvas (GAM) _____	142
7.7.4	Relación entre huevos y larvas de jurel y la temperatura superficial del mar _____	145
7.7.5	Estratificación vertical de huevos y larvas de jurel _____	153
7.8	PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD INSTANTÁNEA 157	
7.8.1	Distribución de Estadios de Desarrollo _____	157
7.8.2	Producción diaria de huevos y mortalidad _____	158
7.9	CRUCERO DE ADULTOS _____	160
7.9.1	Estructura de tallas _____	161
7.9.2	Relación longitud-peso _____	164
7.9.3	Colecta de otolitos para analizar la estructura de edad de jurel _____	167
7.10	CONDICIÓN REPRODUCTIVA _____	167
7.10.1	Número de muestras y estructura de tallas del jurel _____	167
7.10.2	Proporción sexual y estados de madurez sexual macroscópicos _____	168
7.10.3	Indice gonadosomático (IGS) _____	171
7.10.4	Análisis histológico de la condición reproductiva de jurel _____	172
7.10.5	Estados de madurez microscópicos _____	172
7.10.6	Fecundidad parcial del jurel durante el periodo de desove _____	177

7.10.7	Talla de primera madurez sexual	180
7.10.8	Condición reproductiva del jurel durante el mes de diciembre	182
7.11	ALIMENTACION	185
7.11.1	Importancia relativa de las presas (IIR)	186
7.11.2	Similitud trófica	189
7.12	CARACTERIZACION DE LAS AGREGACIONES DE JUREL	191
7.12.1	Distribución espacial y batimétrica	191
7.12.2	Distribución batimétrica en el ciclo de las 24 horas	197
7.12.3	Altura y profundidad de las agregaciones	201
7.12.4	Índice de agregación e índice sintético de presencia de huevos	203
7.12.5	Análisis multitemporal de la distribución de ecotrazos de jurel (cruceros 1997 – 2005)	204
7.12.6	Análisis de estructura espacial de jurel y huevos	220
7.13	ESTIMACION DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL	223
7.13.1	Análisis de los resultados	225
7.14	COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE	227
7.14.1	Elaboración de clave edad-talla	227
7.14.2	Proporción a la edad (Pa)	228
7.14.3	Abundancia por grupo de edad (Na)	230
7.14.4	Peso medio por grupo de edad (Wa)	230
7.14.5	Biomasa del stock desovante por grupo de edad (Ba)	231
7.14.6	Biomasa de machos presentes en el área del stock desovante	231
8	DISCUSION	232
9	CONCLUSIONES	243
10	REFERENCIAS	249
11	ANEXOS	259
11.1	TALLER CONDICION BIOLOGICA DE JUREL EN ALTA MAR, AÑO 2005	261
11.2	PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD	270
11.2.1	Asignación Horas Hombre del equipo de trabajo utilizadas hasta este Informe	271
11.2.2	Detalle de muestreos realizados y personal participante	273

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Transectas asignadas a los barcos participantes proyecto FIP 2005-11.	35
Tabla 2. Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.	37
Tabla 3. Estaciones de búsqueda previa a la realización de las minigrillas (PAM Malleco).	59
Tabla 4. Resumen del número de lances planctónicos y estratificados obtenidos en el crucero de Noviembre de 2005.	60
Tabla 5. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden y Raitt, 1975).	70
Tabla 6. Escala de madurez microscópica.	76
Tabla 7. Clases de folículos postovulatorios con sus respectivas características	79
Tabla 8. Resumen de pesca indicando nombre de la embarcación, número de lance, latitud, longitud, hora, temperatura (° C), número de estómagos extraídos y porcentaje de estómagos con contenido.	90
Tabla 9. Grupos de tamaños de <i>T. murphyi</i> definidos cada 5 cm (LH cm).	90
Tabla 10. Sectores en las que se dividió la zona de estudio.	96
Tabla 11. Cruceros utilizados en el análisis multitemporal.	99
Tabla 12. Área (mn ²) de los polígonos de estimación identificados para huevos y larvas de jurel en el área de estudio (noviembre de 2005), según enfoque geoestadístico transitivo.	135
Tabla 13. Parámetros del variograma teórico ajustado a los registros de densidad de huevos (núm/10m ²) y larvas (núm/10m ²) de jurel. Bondad de ajuste: SCR = suma de cuadrados residuales.	136
Tabla 14. Estadística de la distribución de huevos de jurel entre 1997 y 2005. D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) = varianza de la densidad media en estaciones positivas, EE(Dpos) = error estándar; Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima.	138
Tabla 15. Estadística de la distribución de larvas de jurel entre 1997 y 2005. D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos)	

=varianza de la densidad media en estaciones positivas, $EE(D_{pos})$ = error estándar; D_{min} = densidad mínima, D_{max} = densidad máxima. _____ 141

Tabla 16. Parámetros de los modelos GAM aplicados a huevos y larvas de jurel. _____ 145

Tabla 17. Asociación entre huevos y variables ambientales en el área de desove de jurel frente a Chile central. Período 1998-2005. Rango preferencial y significancia estadística (entre paréntesis). 147

Tabla 18. Asociación entre larvas y variables ambientales en el área de desove de jurel frente a Chile central. Período 1998-2005. Rango preferencial y significancia estadística (entre paréntesis). 148

Tabla 19. Densidad de huevos de jurel (ind.10m⁻²) por estrato de profundidad y minigrilla de muestreo vertical. _____ 153

Tabla 20. Densidad de larvas de jurel (ind.10m⁻²) por estrato de profundidad y minigrilla de muestreo vertical. _____ 154

Tabla 21. Producción diaria de huevos y coeficiente de mortalidad total de huevos de jurel, para la serie histórica 1999-2005. _____ 159

Tabla 22. Resumen de los lances de pesca realizados durante el crucero de Noviembre de 2005. 162

Tabla 23. Parámetros de la estructura de tallas de jurel, crucero noviembre 2005. _____ 163

Tabla 24. Frecuencia de otolitos de jurel correspondientes a hembras y machos, crucero 2005. 166

Tabla 25. Número de hembras de jurel muestreadas por embarcación y tipo de muestreo. ____ 167

Tabla 27. Estados de madurez microscópicos por embarcación y lance de jurel hembras. ____ 173

Tabla 28. 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; F. DES 1, 2, 1+2 = fracción desovante FPO 1, 2, 1+2). 176

Tabla 29. Estimación de fecundidad media poblacional para hembras de jurel, durante noviembre 2005. 180

Tabla 30. Número y proporción de ejemplares inmaduros y maduros por cm de longitud horquilla determinados mediante histología en hembras de jurel. _____	181
Tabla 31. Parámetros de la distribución de Frecuencia de tallas, monitoreo diciembre de 2005.	183
Tabla 32. Resumen por año de la estructura de tamaños de jurel, para la caracterización de los ítems alimentarios. _____	186
Tabla 33. Índice de Importancia Relativa (IIR), número (N), peso (P) y frecuencia de aparición (F) total y porcentual de las principales presas de <i>T. murphyi</i> . _____	187
Tabla 34. Índice de importancia relativa (IIR) separado por grupos de tamaños (Grupo-tamaño). ____	188
Tabla 35. Índice de importancia relativa (IIR) por años. _____	188
Tabla 36. Índice de cobertura (IC) de los ecotrazos reportados por la ecosonda en las macrozonas: norte costero, norte oceánico, sur costero, sur oceánico y total zona de estudio, 2005. _____	194
Tabla 37. Número de agregaciones presentes por milla náutica lineal (IPE) y número de agregaciones totales presentes por macrozona. _____	195
Tabla 38. Clusters simples (CS) y Clusters complejos (CC) por: a) macrozona, b) nivel de abundancia y c) tipo de agregación, año 2005. _____	196
Tabla 39. Índice de cobertura estandarizado (Icest) a una hora. _____	200
Tabla 40. Índice de cobertura por ecotrazos y periodo del día (a) e Índice de cobertura estandarizado por ecotrazos y periodo del día (b). _____	201
Tabla 41. Profundidad mínima (Zmin), Profundidad máxima (Zmax), Profundidad Media (Z media) y Altura media por: a) nivel de abundancia y b) tipo de agregación, 2005. _____	202
Tabla 42. Presencia de ecotrazos (%) en la columna de agua a una profundidad superior e inferior a los 100 m, por nivel de abundancia y tipo de agregación. _____	203
Tabla 43. Índice de cobertura por macrozona, 1998-2005. _____	205
Tabla 44. a) Índice de cobertura (IC), profundidad media (Z) y altura media (Alt) de los ecotrazos reportados por el ecosonda, b) Índice de cobertura estandarizado (Icest) y altura media (Alt) de los ecotrazos reportados por periodo del día y c) Número de clusters, profundidad media y densidad de huevos. _____	207

Tabla 45. Profundidad media y porcentaje de agregaciones entre superficie y 100 m. _____	209
Tabla 46. Inferencia de las macro zonas en la profundidad media por año y los post- hoc. Inferencia significativa (*) $P < 0,05$ y no significativa (NS), $P > 0,05$. _____	209
Tabla 47. Índice de presencia de ecotrazos (IPE; Número de agregaciones por milla náutica lineal) y número de clusters para el período 1997-2005. _____	217
Tabla 48. Variogramas ajustados para a) jurel y huevos y b) variograma cruzado. _____	221
Tabla 49. Parámetros reproductivos de jurel y estimación de la biomasa desovante de jurel en aguas alta mar, frente a Chile centro-sur. _____	223
Tabla 50. Covarianza (COVAR) y correlación (CORREL) entre los parámetros reproductivos de las hembras de jurel _____	224
Tabla 51. Comparación entre la biomasa desovante del jurel estimada por el modelo de evaluación y el método de la producción diaria de huevos. _____	225
Tabla 52. Composición por edad-talla en la muestra de hembras maduras (EM3- EM4) de jurel (2005). _____	227
Tabla 53. Composición edad-talla en la muestra de machos de jurel (2005). _____	228
Tabla 54. Parámetros estimados para el stock desovante de jurel por grupo de edad (2005). _____	229
Tabla 55. Biomasa de machos presentes en el área del stock desovante de jurel (2005). _____	229

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de muestreo realizadas en el crucero FIP 2005-11. Noviembre de 2005. _____	35
Figura 2. Distribución espacial de las estaciones de muestreo durante el crucero desarrollado en noviembre de 2005. _____	37
Figura 3. Esquema de cuantificación de sub-áreas que representen estaciones positivas. _____	50
Figura 4. Sistema de cierre de la red WP2 (Gatillo + Mensajero) _____	57
Figura 5. Localización de las minigrillas de evaluación de la distribución vertical de huevos y larvas de jurel	60
Figura 6. Distribución espacial de estaciones de muestreo de temperatura superficial del mar (crucero de noviembre-diciembre de 2005; en rojo: estaciones con perfiles verticales de CTD). _____	65
Figura 7. Zona de pesca jurel registrada en diciembre de 2005 tras el reingreso del recurso. _____	83
Figura 8. Preparación de la bodega de la nave para la mantención de ejemplares vivos. _____	86
Figura 9. Ejemplares de jurel mantenidos en bodegas de una nave pesquera. _____	87
Figura 11. Distribución espacial de lances efectivos de pesca utilizados para la caracterización de los ítems alimentarios de jurel. _____	89
Figura 12. Distribución de transectos en la zona de estudio (Noviembre 2005). _____	93
Figura 13. Tipos de Ecotrazos de jurel. _____	95
Figura 14. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio a partir de datos de terreno. _____	110
Figura 15. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (noviembre-diciembre 2005). 111	
Figura 16. Variación semanal en la distribución espacial de la TSM para el período y área de estudio (Fuente: IGOSS). _____	113
Figura 17. Distribución espacial de TSM en el área de estudio para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005 (Fuente: IGOSS). _____	115

Figura 18. 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, 2004 y 2005 (Fuente: IGOSS).__ 116

Figura 19. (a) Distribución temporal de las anomalías promedio mensuales de TSM para el área de estudio (periodo 1982 a 2005). La flecha indica el mes de noviembre del 2005. (b) Distribución temporal de las anomalías promedio de TSM para el mes de noviembre (periodo 1982 a 2005). 118

Figura 20. Vientos de escaterometría durante el crucero realizado durante noviembre de 2005.120

Figura 21. Vientos de escaterometría durante noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005. _____ 121

Figura 22. Distribución espacial de la turbulencia y del transporte de Ekman para los meses de noviembre de 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005. _____ 123

Figura 23. Distribución espacial del campo de velocidades geostróficas para el mes de noviembre de 2005 en el área de estudio. _____ 124

Figura 24. Distribución espacial del campo de velocidades geostróficas para el mes de noviembre del período 1998-2005 en el área de estudio. _____ 125

Figura 25. Distribución espacial de la clorofila-a para el mes de noviembre de 2005 en el área de estudio. 127

Figura 26. Distribución espacial de clorofila-a para el mes de noviembre del período 1999-2005 en el área de estudio. _____ 128

Figura 27. Secciones verticales de temperatura (T, °C), salinidad (S, psu) y densidad (D, σ_t) para los dos transectos realizados durante el crucero de noviembre de 2005. A) Transecto 33°40'S, B) Transecto 35°00'S. _____ 131

Figura 28. Perfiles verticales de temperatura (°C), salinidad (psu) y densidad (σ_t) para los dos transectos realizados durante noviembre de 2005. _____ 132

Figura 29. Profundidad de la capa de mezcla para los dos transectos realizados durante noviembre de 2005. 133

Figura 30. Mapa que representa la disposición espacial del área de estudio de la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de de jurel (*Trachurus murphyi*) en noviembre de 2005. 135

Figura 31. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de huevos de jurel (*Trachurus murphyi*, huevos/10m²) en el área de estudio en noviembre de 2005. _____ 136

Figura 32. Distribución espacial de la densidad de huevos de jurel (huevos 10m⁻²) en el área de estudio, para el crucero desarrollado en noviembre de 2005. _____ 137

Figura 33. Cambios interanuales de las densidades de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones. _____ 138

Figura 34. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de larvas de jurel (larvas 10m⁻²) en la zona de estudio. _____ 139

Figura 35. Distribución espacial de la densidad de larvas de jurel (larvas 10m⁻²) en el área de estudio, para el crucero desarrollado en noviembre de 2005. _____ 140

Figura 36. Cambios interanuales de las densidades de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones. _____ 141

Figura 37. Densidad de huevos de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar (Noviembre de 2005, las bandas representan intervalos de confianza del 95%).
143

Figura 38. Densidad de larvas de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar (Noviembre de 2005, las bandas representan intervalos de confianza del 95%).
144

Figura 39. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre huevos de jurel (huevos m⁻²) y variables ambientales para el crucero realizado en noviembre de 2005. f(t)= frecuencia acumulada de la variable ambiental. g(t)= frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de huevos, d= diferencia entre g(t) y f(t). S distancia máxima entre f(t) y g(t). P significancia estadística. _____ 149

Figura 40. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas de jurel (larvas m^{-2}) y variables ambientales para el crucero realizado en noviembre de 2005. $f(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental. $g(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de larvas, d = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$. S distancia máxima entre $f(t)$ y $g(t)$. P significancia estadística. _____ 150

Figura 41. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre huevos de jurel (huevos m^{-2}) y variables ambientales para todos los datos integrados desde los cruceros realizados en el período 1998-2005. $f(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental. $g(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de larvas, d = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$. S distancia máxima entre $f(t)$ y $g(t)$. P significancia estadística. _____ 151

Figura 42. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas de jurel (larvas m^{-2}) y variables ambientales para todos los datos integrados desde los cruceros realizados en el período 1998-2005. $f(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental. $g(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de larvas, d = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$. S distancia máxima entre $f(t)$ y $g(t)$. P significancia estadística. _____ 152

Figura 43. Distribución vertical promedio de huevos de jurel (expresados en porcentaje) por estrato de profundidad en cada una de las minigrillas (2-6). _____ 155

Figura 44. 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). ____ 156

Figura 45. Densidad media por estrato de profundidad de huevos de jurel, a) 2004 b) 2005 (se incorpora ajuste exponencial; barras indican 1 d.e.). _____ 156

Figura 46. Número de huevos por estadio de desarrollo de jurel, expresados como porcentaje, para la serie histórica 1999-2005. _____ 157

Figura 47. Número de huevos de jurel por grupos de edad provisionales de medio día. _____ 158

Figura 48. Curva de sobrevivencia de huevos de jurel: Abundancia (N° huevos de jurel /10 m^2) v/s Edad (días). _____ 159

Figura 49. Distribución de los lances de pesca totales. Los círculos de color negro representan los lances positivos ($n=17$). _____ 161

Figura 50. Distribución de frecuencia de tallas de jurel durante el crucero de Noviembre de 2005.	163
Figura 51. Distribución espacial del tamaño modal de jurel en los lances de pesca.	164
Figura 52. Relación longitud peso de <i>T. murphyi</i> para el total de individuos obtenidos en el crucero 2005.	164
Figura 53. Relación longitud peso de <i>T. murphyi</i> para el total de machos obtenidos en el crucero 2005.	165
Figura 54. Relación longitud peso de <i>T. murphyi</i> para el total de hembras obtenidos en el crucero 2005.	165
Figura 55. Histograma de frecuencias de longitud horquilla (LH) de jurel por sexo.	168
Figura 56. Frecuencia porcentual de los estados de madurez sexual macroscópica, para el total de la muestra aleatoria.	169
Figura 57. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópica por embarcación.	170
Figura 58. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópica por embarcación.	170
Figura 59. Variación del IGS promedio con la longitud horquilla correspondiente a la muestra aleatoria total de jurel del área prospectada.	171
Figura 60. Variación de los valores de IGS promedios en relación con los estados de madurez sexual macroscópicos en ovarios de jurel.	172
Figura 61. Proporción de los estados de madurez sexual microscópicos determinados en las hembras capturadas en el crucero del jurel en alta mar.	174
Figura 62. Proporción de los estados de madurez sexual microscópicos por día de muestreos obtenidos en el crucero del jurel en alta mar.	175
Figura 63. Valores promedios de IGS (\pm d.e.) para los diferentes estados de madurez microscópicos.	175
Figura 64. Relación entre longitud horquilla y fecundidad parcial para hembras de jurel.	178

Figura 65. Relación entre la fecundidad parcial y el peso total, para hembras de jurel con gónada hidratada.	178
Figura 66. Relación entre el peso corporal y la fecundidad parcial para hembras de jurel con gónada hidratada.	179
Figura 67. Relación entre el peso eviscerado y la fecundidad parcial para hembras de jurel con gónada hidratada.	179
Figura 68. Distribución geográfica de los lances de pesca efectuados en la semana del 12 al 18 de diciembre de 2005.	183
Figura 69. Estructura de tallas jurel, Diciembre 2005.	184
Figura 70. Frecuencia porcentual de los distintos estados de madurez microscópicos obtenidos durante el mes de diciembre para hembras de jurel.	185
Figura 71. Distribución de frecuencia de tamaños expresada en porcentaje de los individuos utilizados para el análisis de contenido estomacal de Jurel.	186
Figura 72. Dendrograma de similitud trófica en jurel, para 6 grupos de tamaños.	190
Figura 73. Dendrograma de similitud trófica en jurel, entre años.	190
Figura 74. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por: a) ecosonda y b) sonar en la zona de estudio, 2005.	192
Figura 75. Distribución de las agregaciones por nivel de abundancia: a) Alta, b) Media y c) Baja, 2005.	198
Figura 76. Distribución de profundidades en el ciclo de 24 horas y por clase de abundancia y tipo de agregación (año 2005).	199
Figura 77. Frecuencia de distribución de los ecotrazos en el ciclo de 24 horas.	200
Figura 78. Distribución espacial de la densidad de huevos de jurel (noviembre 2005).	204
Figura 79. Índice de cobertura de las agregaciones por macro-zona entre 1998-2005.	206
Figura 80. Distribución de zonas de alta densidad de huevos y profundidad promedio de las agregaciones de jurel, noviembre 2005.	210

Figura 81. Distribución de la profundidad media durante los períodos del día: Orto (O), Día (D), Crepúsculo (C) y Noche (N). Y por macrozonas: Norte costero (NC), Norte oceánico (NO), Sur costero (SC) y Sur oceánico (SO).	211
Figura 82. 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 1998-1999.	213
Figura 83. Índice de cobertura total (IC) e índice sintético de la presencia de huevos (IA).	218
Figura 84. Curva de Lorenz para los cruceros 1997 a 2005	219
Figura 85. Índice de Gini para jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2005.	220
Figura 86. Semivariograma de: a) jurel y b) huevos de jurel c) Variograma cruzado de jurel y huevos.	222
Figura 87. Estructura en número del stock desovante de jurel (NSD) en 2005.	230
Figura 89. Estructura etaria del stock de machos presentes en el área de desove.	239
Figura 90. Estructura por grupo de edad del stock desovante de hembras.	240
Figura 91. Estructura etaria de la abundancia del stock desovante (período 2001-2005).	241
Figura 92. a) Distribución de tallas larvas de jurel, b) Distribución de fechas de desove (n=1517).	242

2 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.

3 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.

4 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.

5 ANTECEDENTES

El jurel, *Trachurus murphyi*, es una especie pelágica de amplia distribución en el Pacífico Sur-oriental y se encuentra formando dos unidades de stocks autosustentables, una localizada esencialmente frente a Perú y la otra frente a Chile; incluyéndose, 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). En esta misma región, desde el año 2002 al 2005 se ha registrado operación por parte de naves de empresas de origen chino y de otras naciones.

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) y Sepúlveda *et al.* (2002) 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).

En la época del desove, la estrategia reproductiva del jurel es dispersarse en una gran área frente a Chile central, entre los 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**). Estudios realizados en la zona centro-sur del país entre 1998 y 2000, permitieron identificar núcleos donde se registraron los valores máximos de desove, los que conjuntamente con estimaciones de la producción anual de huevos dado por **Dejnik et al (1994)**, sugieren la posibilidad de que la fracción desovante en esas aguas pueda ser estimada a partir de la producción diaria de huevos en esa región y a su vez se logre disponer de un índice de abundancia para la evaluación del recurso, de manera independiente de la pesquería.

La evaluación de stock de jurel que se realiza utilizando modelos edad-estructurados (**Serra et al., 2001; Cubillos 2001; Sepúlveda, 2005**), 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, 2003, 2004 y 2005, 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 incorporadas, como índices independientes de la pesquería, a la forma de calibradores de la biomasa en los modelos de evaluación del recurso (**Cubillos, 2002; Gatica y Sepúlveda, 2005; Sepúlveda, 2006**), ya que cambios en la disponibilidad y comportamiento del jurel asociado a la época de máximas capturas, afectan a la evaluación acústica realizada en invierno.

La amplia distribución del recurso y su concentración en focos de abundancia, hace que se presenten importantes cambios en la disponibilidad y en los patrones de agregación del jurel frente a Chile centro-sur, en especial para el período 2002-2005.

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 y pretende mejorar varios aspectos, así como, la interpretación de sus resultados.

En este permanente refinamiento de las estimaciones, además de la biomasa desovante es importante conocer la estructura de edades y por ende que edades contribuyen mayormente en esta fracción. Una forma de conocer el grado de contribución de los 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 edades de la biomasa desovante, permite estimar la fuerza de las clases anuales desovantes y por lo tanto, conocer aspectos de la dinámica de población asociados a las fluctuaciones de la biomasa desovante. Entre otros, conocer si la fuerza de los reclutamientos pudiese estar o no asociada en alguna medida 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*) del Golfo de Bizcaya, donde investigadores del AZTI y de IFREMER (**Uriarte et al. 1999, 2001, 2002**), han aplicado de manera rutinaria esta metodología. En el caso de jurel de la zona centro sur de Chile, se consideró de interés el adaptar esta metodología, de manera que se incluyó como sobreoferta técnica en el estudio de la "Estructura de longitud-edad de la población desovante de jurel" en el proyecto FIP2004-33. Los resultados permitieron concluir que i) se observa una tendencia a la recuperación de la estructura del stock desovante, evidenciado por la importante presencia de grupos de edad mayores de V, lo que aseguraría una mayor presencia de hembras y una mayor

fecundidad y ii) las clases anuales 1995, 1996 y 1997 son relevantes en el año 2003 y continuaron representando buenos aportes en el año 2004.

En necesario destacar que el FIP 2005-11 realizado por el Instituto de Investigación Pesquera, logró la cooperación de la industria pesquera de la zona centro-sur, quienes dispusieron para el proyecto de un total de 10 embarcaciones industriales, realizándose la grilla de muestreo sistemática con 9 embarcaciones, mientras que una embarcación operó bajo 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.

5.1 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**).

5.1.1 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.

5.1.2 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 difícil, obteniéndose generalmente un número bajo de ejemplares. Sin embargo, un análisis de la precisión en los estimados de distribución de frecuencia de tamaños (**Gatica et al., 2003**), indica que las muestras obtenidas son suficientes y representan satisfactoriamente el atributo del recurso en condición reproductiva en aguas oceánicas.

6 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.

6.1 AREA Y EPOCA DE ESTUDIO

El área de estudio fue fijada entre los límites latitudinales comprendidos entre los 33° - 38°40'S y 75° - 92°W, área que fue cubierta por 10 embarcaciones industriales de cerco; donde 9 embarcaciones realizaron transectas sistemáticas, totalizándose 18 transectas y una embarcación operó 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 2005. El muestreo de huevos en el área de estudio se desarrolló entre el 22 de noviembre y el 02 de diciembre de 2005, ya que los antecedentes disponibles señalan que si bien la principal época reproductiva de jurel se extiende entre octubre y diciembre, tiene un máximo en noviembre (**Sepúlveda et al., 2002; Cubillos, 2003**). Luego de concluido el primer crucero, se mantuvo la vigilancia biológica del recurso entre los días 12 y 17 de diciembre de 2005, colectándose ejemplares desde 5 naves, en las cuales se embarcó personal para recolectar huevos y larvas en áreas entre los 34 y 35°S y entre la costa y los 75°W.

6.2 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.

La macro-zona de estudio comprendió la región oceánica, dentro y fuera de la ZEE, frente a Chile centro-sur entre los 75° a los 92° de longitud oeste y latitudinalmente entre los 33°00' – 38°40'S. Participaron 9 embarcaciones las cuales realizaron 2 transectas cada una, completando un total de 18 transectas separadas entre sí por 20 millas náuticas en un esquema de diseño sistemático.

El crucero se inició en los extremos del área a prospectar (transectas 1-4 y 14-18) en los 75 °W y hasta los 92°W y el retorno fue en el centro del área de estudio desde los 92°W (transectas 5-13) hasta los 75°W (**Tabla 1** y **Figura 1**). Esta área, fue seleccionada a partir de la información satelital disponible de las temperaturas superficiales del mar (TSM), definiendo el área principal a cubrir, centrada en la ocurrencia de las isotermas de 16 y 17 °C en el sector central del área de estudio. Debido a que en noviembre de 2005, estas isotermas se manifestaron más al sur con respecto a años anteriores, se decidió orientar la grilla de evaluación más al sur (desde los 33°S).

Adicionalmente a estas 9 naves, una embarcación anexa realizó un muestreo adaptativo con la finalidad de detectar focos de abundancia de huevos de jurel para la realización de un muestreo estratificado de huevos y experimentos de incubación. La ubicación de los muestreos estratificados estuvo basada en zonas donde históricamente existen importantes focos de abundancia de huevos y larvas de jurel (FIP 2000-10, FIP 2001-12, FIP 2002-12 y FIP 2004-33) y la información *in situ* de la TSM recolectada durante el transcurso del crucero. La realización de esta actividad se explica en mayor detalle en el punto relativo a este aspecto.

Tabla 1. Transectas asignadas a los barcos participantes proyecto FIP 2005-11.

TRANSECTA	ESQUEMA	COORDENADA	DIRECCION	PAM
1	sistemático	33°00'S	IDA	CHIVILINGO
2	sistemático	33°20'S	IDA	JAVIER
3	sistemático	33°40'S	IDA	YAGÁN
4	sistemático	34°00'S	IDA	FRANCISCO
5	sistemático	34°20'S	REGRESO	CHIVILINGO
6	sistemático	34°40'S	REGRESO	JAVIER
7	sistemático	35°00'S	REGRESO	YAGÁN
8	sistemático	35°20'S	REGRESO	FRANCISCO
9	sistemático	35°40'S	REGRESO	SANTA MARÍA II
10	sistemático	36°00'S	REGRESO	LIBAS
11	sistemático	36°20'S	REGRESO	MARPRO I
12	sistemático	36°40'S	REGRESO	DON MAURO
13	sistemático	37°00'S	REGRESO	MATÍAS
14	sistemático	37°20'S	IDA	SANTA MARÍA II
15	sistemático	37°40'S	IDA	LIBAS
16	sistemático	38°00'S	IDA	MARPRO I
17	sistemático	38°20'S	IDA	DON MAURO
18	sistemático	38°40'S	IDA	MATÍAS
-	adaptativo	35°00'S	Ida	MALLECO

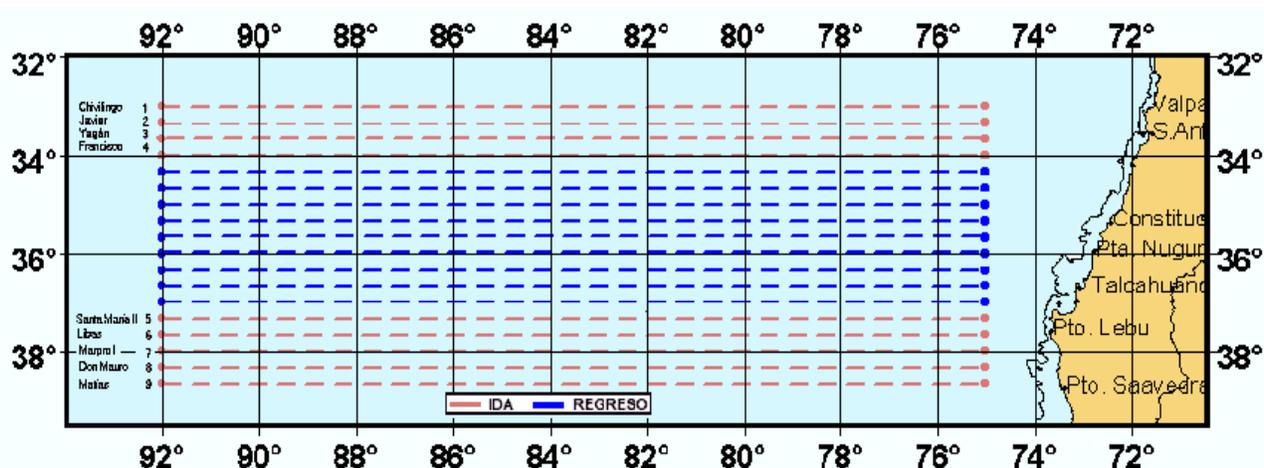


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de muestreo realizadas en el crucero FIP 2005-11. Noviembre de 2005.

6.3 HUEVOS Y LARVAS DE JUREL

6.3.1 Muestras planctónicas

En cada una de las estaciones de muestreo se realizaron arrastres planctónicos verticales desde los 100 m de profundidad hasta la superficie, con redes WP-2 de 303 μm de abertura de poro. 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 borax (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 fueron analizadas bajo estereomicroscopios Zeiss y Japan Optical con el propósito de separar la totalidad del ictioplancton desde cada una de las muestras planctónicas, identificando y separando los huevos y larvas de jurel según los criterios de **Santander y Castillo (1971)**.

Durante el desarrollo del crucero de investigación se realizó un total de 786 lances verticales para la recolección de huevos y larvas de jurel (**Figura 2**). Adicionalmente se efectuaron lances en minigrillas de muestreo para determinar la distribución vertical estratificada de los huevos y larvas.

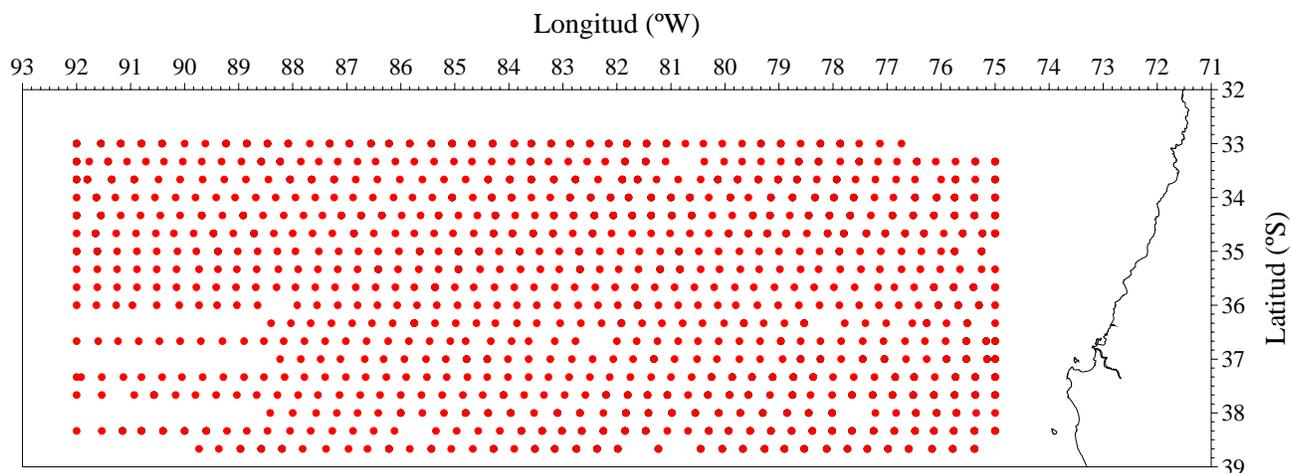


Figura 2. Distribución espacial de las estaciones de muestreo durante el crucero desarrollado en noviembre de 2005.

Los criterios de clasificación de huevos han sido previamente descritos por **Sepúlveda et al., (2001)** sobre la base de **Moser y Ahlstrom (1985)** (Tabla 2). A 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

ESTADIO	CARACTERISTICAS
	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 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 observar 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.
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.

6.3.2 Estimación de índices de abundancia de huevos y larvas de jurel

La abundancia 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 ello, se midió el ángulo de cala de la red, que prácticamente no excedió los 15° debido al peso muerto que fue utilizado para mantener la verticalidad de la operación.

En estos casos, se determinó la longitud del cable necesaria para que alcanzara la profundidad deseada de 100 m. La distancia efectiva recorrida por la red fue multiplicada por el área de la boca de la red para estimar el volumen de agua filtrada por el muestreador. Para llevar

a la unidad estándar, el número de individuos por volumen se multiplicó por la profundidad de muestreo y por un factor de 10, 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 m^2), d es la profundidad máxima del lance (m), w es volumen de agua filtrado (m^3), 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).

6.3.3 Índices de abundancia de huevos y larvas

Con propósitos comparativos, se consideró los siguientes índices para la abundancia de huevos y larvas de jurel (los resultados de estos índices se comparan con los de cruceros previos para el período 1998-2004).

6.3.3.1 Densidad media

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 determinó según la expresión:

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

6.3.3.2 Densidad media de estaciones positivas

Para estimar la densidad media de las estaciones positivas, se utilizó 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:

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

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.

6.3.3.3 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:

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

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:

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

6.3.3.4 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.

6.3.4 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.

El año pasado (FIP 2004-33) fue posible realizar incubaciones de jurel, pero el número de huevos encontrados en estadio temprano de desarrollo sólo fue suficiente para la realización de una incubación , optando por realizar la de la más baja temperatura (14°C). Esta información fue analizada y sumada a la generada el año 2000, generando un nuevo modelo temperatura-dependiente el cual abarcó un mayor rango de temperaturas (14°C a 19°C), empleándose con éxito para la asignación de edad a los huevos de jurel de ese año y para una reasignación de edad a los huevos de jurel de años anteriores (FIP 99-14, FIP 2000-10, FIP 2001-12 y FIP 2002-12).

Sin embargo, se hizo presente la necesidad de repetir esta experiencia, con la finalidad de mejorar las observaciones, tanto en número como en la calidad del dato, razón por la cual el año 2005 se intentó repetir la experiencia. Para ello, a bordo del PAM Malleco y durante el período

en el cual se desarrolló la prospección de huevos y larvas de jurel, se instaló a bordo el sistema de incubación, el cual consistió 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 esteromicroscopio 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, y tal como se reportó en el punto anterior, las zonas de búsqueda de focos de abundancia de jurel no fueron exitosas, no pudiendo contar con un número importante de huevos de jurel que permitieran desarrollar adecuadamente este experimento.

Debido a lo anterior, la asignación de edad a los huevos de jurel se realizó con el modelo generado en el proyecto FIP 2004-33.

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

Finalmente, 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.

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

6.3.5 Análisis de la distribución espacial de la abundancia de huevos

6.3.5.1 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*.

a) 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.

b) 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**).

c) 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*.

d) 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.

6.3.5.2 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 3**):

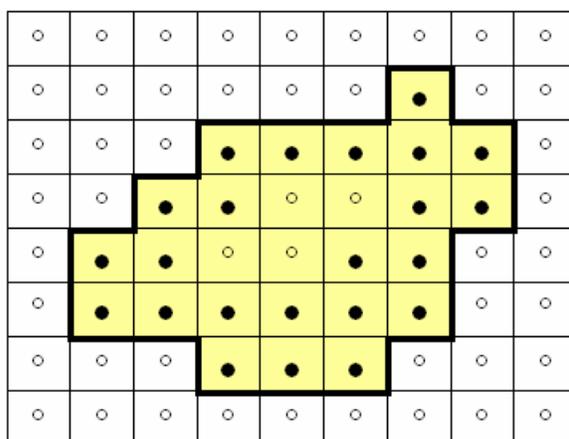


Figura 3. Esquema de cuantificación de sub-áreas que representen estaciones positivas.

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.

6.3.5.3 Estimación del área de desove por geoestadística transitiva

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 espaciamento 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,

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

6.3.6 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.

6.3.7 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:

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

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.

6.3.8 Determinación de la distribución vertical de huevos y larvas

Con el objeto de analizar la distribución vertical de huevos y larvas, se consideró analizar cuatro estratos en la columna de agua: 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. Para analizar la distribución vertical se utilizó el método integrado, consistente en muestrear en una estación fija los diferentes estratos de profundidad.

Esta actividad se realizó mediante el uso de un sistema provisto de un gatillo accionable, el cual a través de un cable de acero de 6,25 mm vía mensajero, dispuesto en un huinche de cada embarcación utilizada, permite cerrar la red WP-2 a la profundidad requerida (**Figura 4**).

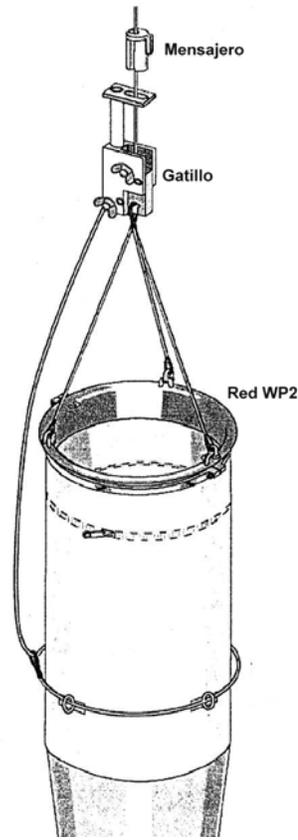


Figura 4. Sistema de cierre de la red WP2 (Gatillo + Mensajero)

Esta actividad contempló el diseño de minigrillas de muestreo, las cuales estaban compuestas por 3 estaciones dispuestas a lo largo de un eje central de latitud determinada, más sus respectivas réplicas tanto al sur como al norte de cada estación central (9 estaciones en total), la separación entre estaciones fue de 5 mn.

La idea original de contar con una embarcación que realice un muestreo adaptativo, es poder realizar estas minigrillas en zonas donde se encuentren importantes focos de abundancia de huevos. La ubicación de las minigrillas en un principio, iban a estar basadas en zonas donde históricamente se han encontrado importantes focos de abundancia de huevos y larvas de jurel, esto es, al W del 80° y entre los 34° S y 35°40' S.

Para ello, la embarcación Malleco, implementó a bordo un laboratorio en el cual se instalaron estereomicroscopios para verificar la presencia de huevos en esas zonas, previo a la realización de las minigrillas. Sin embargo, este año en particular se presentó una baja abundancia de huevos, debiendo realizar alrededor de 30 estaciones planctónicas en busca de focos de abundancia, las cuales no fueron muy exitosas (**Tabla 3**).

Sólo se verificó un pequeño foco de larvas en edad avanzada entre los 86° y 87° W en la latitud 34°40' S y una baja presencia de huevos y larvas de jurel a la altura del 35°40' S entre el 86°W y 83°W. Basados en esta información, más información de TSM *in situ*, se realizaron 3 minigrillas de muestreo en esas zonas.

Con el fin de aumentar el número de observaciones, dos embarcaciones de la grilla sistemática (Chivilingo y Libas) realizaron 1 minigrilla cada una, casi al término de sus correspondientes transectas de ida, las cuales sumadas a las 3 realizadas por el Pam Malleco, se cuenta con un total de 180 muestreos verticales (**Tabla 4 y Figura 5**).

Tabla 3. Estaciones de búsqueda previa a la realización de las minigrillas (PAM Malleco).

Estación	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	TSM	Huevos		Larvas	
						Jurel		Jurel	
1	24-nov	8:00	3400	8000	17,2	-	-	-	-
2	24-nov	10:50	3400	8020	16,8	-	-	-	-
3	24-nov	12:40	3400	8035	17,1	-	1	-	-
4	24-nov	14:35	3400	8058	17,2	-	-	-	-
5	24-nov	16:53	3338	8102	18,1	-	-	-	-
6	24-nov	19:00	3400	8118	18,0	-	-	-	-
7	24-nov	22:10	3420	8131	17,4	-	-	-	-
8	25-nov	1:00	3420	8200	17,5	-	-	-	-
9	25-nov	4:00	3435	8215	17,2	-	-	-	-
10	25-nov	5:30	3435	8230	17,0	-	-	-	-
11	25-nov	7:30	3435	8258	17,5	-	-	-	1
12	25-nov	9:10	3435	8343	17,4	-	-	-	3
13	25-nov	14:02	3434	8343	17,1	-	-	-	-
14	25-nov	17:00	3440	8420	17,4	-	-	-	-
15	25-nov	20:35	3440	8500	17,2	-	-	-	-
16	26-nov	0:00	3440	8535	17,1	-	-	-	-
17	26-nov	2:35	3440	8611	17,2	-	-	-	2
18	26-nov	4:05	3440	8648	17,1	-	-	-	3
19	26-nov	6:05	3440	8725	17,4	-	-	-	4
20	26-nov	13:30	3440	8750	17,2	-	-	-	2
21	26-nov	15:40	3440	8815	17,4	-	-	-	-
22	26-nov	18:00	3440	8840	17,8	-	-	-	-
23	26-nov	19:58	3440	8910	18,1	-	-	-	-
24	27-nov	23:00	3440	8940	18,4	-	-	-	-
25	27-nov	3:32	3440	9000	16,8	-	-	-	10
26	27-nov	0:05	3520	8752	16,2	-	-	-	-
27	28-nov	4:05	3515	8720	16,7	-	3	-	-
28	29-nov	0:00	3530	8510	16,3	-	-	-	2
29	29-nov	2:10	3550	8418	16,1	-	-	-	-

Nota: Entre las estaciones 26 y 29 se realizaron las minigrillas.

Tabla 4. Resumen del número de lances planctónicos y estratificados obtenidos en el crucero de Noviembre de 2005.

Transecta	Pam	Nº Estaciones Planctónicas	Nº Estaciones Estratificadas	Latitud
1	Chivilingo I	42		3300
2	Javier	48		3320
3	Yagán	45		3340
4	Francisco	47		3400
5	Chivilingo I	47	36	3420
6	Javier	48		3440
7	Yagán	46		3500
8	Francisco	46		3520
9	Santa Maria II	47		3540
10	Libas	46	36	3600
11	Marpro I	36		3620
12	Don Mauro	46		3640
13	Matías	36		3700
14	Santa Maria II	47		3720
15	Libas	46		3740
16	Marpro I	33		3800
17	Don Mauro	44		3820
18	Matías	36		3840
	Malleco		108	3500-3600
Total general		786	180	

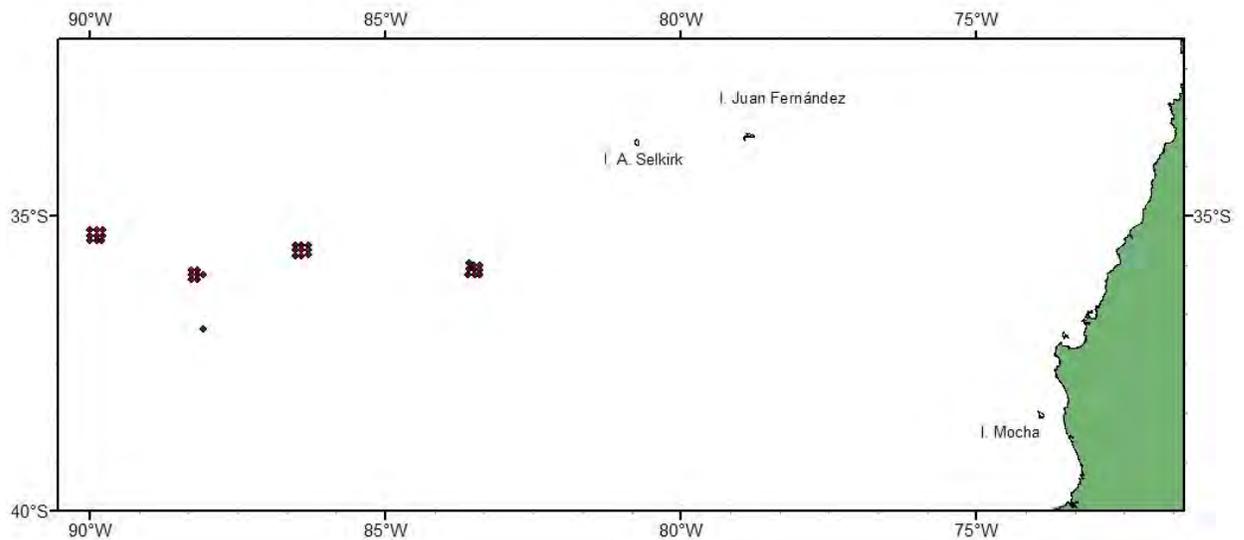


Figura 5. Localización de las minigrillas de evaluación de la distribución vertical de huevos y larvas de jurel.

6.4 ESTIMACION DE PRODUCCION DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD

6.4.1 Modelo para asignar la edad a los huevos

Aunque en el presente crucero no se logró repetir los experimentos de incubación, se cuenta con el modelo generalizado del año 2004, el cual permite obtener la edad promedio de los huevos colectados en los lances de plancton, en función del estadio y la temperatura, i.e.

$$Y_{D,T} = 5.8365 * \exp(-0.0922 * T - 0,1556 * D) * (D)^{2.2773}$$

donde $Y_{D,T}$ es la edad promedio (horas) del estadio D a la temperatura T . Este modelo fue utilizado para estimar la edad promedio de los huevos de jurel, considerando que entre los 14 y 19°C habrá una interpolación de edades, mientras que fuera de estos rangos la edad estimada consistirá en una extrapolación. Sin embargo cabe señalar que las temperaturas encontradas en el área de desove se encontraban dentro de este rango.

6.4.2 Corrección de edad por la hora de colecta

Una vez asignada la edad a la totalidad de los huevos de jurel encontrados en la muestras, 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 estadío-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:

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

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

6.4.3 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 estadío 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.

6.4.4 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 estimó 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.

6.5 MUESTREO OCEANOGRÁFICO Y CARACTERIZACION AMBIENTAL

La caracterización ambiental biofísica del área de desove de jurel fue realizada utilizando información registrada en terreno y derivada de satélites. La información correspondiente a este proyecto se ha contrastado con la variabilidad ambiental exhibida en el período 1998-2004 para el área y período de desove del jurel frente a Chile central. Las variables consideradas para la caracterización ambiental fueron: temperatura superficial del mar (°C), magnitud del viento (m/s), índice de turbulencia (m^3/s^3), magnitud de las corrientes (cm/s) y clorofila-a (mg/m^3).

6.5.1 Temperatura superficial

La temperatura superficial del mar (TSM) fue registrada en cada una de las estaciones de muestreo (**Figura 6**) por medio de termómetros de mercurio de 0,1 °C de precisión. Se efectuaron un total de 886 registros de TSM durante el crucero.

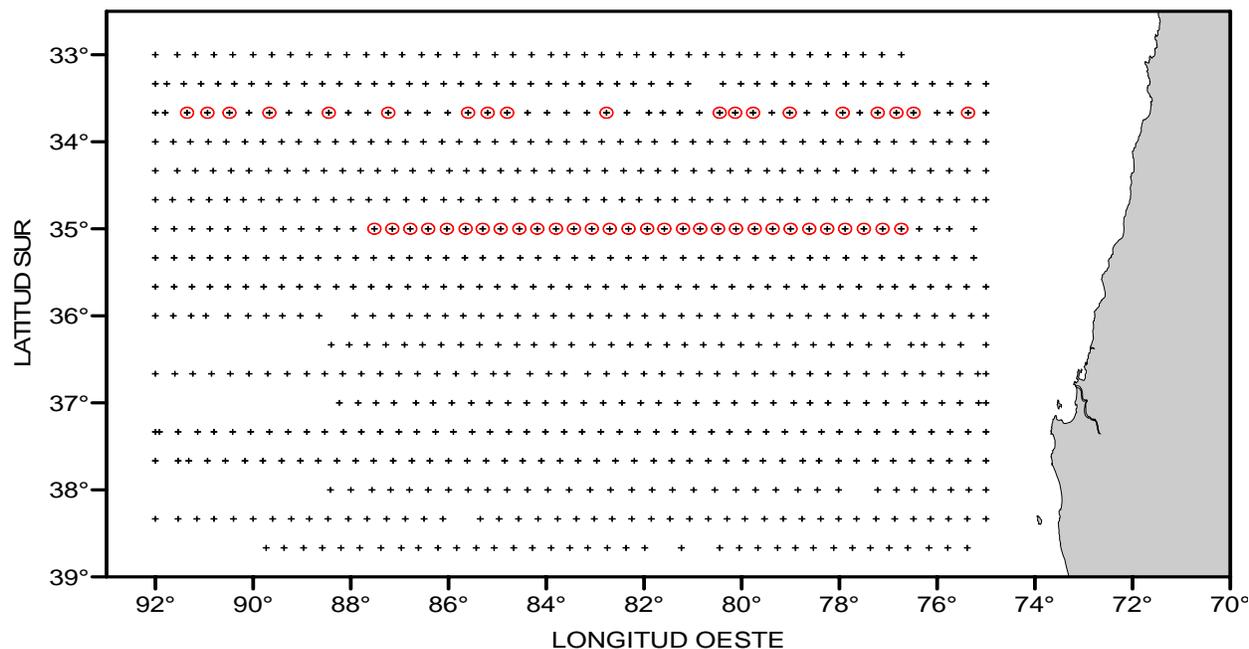


Figura 6. Distribución espacial de estaciones de muestreo de temperatura superficial del mar (crucero de noviembre-diciembre de 2005; en rojo: estaciones con perfiles verticales de CTD).

Además, se analizó la temperatura superficial del mar (TSM) 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; y (b) información de TSM semanal y mensual (y sus anomalías) provenientes del Programa 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 2006, comprendiendo el área 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)”.

La información de TSM fue analizada geo-estadísticamente mediante el software GS+3.1. Se entrega el variograma ajustado y la validación cruzada para los datos de TSM estimados. La carta superficial de la TSM ajustada se realizó en el programa de interpolación Surfer 7.0.

6.5.2 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, y (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 obtuvo las cartas de distribución espacial de los vectores de viento, así como también se calcularon los parámetros asociados al viento (turbulencia y transporte de Ekman).

La turbulencia fue determinada 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.

6.5.3 Velocidades geostróficas

El campo de velocidades geostróficas fue obtenido a partir de información satelital de altura de nivel mar para el mes de noviembre de 2005 (<http://www.aviso.oceanobs.com>). Las imágenes tienen resolución temporal de 3 días y espacial de 1/3 de grado. Con propósitos comparativos también se obtuvo el campo horizontal de velocidades geostróficas para el área de desove de jurel frente a Chile central, correspondiente a los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2003 y 2004.

6.5.4 Clorofila-a

Las imágenes de clorofila a fueron obtenidas del programa Ocean Color Web (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/ftp.html>), para el mes de noviembre correspondiente al período 1999 – 2005.

Para la transformación de los datos (“byte”) en que vienen estructuradas las matrices para cada una de las imágenes, éstos fueron escalados de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Clorofila}_a = (m * \text{data_chl}) + b$$

Donde, m y b corresponden a la pendiente y el intercepto de la curva, respectivamente. (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/DOCS/Ocean_Level-3_Browse_Products.pdf).

6.5.5 Estructura vertical de la columna de agua

La resolución espacial de estas imágenes es de 9x9 Km. La estructura vertical de la columna de agua fue evaluada en dos transectos al interior del área de prospección, situados a las latitudes de 33°40'S y 35°00'S (ver **Figura 5**). Por fallas en una de las sondas oceanográficas durante el crucero, no pudo realizarse un tercer y cuarto transectos originalmente considerados. El registro vertical de la temperatura, la salinidad y la densidad del agua de mar en el sector norte del área de estudio se realizó por medio de una sonda oceanográfica CTD Memory Probe Multipar, evaluando los primeros 100 metros de la columna de agua. Se calculó, además, la profundidad de la capa de mezcla (PCM, Lorbacher et al., 2006) en cada una de las estaciones con perfiles oceanográficos.

6.6 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 Propuesta Técnica, se comprometió el análisis de los indicadores reproductivos siguientes:

- a) Examen macroscópico de la condición reproductiva
- b) Peso promedio de hembras maduras
- c) Proporción sexual
- d) Análisis microscópico de la condición reproductiva
- e) Fecundidad parcial y fecundidad media poblacional
- f) Fracción de hembras desovantes

6.6.1 Diseño de muestreo de adultos

Basados en la experiencia de cruceros anteriores (e.g. FIP 99-14, FIP 2000-10, FIP 2001-12, FIP 2002-12, FIP 2004-33), 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 captura. La estrategia de pesca durante la prospección consistió en realizar al

menos un lance de pesca diario, aprovechando cualquier avistamiento de cardúmenes 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 realizar el 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 de cada embarcación.

a) Muestreo aleatorio

Para cada lance de pesca se realizó un muestreo aleatorio sobre los ejemplares de jurel en la captura obteniéndose 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 macroscópica (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 indicará una mayor actividad reproductiva poblacional.

El muestreo biológico específico de los 70 machos y 70 hembras consistió en registrar la longitud horquilla (LH), el peso total (PT, g) y eviscerado (PE, 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 para análisis al 10% neutralizada con Bórax 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).

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, translúcidos, 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, oscurecidos o translúcidos. Este ovario pasa a la etapa II de esta escala.

b) Muestreo dirigido

Una vez finalizado el muestreo aleatorio, se realizó un muestreo dirigido para obtener un número suficiente de hembras hidratadas con el objeto 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, interesa 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 medirá la longitud horquilla y el peso eviscerado en formularios separados. Las gónadas de estas hembras fueron 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.

6.6.2 Relación longitud-peso y peso promedio de hembras maduras

Se utilizó 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 fueron estimados por medio de regresión no-lineal.

El peso promedio de las hembras maduras será estimado a partir del tamaño fijo de la submuestra 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 su varianza está dada 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.

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^n m_i / n$$

6.6.3 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 a_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, a_i es un valor estimado más que un valor medido directamente. El peso promedio para cada sexo fue estimado para cada lance a partir de la submuestra.

El peso total, de cada sexo en la submuestra, 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 submuestra:

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

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

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 submuestra 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:

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

y, \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.

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 a bordo de las embarcaciones en estados de madurez mediante criterios macroscópicos. 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 (**Tabla 5**; adaptada de **Holden y Raitt, 1975**).

6.6.4 Índice gonadosomático

El índice gonadosomático (IGS) se ha 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.

Las mediciones y el registro de peso de los ejemplares se efectuó a bordo de las embarcaciones, mediante ictiómetros y balanzas de contrapeso; mientras que el peso de los ovarios de las hembras se realizó con posterioridad en el laboratorio (0,01 g) a partir de muestras fijadas en formalina al 10%.

6.6.5 Análisis microscópico de la condición reproductiva de jurel

La condición reproductiva del jurel en aguas oceánicas se realizará a partir de estados microscópicos de madurez y de la fecundidad parcial. Las muestras de ovarios obtenidas a bordo fueron inmediatamente fijadas en formalina al 10% neutralizada con Borax, preparada según la metodología citada 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 ($\text{Na}_2 \text{H PO}_4$), 72 g de fosfato de sodio monobásico ($\text{Na}_2 \text{PO}_4 \text{H}_2\text{O}$), y 1,8 l solución de formaldehído (37 %).

a) Análisis microscópicos

Las gónadas de las hembras preservadas en formalina neutralizada están siendo procesadas en el laboratorio de histología de la Universidad Católica de la Santísima Concepción. Previo al procesamiento histológico se registró el peso de cada par de ovarios utilizando una balanza con una precisión de 0,001 g.

El proceso histológico, consiste básicamente en la preparación de 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 y se emplea para mostrar núcleo celular, se convierte en hamateína por oxidación. La hematoxilina-eosina colorante nuclear (aniónico) y colorante citoplasmático (catiónico).

Las variaciones de la condición reproductiva se determinó a través del análisis de la distribución de los estados de madurez microscópicos (EMMI) de los ovarios, aplicando la escala 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.

6.6.6 Fecundidad parcial

Para la determinación de la fecundidad parcial se aplica 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 (E4) del muestreo dirigido así como los clasificados como hidratados (E4) de los muestreos biológicos fueron sometidos a un examen histológico, para descartar aquellos ovarios con indicios de desove (presencia de FPO), para la estimación de la fecundidad.

Para el recuento de los ovocitos hidratados, 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.

6.6.7 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) versus la longitud horquilla, el peso corporal (peso total menos peso gónada), el peso total y el peso eviscerado, 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.

6.6.8 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 folículos postovulatorios con sus respectivas características

EDAD	APARIENCIA HISTOLÓGICA DEL FPO
FPO nuevos de día 0 (< 24 h)	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.
FPO de día 1 (24 h < FPO 48 h)	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.
FPO de día 2 (> 48 h)	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.

6.6.9 Fracción de hembras maduras desovantes

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 que 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 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.

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

6.6.10 Determinación de la talla de primera madurez sexual

La estimación de la talla de primera madurez sexual, se realizó mediante la asignación de individuos maduros e inmaduros considerando los estados de madurez diagnosticados en forma microscópica de las gónadas. De esta forma se incluyó como maduro 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 & 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 & Tapia, 1998**).

6.6.11 Vigilancia reproductiva y Monitoreo Post-desove

Es sabido que el jurel tiende migrar desde la costa hacia el océano durante los meses de invierno, producto de la actividad reproductiva que realiza esta especie en sectores oceánicos a finales de la primavera (**Serra, 1991; Arcos et al. 2002, Sepúlveda et al. 2002**). Su reaparición en nuestras costas ha ocurrido históricamente a mediados de diciembre, razón por la cual una vez

realizado el crucero de investigación (21 noviembre al 02 de diciembre), la flota industrial de la octava región realizó entre los días 11 al 20 de diciembre, una prospección con la finalidad de encontrar focos de abundancia de jurel.

El área a prospectar se desarrolló en relación a la recurrencia histórica de las zonas de pesca de jurel, verificadas durante diciembre de los años 1995-2004. En la **Figura 7**, se presenta la zona de pesca generada en diciembre de 2005, en donde se registró jurel en nuestras costas entre los 34° - 35° S y entre los 72°30' y los 74° W.

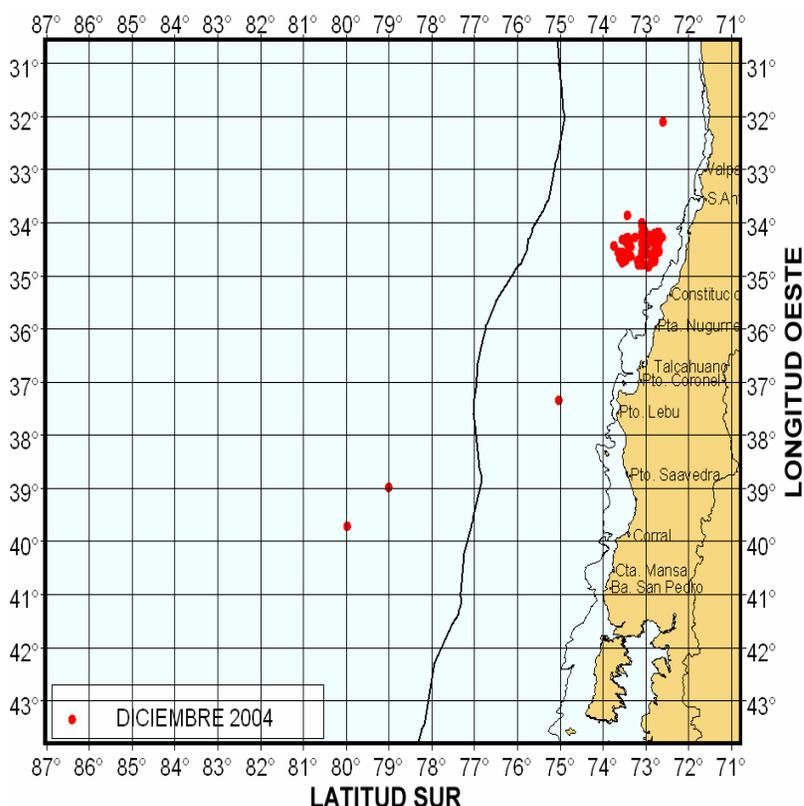


Figura 7. Zona de pesca jurel registrada en diciembre de 2005 tras el reingreso del recurso.

Es por este motivo que personal de Inpesca se embarcó en 4 naves de esa prospección, con la finalidad de recolectar muestras de ejemplares adultos para verificar la condición biológica de este recurso, una vez finalizada la fase inicial de este estudio y el crucero de prospección de huevos y larvas de jurel.

Se colectaron muestras de las primeras 50 hembras de cada lance, a las cuales se les realizó un muestreo biológico completo (peso total, eviscerado, longitud horquilla, EMS). Las gónadas, estómagos y otolitos fueron extraídos y preservados para su posterior análisis en laboratorio. Además, se realizó una distribución de frecuencia de tallas a aproximadamente 150 ejemplares por lance, la cual fue ponderada por la captura de cada lance en número (miles de individuos) y peso (kg).

6.6.12 Experimentos de mantención a bordo de jurel para datar Folículos Postovulatorios FPO

Datación de los Folículos Postovulatorios (FPO)

Una de las recomendaciones importantes generadas en el taller de resultados del proyecto FIP 2004-33, fue la necesidad de contar con un estudio de datación de los folículos postovulatorios y de los distintos grados de atresia. La elevada frecuencia de desove estimada ese año (19%), llevó a concluir que tal vez existió un sesgo en la estimación, ya que es sabido que 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 las etapas últimas de atresia.

Por lo tanto, se hace necesario la creación de una escala de estadíos foliculares y una posterior asignación de edades, mediante un procedimiento similar al desarrollado para el modelo de datación de huevos. Para ello, sería necesaria la mantención en cautiverio de ejemplares adultos de jurel, a los cuales se les seguiría el desarrollo de los FPO por el transcurso de al menos 3 días, a temperatura controlada.

Para determinar el tiempo de desarrollo de folículos Post-Ovulatorios (FPO), se realizaron primeramente experiencias de mantención de ejemplares vivos, a bordo del PAM Marpro I, actividad que fue llevada a cabo durante el desarrollo de las transectas sistemáticas del crucero de investigación y en una segunda etapa durante la fase de exploración entre el 12 y 17 de diciembre.

Colecta de ejemplares

La colecta de los ejemplares se obtuvo de lances de pesca positivos con una captura mayor a una tonelada, esto, para asegurar un número mínimo de 600 ejemplares para el traslado a las bodegas de la nave, las que fueron previamente preparadas para estas experiencias.

Previo a la colecta, se diseñó y construyó una estructura rectangular, de acero galvanizado de 1,5 x 1,5 x 6 m, estructura que fue revestida con red anchovetera, a modo de jaula, e instalada dentro de la bodega de pesca previamente seleccionada para el experimento (**Figura 8**).

La mantención de la temperatura (ambiente) en la bodega se realizó mediante el rebalse y llenado de la bodega, proceso que se llevó a cabo con la ayuda del jefe de máquina de la embarcación. Durante esta experiencia, la temperatura no fue controlada con los equipos de la nave, producto que el mantener una temperatura ideal y constante dentro de las bodegas hacía que se incurriera en gastos de petróleo extras que imposibilitarían el término satisfactorio de otros objetivos del proyecto.

Mantención de los ejemplares

El traslado de los peces desde la red de pesca a las bodegas se realizó con dos alternativas. Con baldes desde cubierta y con utilización de una bomba centrífuga o "Yoma" del barco, resultando la primera opción más eficiente, provocando un menor estrés y menor mortalidad en las primeras horas de la captura (**Figura 9**).



Figura 8. Preparación de la bodega de la nave para la mantención de ejemplares vivos.

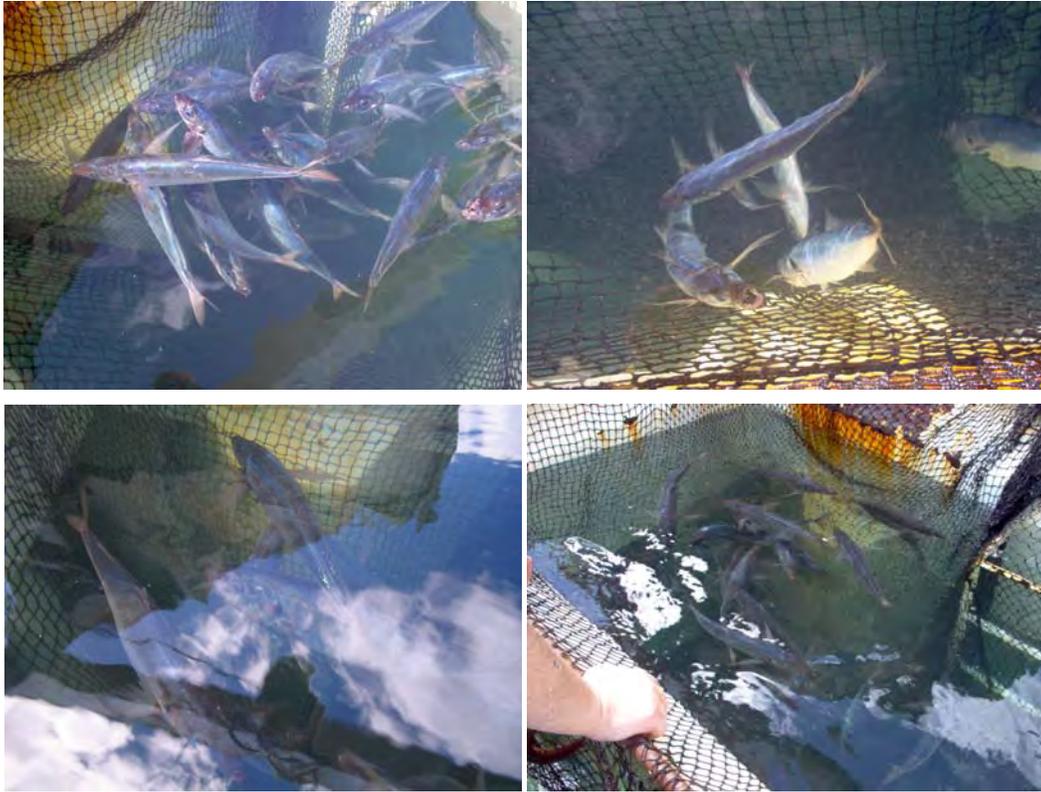


Figura 9. Ejemplares de jurel mantenidos en bodegas de una nave pesquera.



Figura 10. Muestreo biológico de una submuestra de experimentos de datación de FPO.

Ciclo de Trabajo

Obtenidos los ejemplares, se registraron los datos del lance de pesca, con especial énfasis en la hora de colecta y la temperatura superficial de mar.

Según la justificación y el marco teórico antes descrito, se programó el que estas actividades durasen alrededor de 3 días, para lo cual se obtuvieron submuestras de 20 ejemplares en promedio, cada un intervalo de 4 horas. Con cada submuestra obtenida, se realizó un muestro biológico completo registrando en la planilla de muestreo, la fecha y hora de colecta, y la temperatura de la bodega, verificando el sexo, evitando dañar las gónadas (en especial de las hembras), longitud horquilla, peso total y eviscerado. Las gónadas de las hembras en la muestra se preservaron en formalina bajo el esquema de procedimientos de fijación y preservación de material gonádico para el análisis histológico que actualmente se encuentra en proceso (**Figura 10**).

6.7 ALIMENTACION

6.7.1 Obtención de las muestras

Las muestras fueron obtenidas de lances de pesca realizados a bordo de 10 embarcaciones industriales, distribuidas sistemáticamente en 18 transectas, separadas latitudinalmente cada 20 millas, en un área comprendida entre los 75°00' a los 92°00'W y entre los 33°00' a los 38°40'S.

Adicionalmente se obtuvieron muestras de la operación de 4 embarcaciones pesqueras, que realizaron lances de pesca en una fase exploratoria, distribuidas latitudinalmente entre los 33° y 35° S. Se realizaron un total de 47 lances de pesca de los cuales 18 fueron positivos y se consideraron para desarrollo de este objetivo. En cada lance de pesca se separaron al azar un promedio de 100 ejemplares, (representados en igual proporción machos y hembras). Previo a la obtención de los estómagos a cada ejemplar se le determino su condición sexual, longitud de horquilla (LH) y el peso total (**Figura 11**).

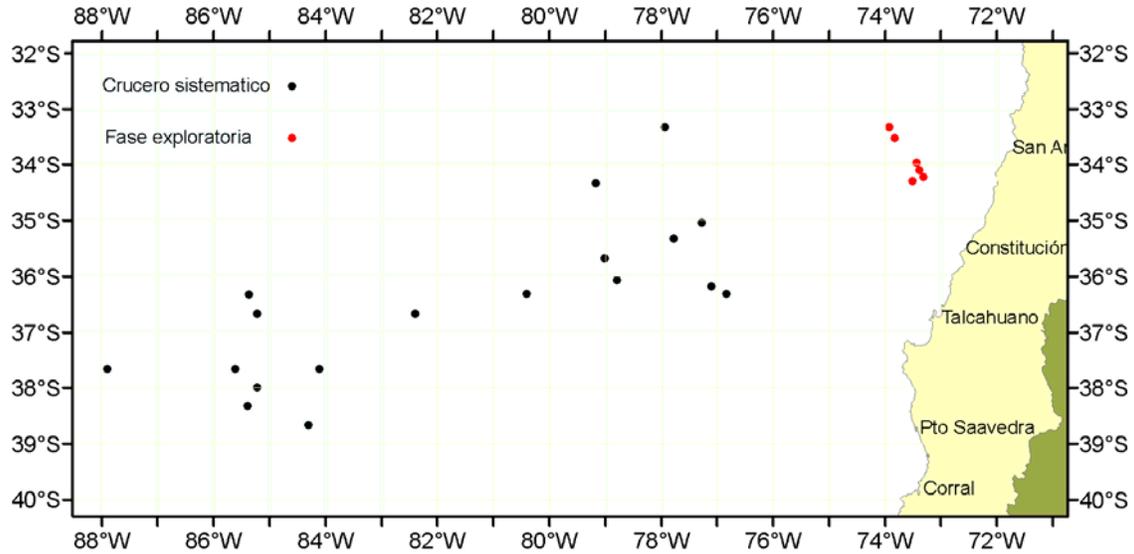


Figura 11. Distribución espacial de lances efectivos de pesca utilizados para la caracterización de los ítemes alimentarios de jurel.

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°C , para su posterior análisis en laboratorio. El número total de estómagos obtenidos y la información relativa a cada lance de pesca se presenta en la **Tabla 8**.

6.7.2 Análisis de la información

El análisis e identificación del contenido estomacal de la especie objetivo se realizó considerando el nivel taxonómico más bajo posible, dependiendo del grado de digestión de los recursos alimentarios, utilizando para ello un estereoscopio marca Zeiss 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 8. Resumen de pesca indicando nombre de la embarcación, número de lance, latitud, longitud, hora, temperatura (° C), número de estómagos extraídos y porcentaje de estómagos con contenido.

Barco	Nº Lance	DD	MM	AA	Posición		Hora	T°C	LH		Estómagos (%) c/contenido	
					Latitud	Longitud			Moda (cm)	Prom. (numero)		
Marpro I	2	25	11	2005	38°00'	85°13'	18:54	14,5	32	33,7	100	53,0
Marpro I	3	27	11	2005	36°20'	85°22'	16:30	16	48	46,5	12	58,3
Marpro I	4	28	11	2005	36°19'	80°24'	18:50	16,7	31	31,2	100	75,0
Marpro I	5	29	11	2005	36°19'	76°50'	14:50	16,9	32	31,5	100	13,0
Mauro	2	25	11	2005	38°20'	85°24'	8:18	14,4	43	40,8	87	62,1
Mauro	5	28	11	2005	36°40'	85°13'	20:08	16,9	27	27,7	103	28,2
Mauro	6	29	11	2005	36°40'	82°24'	10:13	16,3	28	31,0	102	12,7
Matias	1	25	11	2005	38°40'	84°19'	6:50	14,6	31	30,9	55	98,2
Santa María II	4	29	11	2005	35°41'	79°01'	20:34	17,2	30	30,4	30	93,3
Chivilingo	1	24	11	2005	34°20'	79°10'	9:00	17	39	41,4	11	81,8
Libas	1	25	11	2005	37°40'	84°07'	9:15	16,3	27	29,8	100	27,0
Libas	2	25	11	2005	37°40'	85°37'	19:43	16,2	29	30,1	99	51,5
Libas	3	26	11	2005	37°39'	87°54'	10:30	16,4	32	32,9	10	80,0
Javier	1	23	11	2005	33°20'	77°56'	18:25	16,8	50	50	1	0
Francisco	6	29	11	2005	35°20'	77°46'	20:24	17,4	34	35,1	100	100
Malleco	1	23	11	2005	35°03'	77°16'	15:45	17	32	32,6	99	36,4
Malleco	6	30	11	2005	36°04'	78°47'	10:55	16,7	32	31,4	22	45,5
Malleco	7	30	11	2005	36°11'	77°06'	19:50	16,7	31	31,7	100	88,0
Total	18								32	32,3	1231	45,1

Tabla 9. Grupos de tamaños de *T. murphyi* definidos cada 5 cm (LH cm).

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

6.7.3 Índice de Importancia Relativa

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

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

6.7.4 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.

Las muestras de estómagos fueron obtenidas de lances efectivos de pesca realizados en el área de estudio. De cada lance se separaron 100 ejemplares (50 machos y 50 hembras), a los cuales se les midió el peso y la longitud de horquilla (LH), con el número y posición del lance respectivo. Los estómagos extraídos de estos individuos fueron debidamente etiquetados y congelados, o en su defecto fijado en formalina comercial al 10% neutralizada con Borax para su posterior análisis en laboratorio.

6.8 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 22 de noviembre y el 02 de diciembre de 2005.

6.8.1 Ecoprospección

La zona de estudio se extendió en sentido latitudinal desde los 33° 00' LS (Valparaíso) hasta los 38° 40' LS (sur de Pto. Lebu), en sentido longitudinal desde los 75° W hasta los 92° W (784,84 mn promedio, **Figura 12**). La superficie muestreada en el estudio fue de aproximadamente 266.746,8 mn² (menor a la cubierta en noviembre de 2004: de aproximadamente 317.300 mn²).

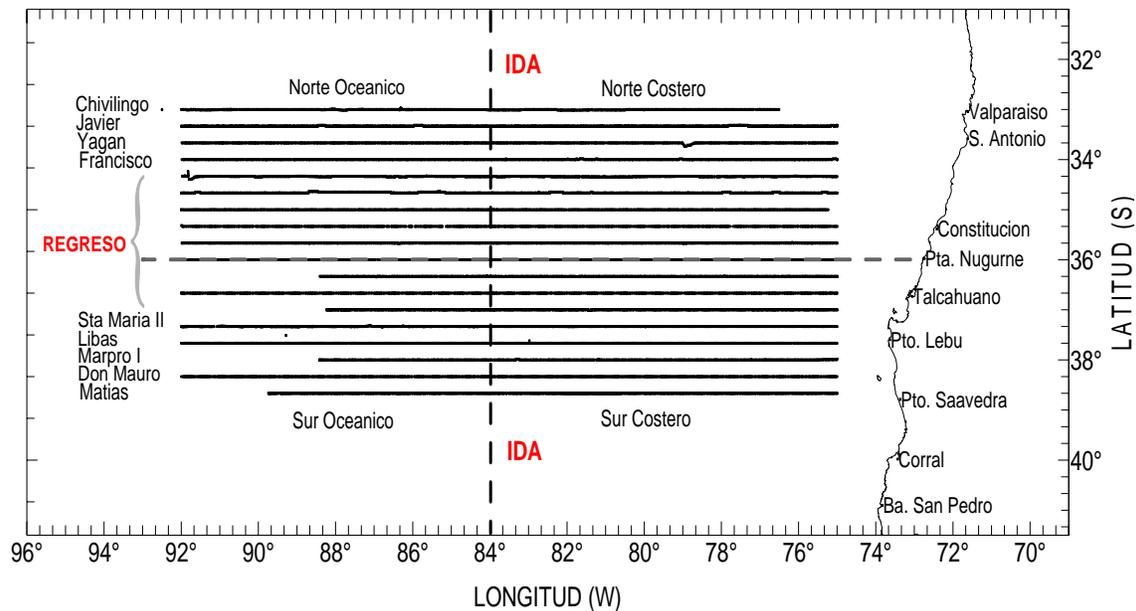


Figura 12. Distribución de transectos en la zona de estudio (Noviembre 2005).

La zona fue explorada por 9 embarcaciones de empresas pesqueras que habitualmente operan en la pesquería del jurel centro-sur (**Tabla 1**). La ecoprospección consideró la realización de 18 transectos perpendiculares a la costa y paralelo 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 14.032 millas náuticas lineales (**Figura 12**).

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**).

6.8.2 Ecosonda

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

- i) Tipos de agregación: cardumen, estrato, disperso e individual (**Figura 13**) y
- ii) Las categorías de abundancia, que a su vez se dividieron en:
 - Sin presencia de jurel
 - baja: cuando los niveles de captura esperada (nce) eran inferiores a 20 toneladas.
 - media: cuando los nce eran de 21 a 200 t y
 - alta: cuando los nce fueron superiores a 200 toneladas.

TIPOS DE ECOTRAZOS DE JUREL

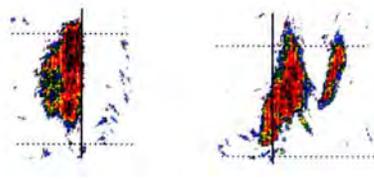
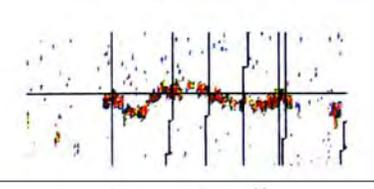
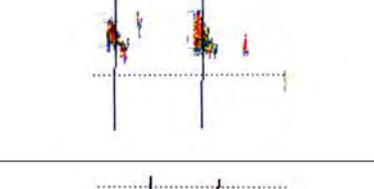
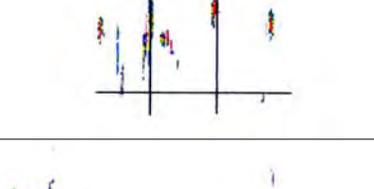
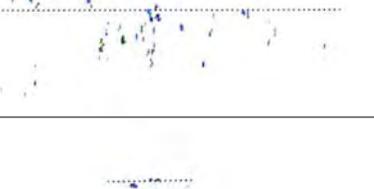
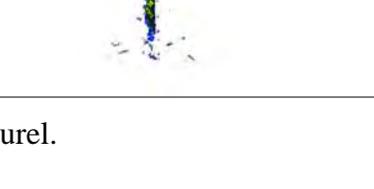
1) Cardumen	
2) Estrato denso	
3) Estrato medio	
4) Estrato disperso	
5) Disperso	
6) Individual	

Figura 13. Tipos de Ecotrazos de jurel.

6.8.3 Sonar

Desde el sonar que operó simultáneamente con el ecosonda, se reportaron los contactos clasificados en los niveles de abundancia (alta, media y baja). 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.

6.8.4 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 seis sectores (Tabla 10):

Tabla 10. Sectores en las que se dividió la zona de estudio.

Sector	Limite Longitudinal	Limite Latitudinal
Norte – Costero	75°00' LW – 84°00' LW	31°40' LS -36°00' LS
Norte - Oceánico	84°01' LW -92°00' LW	31°40' LS -36°00' LS
Centro - Costero	75°00' LW – 84°00' LW	36°01' LS -38°00' LS
Centro – Oceánico	84°01' LW -92°00' LW	36°01' LS -38°00' LS
Sur – Costero	75°00' LW – 84°00' LW	38°01' LS -39°00' LS
Sur - Oceánico	84°01' LW -92°00' LW	38°01' LS -39°00' LS

a) 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., 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; Barbieri et al., 1998), y ha sido utilizado en las ecoprospecciones efectuadas por las embarcaciones industriales, trabajando con los equipos acústicos recopilando información de tipo cuantitativa discreta categorizada.

Para permitir la comparación del IC en los distintos periodos del día se calculo el ICest, que se obtiene de los pesos alcanzados en la sumatoria de las frecuencias de las agregaciones en el ciclo de 24 horas, de esta forma la contribución acumulada de las agregaciones en cada periodo del día se pondera a una hora del ciclo convirtiéndose en un ponderador estandarizado del IC por periodo del día.

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 clusters simples (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.

6.8.5 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:

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

donde:

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

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

C = calado de la embarcación

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 (alta, media y baja) considerando la posición batimétrica de los ecotrazos en un ciclo de 24 horas.

Este ciclo comprende 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 estandarizó a 1 hora, lo que permite hacer comparable los diferentes periodos.

6.8.6 Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel y huevos

Se compararon ocho cruceros realizados a fines de primavera, entre los años 1997 y 2005. Las áreas de prospección tienen diferentes diseños los que se muestran a continuación (**Tabla 11**).

Tabla 11. Cruceros utilizados en el análisis multitemporal.

Crucero	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Area Total mn ²	Millas náuticas lineales	Nº 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'	231.340	4.947	5	Zigzag	75 mn
Dic. 1999	35° 06' – 38° 24'	74° 00' – 86° 00'	114.917	6.401	6	Cajón	18 mn
Nov. 2000	32° 06' – 37° 48'	75° 00' – 92° 00'	306.327	16.134	10	Cajón	18 mn
Nov. 2001	32° 05' – 37°50'	75° 00' - 92°00'	288.406	--	10	Cajón	18 mn
Nov. 2003	33°00'–38°00'	75° 00' - 92° 00	240.000	12.714	10	Cajón	18 mn
Nov. 2004	31°40'– 38°00'	75° 00' - 92° 00	317.340	16.705	10	Cajón	18 mn

Para cada estrato se determinó 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 (baja, media y alta), la profundidad y altura de los ecotrazos como el índice de presencia de ecotrazos.

Para comparar 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 $<1 \text{ ind}/10\text{m}^2$, ii) estrato regular presencia de huevos: $1 - 499 \text{ ind}/10\text{m}^2$ y iii) estrato alta presencia de huevos: $\geq 500 \text{ ind}/10\text{m}^2$. 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 (baja, media y alta), profundidad y altura de los ecotrazos e IPE. Los diferentes diseños se presentan a continuación:

6.8.6.1 Índice sintético del área de presencia de huevos

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

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

Donde:

SAH: superficie en mn^2 del área ocupada por estratos de alta densidad de huevos

ST : superficie en mn^2 del área de distribución de jurel.

6.8.6.2 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 de las abcisas el porcentaje acumulado del área, mientras que el eje de las ordenadas 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 and Cadigan, 1995). Su formulación es:

$$Gini = \sum_{i=1}^N 2(x_i - y_i)\Delta x_i$$

Donde.

X_i : $1/N$

Y_i : Porcentaje acumulado del área

ΔX_i : $X_i - X_{i-1}$

6.8.7 Análisis de estructura espacial y asociaciones

Para estimar el tamaño de la estructura espacial del jurel se emplea el enfoque geoestadístico (Rivoirard et al, 2000) ya utilizado para la modelar la densidad de huevos y larvas de jurel.

Relación con las condiciones oceanográficas

La variable que midió la condición oceanográfica fue la temperatura superficial del mar (TSM) y ésta se relacionó con la distribución del jurel estimando los semivariogramas cruzados, como diferencia entre los incrementos de $z_{\alpha}(x_i) - z_{\beta}(x_i + h)$ del recurso y la TSM.

$$\gamma_{\alpha\beta}^p(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{N(h)} [z_{\alpha}(x_i) - z_{\alpha}(x_i + h)] \times [z_{\beta}(x_i) - z_{\beta}(x_i + h)]$$

donde z_{α} y z_{β} son los valores de variables jurel y TSM en el punto de muestreo. La meseta del semivariograma experimental cruzado reflejará la magnitud de la correlación entre las dos variables y el rango mostrará la dependencia cruzada en pequeño y en gran escala.

6.9 ESTIMACION DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL

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 m^2);

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:

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

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.

6.10 COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE

El desarrollo metodológico de este estudio se basa principalmente en el trabajo desarrollado por [Uriarte \(2001\)](#), que se detalla a continuación:

6.10.1 Muestreo

De acuerdo con **Uriarte (2001)**, 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 de machos y hembras de las muestras de ejemplares adultos, para cada pez se registró la longitud de horquilla (cm) y peso total (g). En el caso de hembras se obtuvo una submuestra de otolitos correspondientes a los estados de madurez III y IV, con los cuales se elaboró una clave edad – talla (CET) que permitió determinar la estructura etaria de la biomasa desovante de las hembras. En el caso de los machos, la estructura etaria se determinó con la CET correspondiente.

Las frecuencias de longitud analizadas corresponden a 14 lances correspondientes a 13 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 13 distribuciones de longitud horquilla con un total de 2789 ejemplares para ambos sexos (1340 hembras con 1157 en estado de madurez 3 y 4 y 1449 machos) con un rango de longitud de 23 – 52 cm en machos y 24-48 cm en hembras.

Los otolitos fueron almacenados en bolsas de papel etiquetadas y con la información correspondiente al pez (longitud horquilla, sexo, etc.), siendo posteriormente leídos en el laboratorio previa una hidratación en agua corriente por un tiempo de alrededor de 3 horas, ya que su hidratación es rápida. Se ha determinado que un periodo mayor hace perder nitidez de los anillos de crecimiento.

El total de otolitos colectados a bordo de las 13 embarcaciones participantes en toda el área de estudio fue de 2039, cubriendo todo el rango de tallas observado. Las claves edad talla se construyeron considerando 15 otolitos por clase de talla, de manera que finalmente se utilizaron 468 otolitos para machos y 609 para hembras.

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.

6.10.2 Abundancia en número por grupo de edad

El modelo usado para la estimación de la población en número es:

$$N_a = N * P_a = (B_d / W_t) * P_a$$

- Na : población estimada en números a la edad
N : número estimado del stock desovante total
Bd : estimado de biomasa del stock desovante
Wt : peso promedio de jurel en la población
Pa : 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:

$$Var(Y) = \frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 (y_i - \bar{Y})^2}{\bar{M}^2 n(n-1)}$$

donde:

- \bar{Y} : media de un parámetro de adulto
yi : valores de observación en la muestra i
Mi : factor ponderador de la muestra i representado por el tamaño.
n : número de muestras.

6.10.3 Proporción a la edad (Pa)

La estimación de Pa 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 Pl (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 (Mi). Luego la CET (qal 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 Pa para cada muestra (Pai), 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:

$$P_a = \sum_{l=1}^L P_l \cdot q_{al} = \sum_{L=1}^L \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \cdot q_{al} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i P_{a,i}}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

donde:

qal : proporción de edad "a" para el estrato de longitud "l"

Pl : frecuencia relativa en número de "l" en la muestra "i"

Pai : frecuencia relativa en número por grupo de edad "a" en muestra "i"

Mi : factor ponderador representado por el número de individuos por muestra.

Se debe tener en cuenta que la estimación de las frecuencias relativas por longitudes Pl en la población son el promedio ponderado de los estimados de la muestra Pl con los usuales factores ponderadores proporcionales al número.

La varianza usada para la primera aproximación es dada por:

$$\begin{aligned}
 \text{Var}(P_a) = & \frac{\sum_{l=1}^L q_{al}^2 \cdot \sum_i^n M_i^2 (P_{li} - P_l)^2}{\bar{M}^2 n(n-1)} + \frac{2 \sum_{l=1}^L \sum_{h=l+1}^L q_{al} \cdot q_{ah} \sum_{i=1}^n M_i^2 (P_{li} - P_l)(P_{hi} - P_h)}{\bar{M}^2 n(n-1)} + \\
 & + \sum_{l=1}^L \frac{P_l^2 q_{al} (1 - q_{al})(1 - f_{2l})}{(m_l - 1)}
 \end{aligned}$$

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 (1-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 Pa 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 utiliza una expresión equivalente:

$$\text{Var}(P_a) = \frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 (P_{ai} - P_a)^2}{\bar{M}^2 n(n-1)} + \sum_{l=1}^L \frac{P_l^2 q_{al} (1 - q_{al})(1 - f_{2l})}{(m_l - 1)}$$

en la que P_{ai} es el estimado de Pa en la muestra i mediante la aplicación de la CET a su distribución de longitud. Esta alternativa también se exploró.

6.10.4 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:

$$Var(N_a) = Var(P_a) * N_a$$

6.10.5 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:

$$Var(W_a) = \frac{\sum_{l=1}^L (W_{al} - \bar{W}_a)^2}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

6.10.6 Biomasa desovante por grupo de edad (B_a)

La biomasa total desovante por edad fue estimada como:

$$B_a = N_a * W_a$$

7 RESULTADOS

OBJETIVO 1: Estimar índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio

7.1 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

7.1.1 Datos de terreno (registros de termómetros abordo)

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 de columna de mercurio. Los datos de terreno, ajustados geoestadísticamente de acuerdo al modelo de variograma, revelaron un rango térmico entre los 13,4° y los 20,7°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 de 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.*, 2005).

La distribución horizontal de la TSM (**Figura 14**) evidenció variaciones zonales asociadas sólo al extremo norte del área de prospección, donde se detectó aguas comparativamente más cálidas hacia el sector noroccidental (al norte de los 34°S y al oeste de los 84°W), quedando bien caracterizado por aguas con temperaturas superiores a los 18°C. Las isothermas de los 17°C y de los 16°C se verificaron hacia los 35°S y 37°S de latitud, respectivamente, expresándose a lo ancho del toda el área de prospección sin evidenciar gradientes zonales (cambios en el sentido costa-océano) de importancia. Por el contrario, en el área de prospección dominó claramente la variabilidad meridional, evidenciando aguas cálidas (> 16°C) en gran parte del área prospectada (al norte de los 37°S), y un estrato superficial dominado por aguas comparativamente más frías (< 14,5°C) restringidas hacia el sector suroccidental del área de estudio, al sur de los 38°S y al oeste de los 82°W.

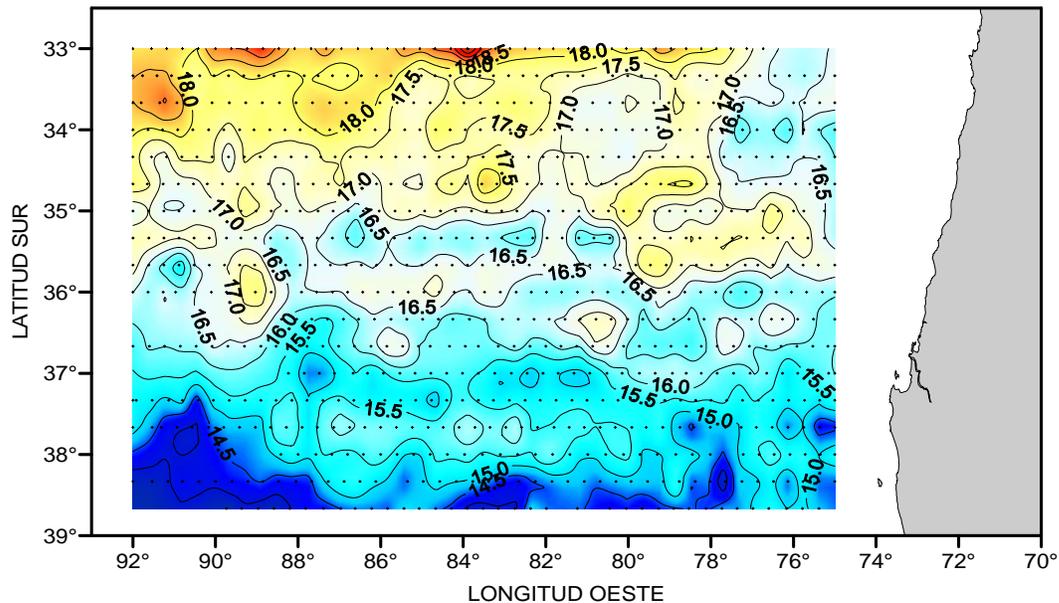


Figura 14. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio a partir de datos de terreno.

7.1.2 Información satelital

Al igual que en el 2004, durante el período de estudio se produjo una alta frecuencia de días con cielos cubiertos por nubes, que dificultó la obtención de imágenes de TSM (HRPT) de buena calidad. A pesar de ello, se logró obtener 6 imágenes (**Figura 15**) que muestran la condición térmica superficial del mar, antes y durante la primera etapa del crucero (22 Nov. al 02 Dic. 2005) y durante el desarrollo de la segunda etapa del crucero (12 al 20 de Dic. 2005).

Durante la última semana de octubre y la primera de noviembre se observó el desplazamiento de aguas con TSM de 16°C y 17°C hacia área de estudio. La permanencia y el incremento en intensidad de estos desplazamientos, generaron una condición más cálida hacia mediados de mes, en la mayor parte del área de estudio, la que se caracterizó por el predominio de aguas con TSM de 18°C y 19°C (días 29 Nov. y 18 de Dic. 2005).

Así mismo, estas imágenes indicaron que esta condición cálida se observó principalmente al norte de los 38°S, constituyéndose esta área en una zona importante de gradientes térmicos. Esta condición se vió favorecida por la permanencia de vientos de intensidad moderada (15 a 25 nudos) que tuvieron su máxima actividad al sur de Punta Lavapié, posterior a la primera semana de Diciembre.

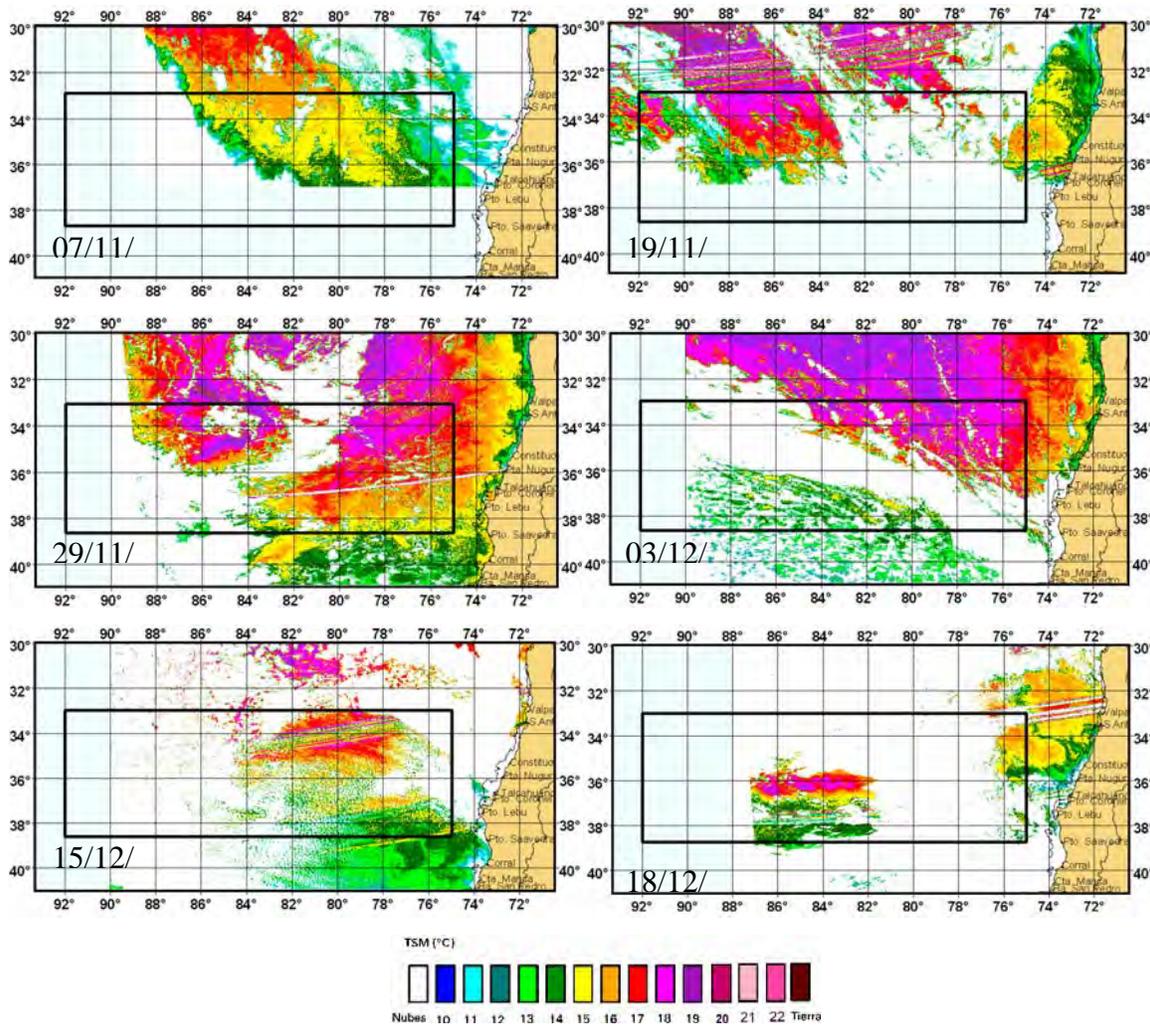


Figura 15. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (noviembre-diciembre 2005).

Entre los días 13 y 19 de noviembre de 2005, el área de estudio estuvo caracterizada por el dominio de aguas cálidas ($> 18^{\circ}\text{C}$) en el sector noroccidental del área de estudio, al norte de los 34°S y al oeste de los 84°W , lo que genera conspicuos gradientes zonales y meridionales (**Figura 16**).

Este patrón de distribución de la TSM se verifica también en las imágenes correspondientes a la semana del 20-26 de noviembre y del 27 de noviembre al 03 de diciembre, no obstante destaca un desplazamiento de aguas comparativamente más cálidas hacia el oriente, donde alcanza los 77°W hacia finales del crucero, y la virtual ausencia de aguas con temperaturas menores a 15°C en la zona costera. Este desplazamiento de aguas cálidas no se verifica hacia el sur, manteniéndose sobre los 35°S .

Con el propósito de contrastar la distribución superficial de la temperatura del mar reportada para este crucero (noviembre de 2005), con la informada para cruceros de similar naturaleza realizados en los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2003 y 2004, 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 obtenidos para el mes de noviembre de 2005 indicaron una situación similar a la informada para los años 1999 y 2000, con una mayor superficie del área prospectada dominada por aguas comparativamente más cálidas ($> 16^{\circ}\text{C}$), lo que contrasta con lo reportado para el mes de noviembre del período 2002 – 2004, en el cual se verificó aguas comparativamente más frías y la ubicación de la isoterma de 16°C al norte de los 35°S (**Figura 17**).

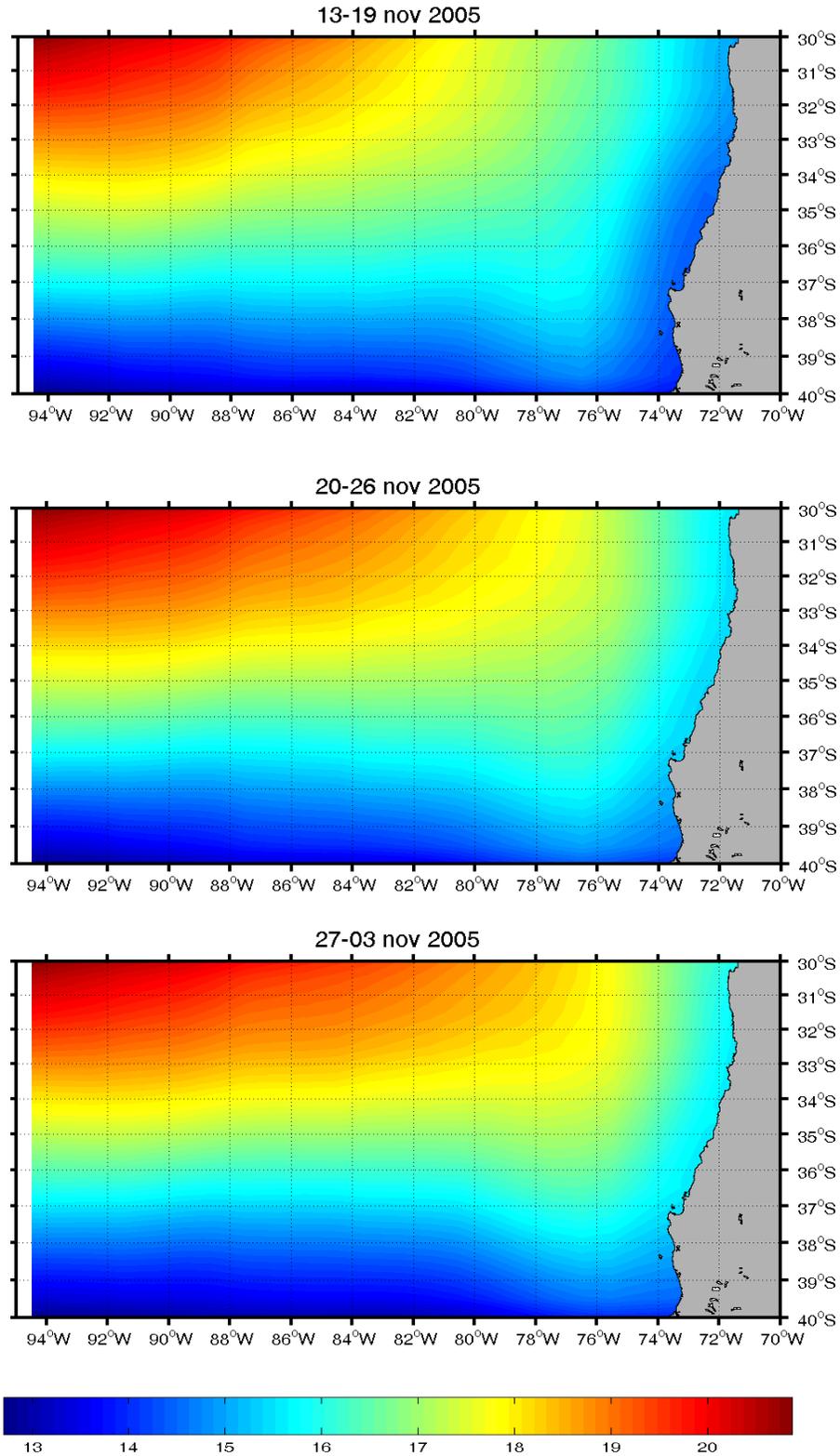


Figura 16. Variación semanal en la distribución espacial de la TSM para el período y área de estudio (Fuente: IGOSS).

Asimismo, se contrastó la distribución superficial de la anomalía de la TSM reportada para este crucero (noviembre de 2005) con la informada para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2003 y 2004, utilizando la información satelital proveniente del programa IGOSS. Los resultados revelaron el predominio de anomalías positivas en noviembre de los años 1998 y 1999, con escasa presencia de anomalías negativas, denotando aguas comparativamente más cálidas en dichos años. A partir de noviembre de 2000, y especialmente en el mes de noviembre de los años 2001, 2002 y 2004, se reporta la presencia de anomalías negativas en gran parte del área de prospección de huevos de jurel, observándose sólo leves anomalías positivas en el extremo nororiental del área de estudio.

Durante el mes de noviembre de 2005, el área de estudio estuvo caracterizada por un patrón de distribución de las anomalías de temperatura similar (en términos de magnitud y tendencia) a lo reportado para el mes de noviembre de 1999, esto es, la presencia de anomalías positivas (0,2-0,4 °C) dominando gran parte del sector de estudio (**Figura 18**). Este patrón de distribución rompe la tendencia de dominio de anomalías negativas (aguas más frías) en la región de estudio, que se observa al menos desde noviembre de 2001.

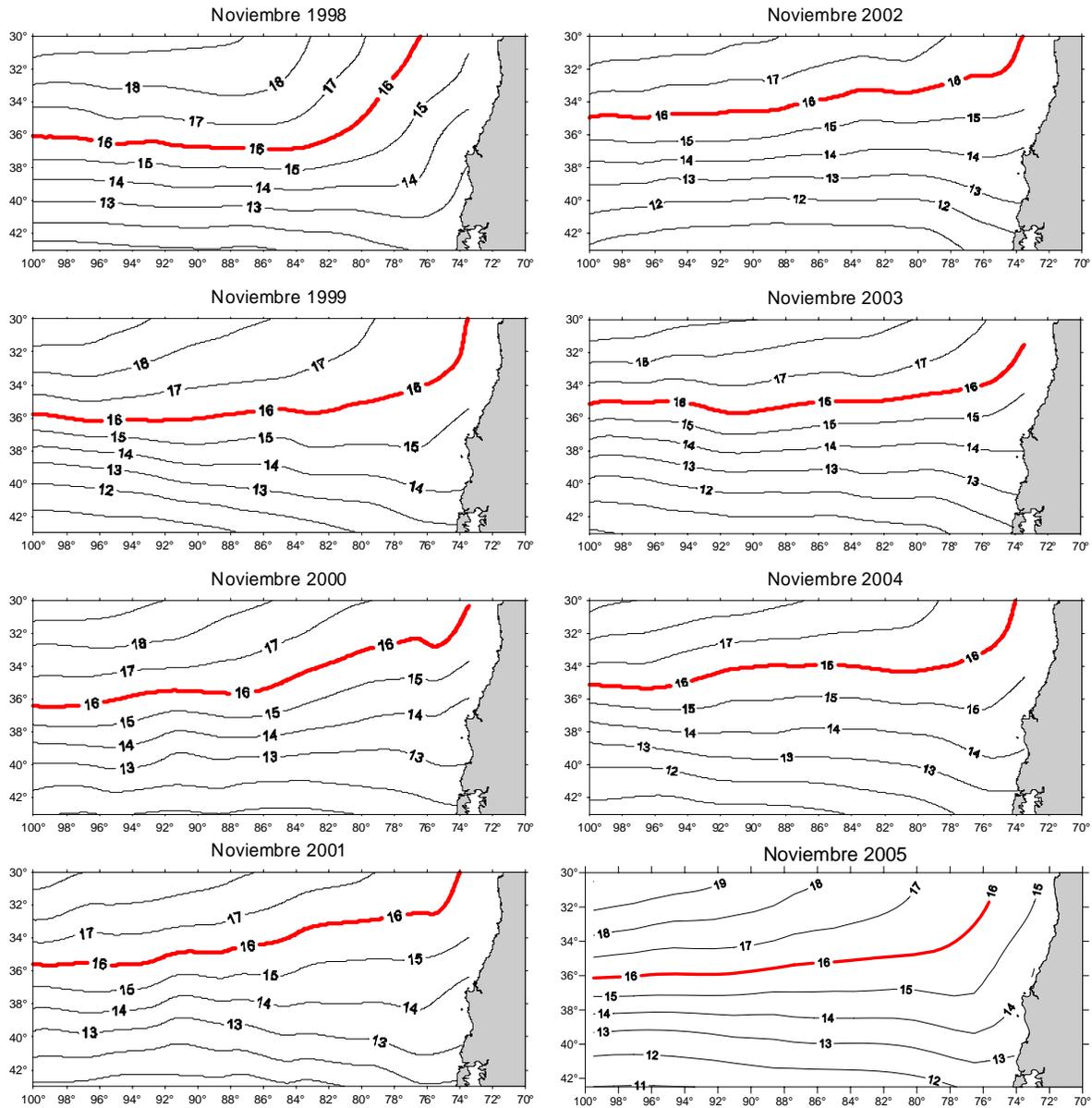


Figura 17. Distribución espacial de TSM en el área de estudio para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005 (Fuente: IGOSS).

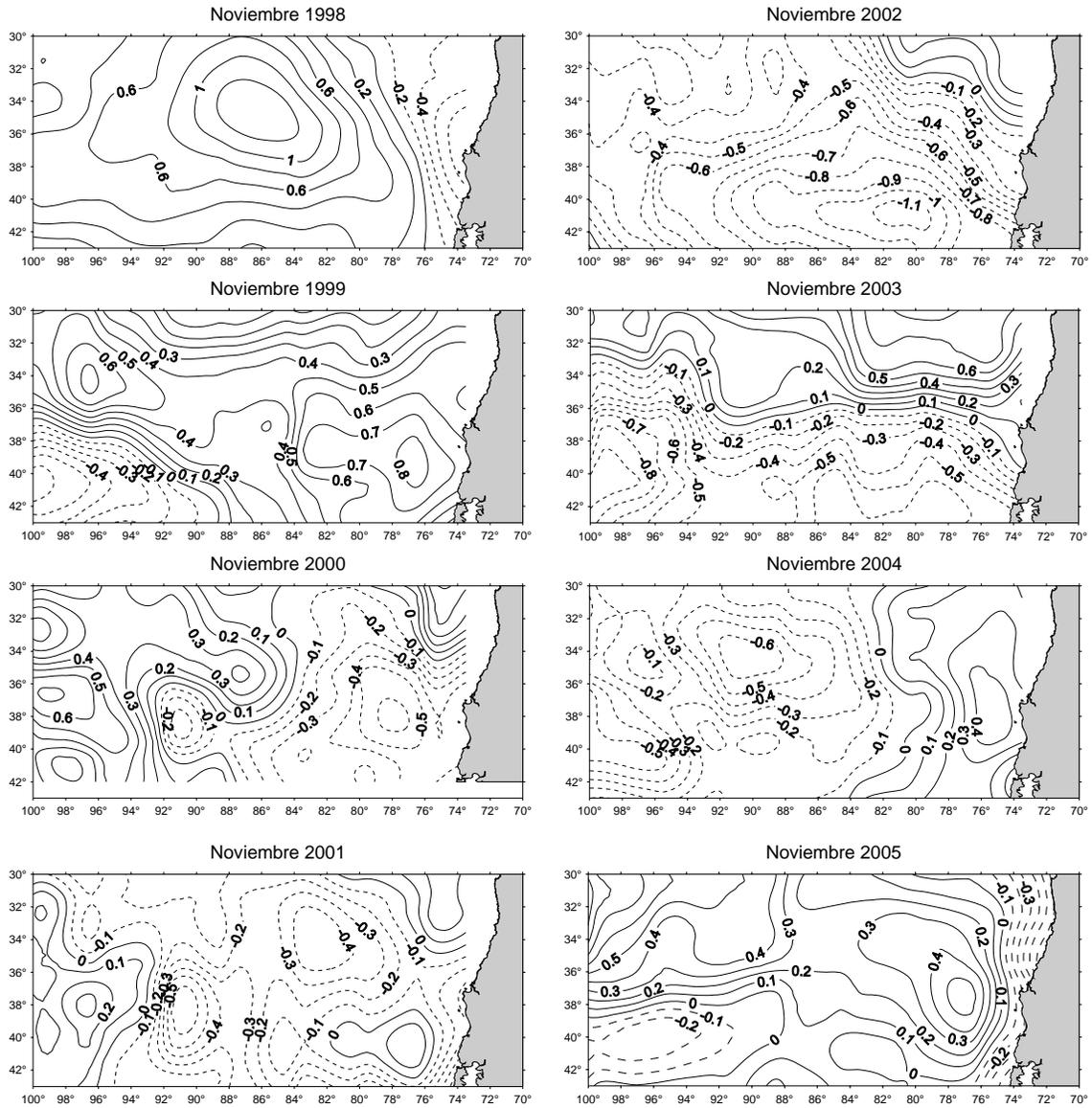


Figura 18. Distribución espacial de la anomalía de TSM en el área de estudio para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005 (Fuente: IGOSS).

El análisis de la serie temporal de la anomalía de la TSM para el periodo comprendido entre enero de 1982 a noviembre de 2005 se presenta en la **Figura 19**. Este análisis integra, en la escala mensual, las temperaturas superficiales descritas 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, como la fase cálida entre los años 1994-1997, y su consiguiente fase fría (años 1999-2004), concordando con antecedentes de la manifestación de eventos El Niño y la Niña frente a las costas de Chile central. Cabe destacar que, los estudios sobre las condiciones biológicas del jurel en alta mar (zona de desove) frente a Chile central han estado insertos en su gran mayoría en la fase fría de evolución interanual observada entre 1999 y 2004 (**Figura 19a**).

Por otra parte, la **Figura 19b** muestra la serie temporal de la anomalía de la TSM para la misma región, pero sólo para el mes de noviembre de cada año, confirmando la alternancia de periodos cálidos y fríos, a través del predominio de anomalías positivas (aguas más cálidas) durante noviembre de 1998 y 1999 y de anomalías negativas en el mes noviembre de los años 2000, 2001, 2002 y 2004. Sin embargo, para el período de estudio (noviembre 2005), se observa claramente un incremento de la TSM verificándose anomalías positivas en el área de estudio, situación que revirtió la tendencia del período 2000-2004.

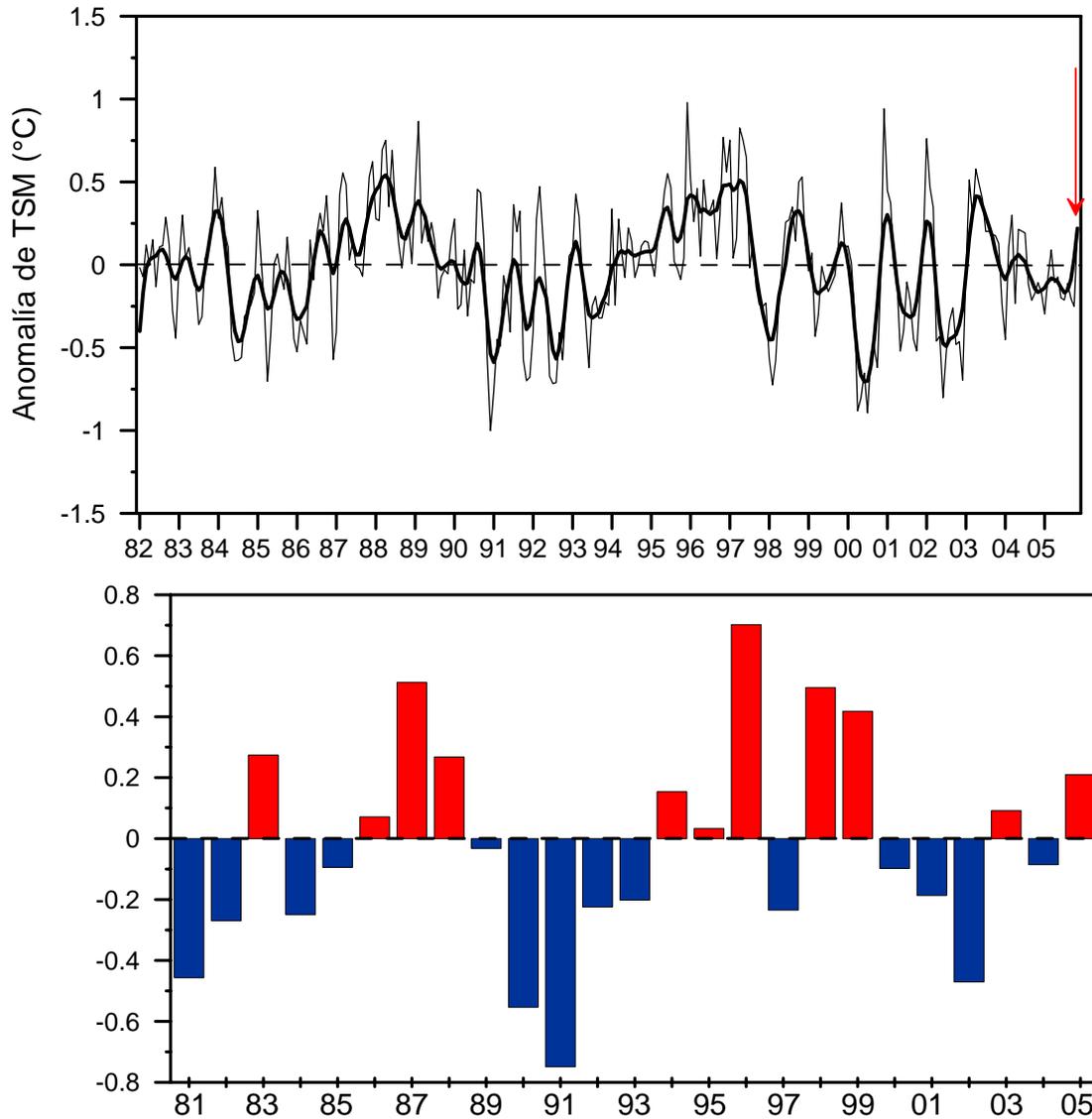


Figura 19. (a) Distribución temporal de las anomalías promedio mensuales de TSM para el área de estudio (periodo 1982 a 2005). La flecha indica el mes de noviembre del 2005. (b) Distribución temporal de las anomalías promedio de TSM para el mes de noviembre (periodo 1982 a 2005).

7.2 Vientos superficiales

La **Figura 20** muestra la evolución espacial y diaria de los vientos superficiales en la zona de estudio, entre los días 22 de noviembre y 02 de diciembre de 2005. Las imágenes muestran alta variabilidad espacial; no obstante gran parte de ellas evidencia un patrón de rotación anticiclónico, especialmente los días 23, 24, 25 y 26 de noviembre, lo que se expresa generalmente al norte de los 36°S y entre la costa y los 90°W. En la mayoría de las imágenes de viento, se observa magnitudes bajas en el sector central del área de prospección.

Con el propósito de contrastar el patrón de viento superficial reportado 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 21**). El patrón de distribución del viento superficial fue similar para el mes de noviembre de los años contrastados, mostrando: a) una rotación anticiclónica, b) intensidades altas hacia el sector costero del área prospectada (<78°W) donde predominaron los vientos provenientes del cuadrante sur, típicos del verano en el área de estudio, y, c) vientos con magnitudes comparativamente menores hacia el cuadrante noroccidental (>80°W). Algunos estudios recientes han mostrado un buen acoplamiento entre abundancias altas de huevos de jurel y bajas intensidades de viento y turbulencia en el área de desove de jurel frente a Chile central (Núñez *et al.*, 2005).

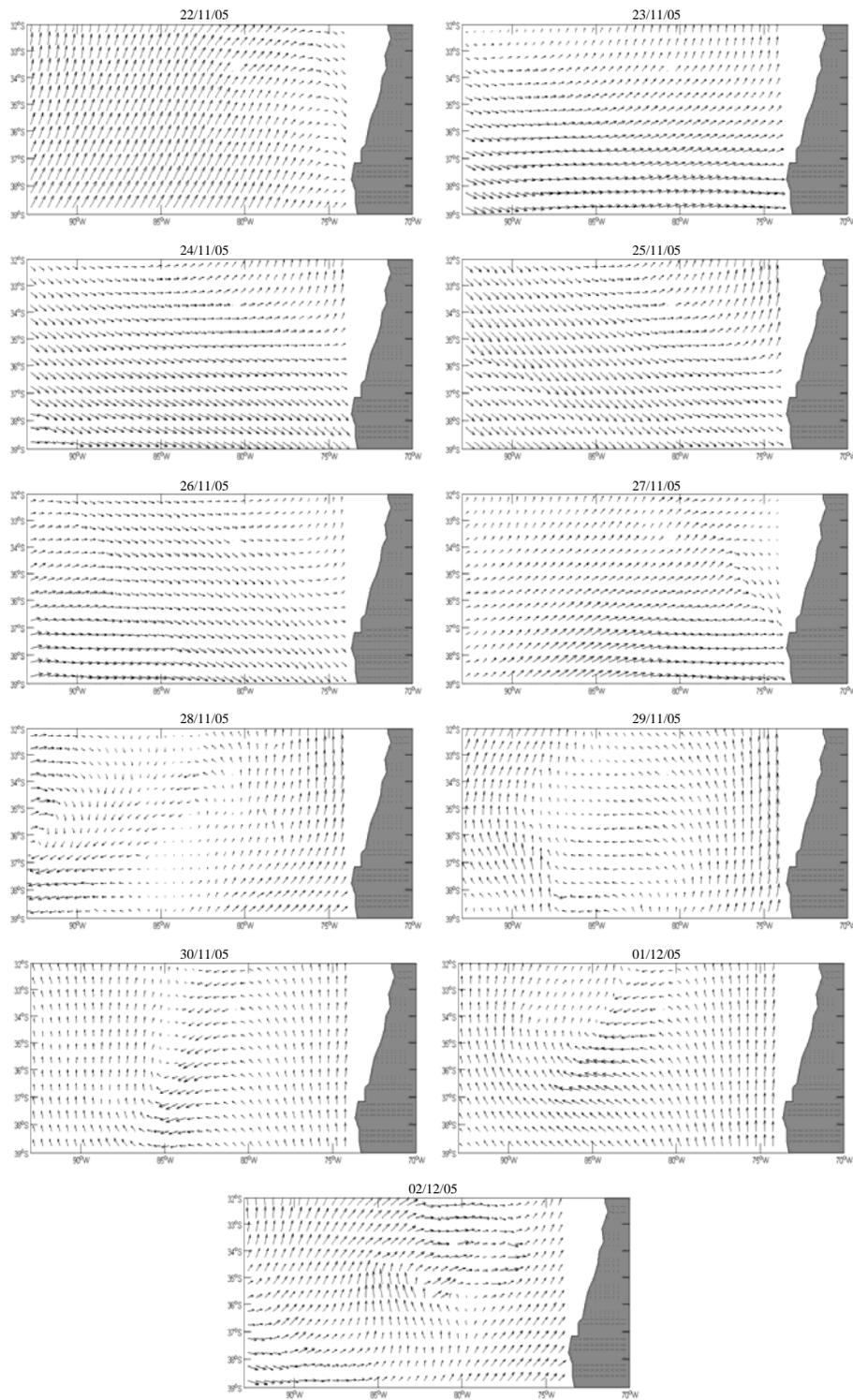


Figura 20. Vientos de escaterometría durante el crucero realizado durante noviembre de 2005.

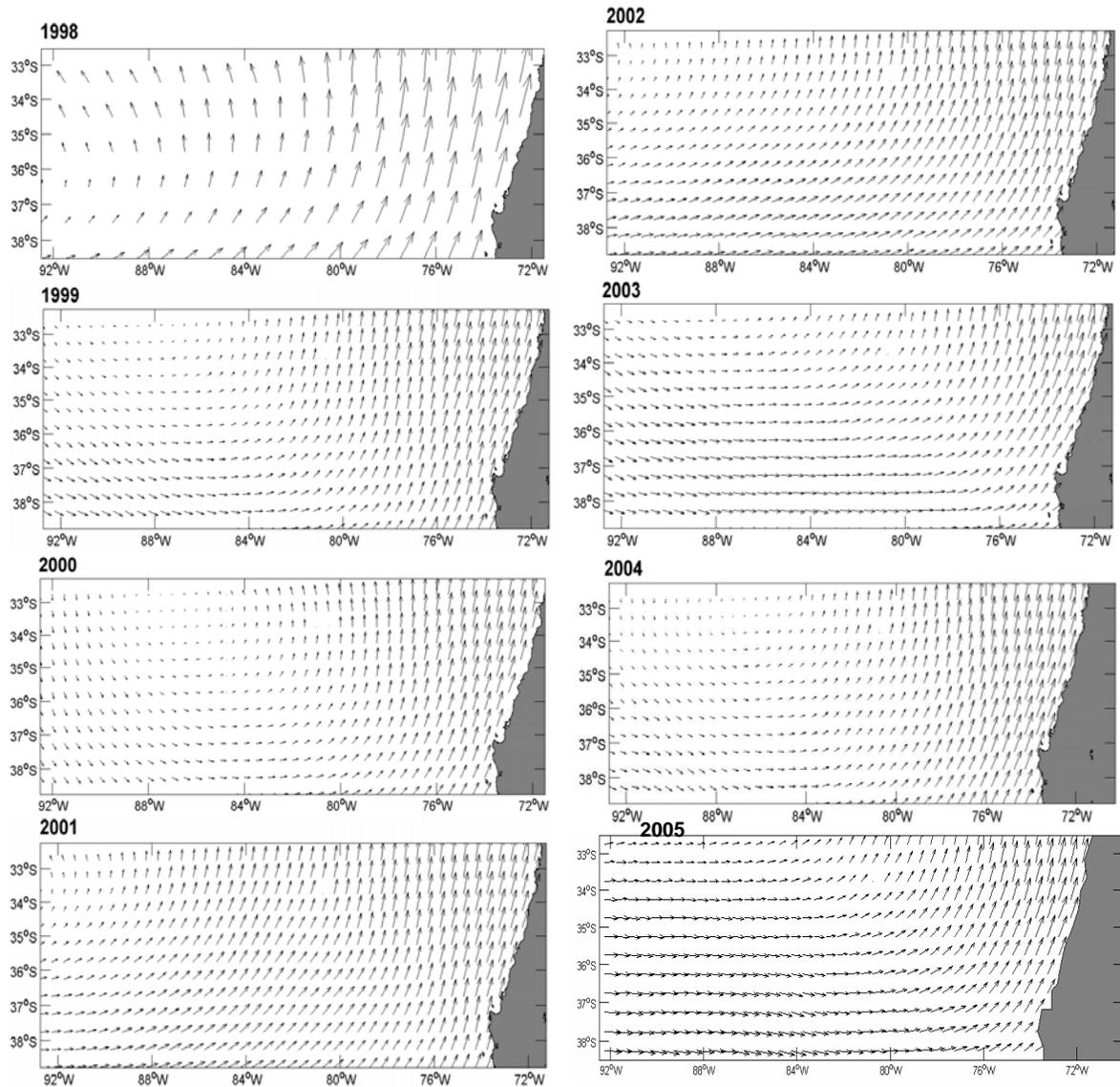


Figura 21. Vientos de escaterometría durante noviembre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005.

7.3 Turbulencia y Transporte de Ekman

El patrón de distribución espacial de la turbulencia y del transporte de Ekman, fueron estimados a partir de la información de viento derivada del satélite, para los meses de noviembre entre los años 1998 y 2005 (**Figura 22**). Los resultados de la turbulencia para noviembre de 2005 indicaron un patrón de distribución muy similar a los descrito para el mes de noviembre de los años 1998, 1999, 2003 y 2004, caracterizándose por valores bajos de turbulencia en gran parte del área prospectada ($< 300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$).

Valores comparativamente más altos ($800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$) asociados al sector oriental del área de estudio, situación que fue especialmente válida para el mes de noviembre de los años 2000, 2001 y 2002. Por el contrario, para los años 1999, 2003, 2004 y 2005 la región costera ($< 78^\circ\text{W}$) presentó turbulencias significativamente menores ($< 400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$). En general, el área de desove de jurel 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, durante el mes de noviembre de 2005, el transporte de Ekman evidenció un patrón similar al reportado para el mes de noviembre de los años 1998 a 2004, revelando valores bajos de transporte fuera de la costa en la región situada al oeste de los 80°W , y valores negativos en el sector costero, mostrando un claro gradiente zonal que se intensifica en el período 2000-2002 (**Figura 22**).

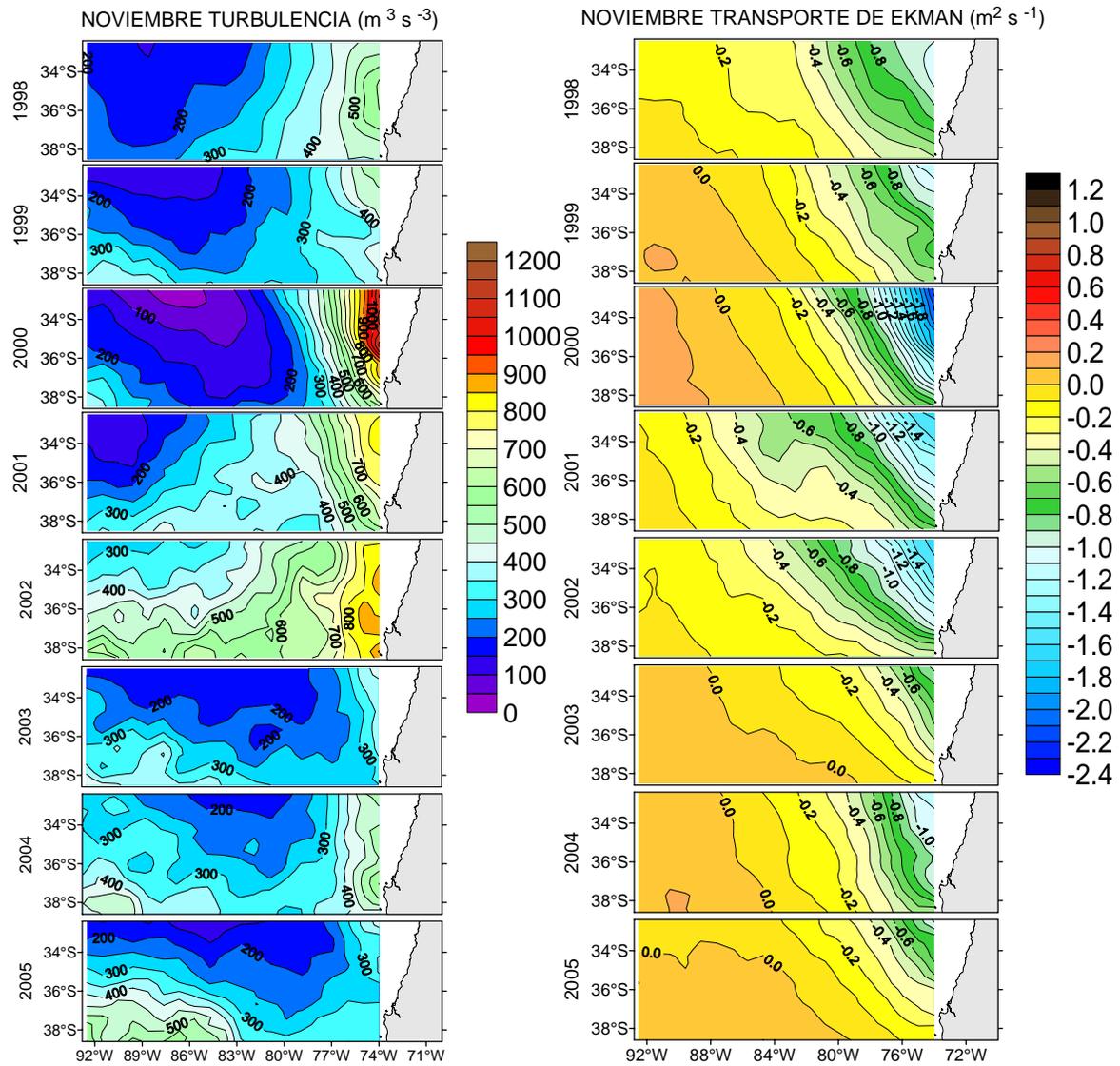


Figura 22. Distribución espacial de la turbulencia y del transporte de Ekman para los meses de noviembre de 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005.

7.4 Campo de velocidades geostróficas

El campo de velocidades geostróficas fue obtenido a partir de información satelital de altura de nivel mar para el mes de noviembre de 2005 (<http://www.aviso.oceanobs.com>). La **Figura 23** representa el promedio de 9 imágenes con una resolución temporal de 3 días y espacial de 1/3 de grado.

El análisis de la información muestra la presencia de un gran número de corrientes de meandros y giros. Estas corrientes de meandros se encuentran asociadas principalmente a la zona cercana a la costa ($74^{\circ} - 77^{\circ}\text{W}$) con dirección norte, intensificándose al norte de los 34°S y al sur de los 37°S con velocidades superiores a 25 cm/s . La zona oceánica ($77^{\circ} - 95^{\circ}\text{W}$) presenta flujos principalmente perpendicular y en dirección hacia la costa, con velocidades medias fluctuando entre $8-10\text{ cm/s}$ y gran presencia de giros ciclónicos y anticiclónicos producto de inestabilidades generadas en la zona frontal circunscrita. Estos giros evidencian la gran dinámica presente en el área de estudio y su importancia para procesos ecológicos, ya que giros ciclónicos generan un ascenso de agua contribuyendo a procesos de mezcla somera y potencian eventos de surgencia generados en la costa adyacente, así como giros anticiclónicos generan un descenso de aguas y la profundización de la termoclina provocando cambios en la columna de agua y mezcla profunda.

Recientes estudios han analizado la variabilidad de estos giros frente a Chile central (Hormazábal et al., 2004, 2006; Leth & Middleton, 2004), revelando que se trata de estructuras de mesoescala que muestran un patrón persistente en el tiempo (semanas-meses de duración) lo que confiere características dinámicas de gran particularidad propias de los sistemas de borde oriental. La **Figura 24** muestra la contrastación gráfica de estas estructuras espaciales (giros y meandros) para el período 1998-2005.

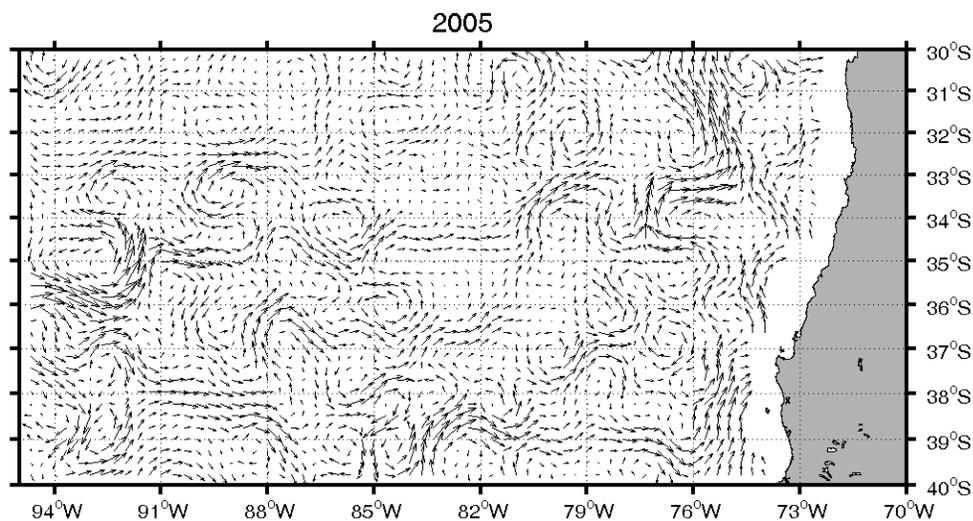


Figura 23. Distribución espacial del campo de velocidades geostroficas para el mes de noviembre de 2005 en el área de estudio.

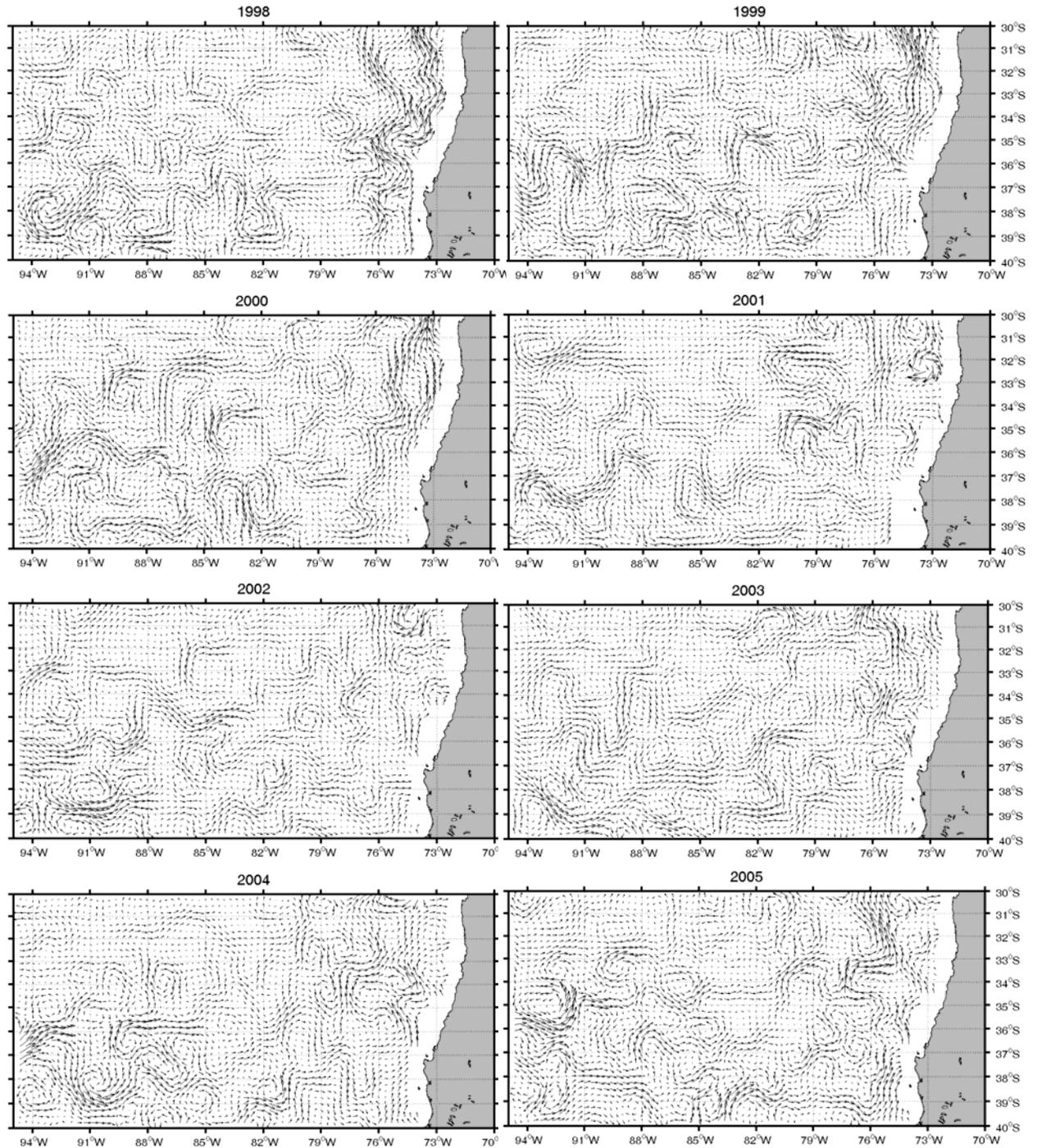


Figura 24. Distribución espacial del campo de velocidades geostróficas para el mes de noviembre del período 1998-2005 en el área de estudio.

7.5 Distribución espacial de clorofila-a

El campo de distribución espacial de la concentración de clorofila-a en el área de estudio (**Figura 25**), obtenido a partir de información satelital para el mes de noviembre de 2005, evidenció: a) la alta variabilidad zonal (costa-océano) debido a la permanente banda costera de concentraciones comparativamente mayores ($> 3 \text{ mg m}^{-3}$) que se expresó entre los 32° y 40°S , y es particularmente intensa al sur de los 38°S ; b) la presencia de filamentos de clorofila-a que se extienden desde la costa y hasta aproximadamente las 60-80 mn, incorporando concentraciones de clorofila mayores a 2 mg m^{-3} hacia el océano interior; c) la presencia de un rango intermedio, situado entre las 60 y las 360 mn desde la costa, de concentraciones de clorofila entre 1 y 2 mg m^{-3} , coincidiendo con el límite de occidental de la región denominada Zona de Transición Costera (CTZ, Hormazábal et al., 2004); d) bajos valores de clorofila-a que se expresan desde los 80°W y hasta el límite occidental del área de prospección, con concentraciones menores a $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ especialmente al oeste de los 86°W . En esta región no se verifican variaciones zonales ni meridionales, caracterizándose por distribución homogénea de bajos valores de clorofila-a.

La concentración de la clorofila-a en el sector de estudio frente a Chile central reseñado para el mes de noviembre del año 2005, muestra un patrón de distribución espacial similar al observado para el mismo mes del período 1999-2004 (**Figura 26**), revelando las claras diferencias zonales en el sector costero producto de concentraciones más altas en la costa, y los bajos valores de clorofila-a hacia el sector más oceánico los que no sobrepasan los $0,5 \text{ mg m}^{-3}$.

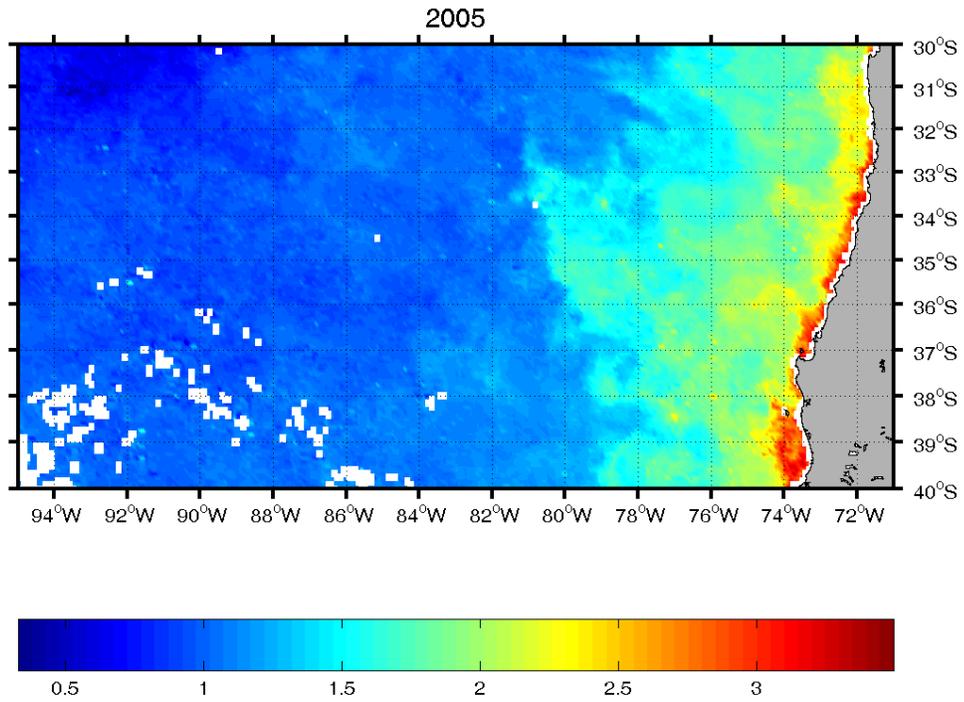


Figura 25. Distribución espacial de la clorofila-a para el mes de noviembre de 2005 en el área de estudio.

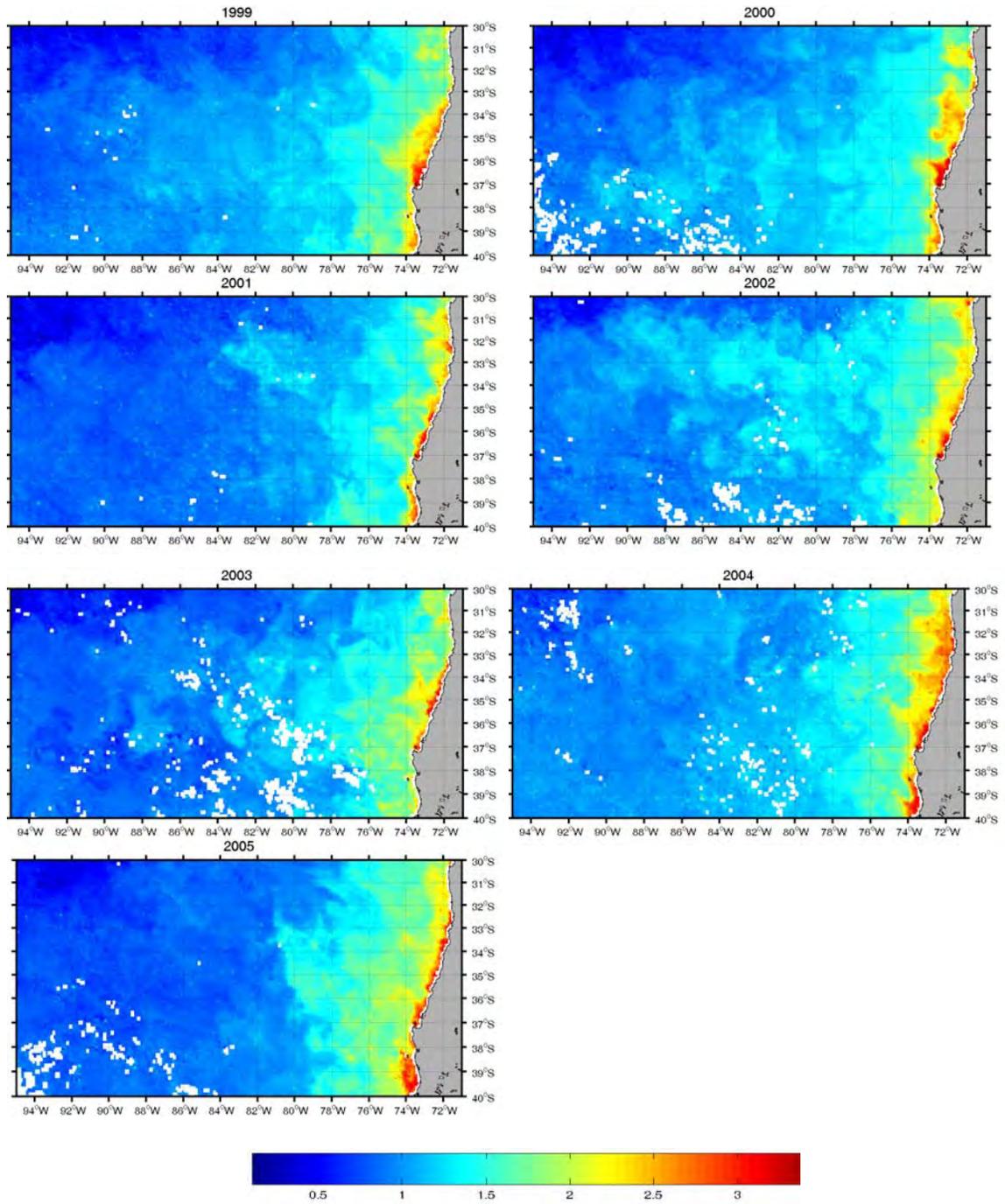


Figura 26. Distribución espacial de clorofila-a para el mes de noviembre del período 1999-2005 en el área de estudio.

7.6 Campo de distribución vertical

La disposición geográfica de las transectas que contaron con perfiles verticales de CTD se muestra en la **Figura 13**. La transecta 1, ubicada en la región norte del área de prospección ($33^{\circ}40'S$), tuvo una extensión longitudinal que alcanzó los $92^{\circ}W$, en tanto que la segunda transecta evaluada, situada a los $35^{\circ}S$, sólo pudo ser examinada hasta los $88^{\circ}W$ debido a fallas en la sonda oceanográfica utilizada.

a) Secciones verticales de temperatura

El estrato superficial de la transecta situada a los $33^{\circ}40'S$ evidenció un leve gradiente zonal, con aguas comparativamente más cálidas ($> 17,5^{\circ}C$) en los primeros 30 m de la columna de agua a partir de los $87^{\circ}W$ y hacia el oeste (**Figura 27**). Aguas levemente más frías ($< 17^{\circ}C$) fueron sólo detectadas en el sector oriental del transecto (al este de los $78^{\circ}W$). Estos resultados contrastan con lo descrito para el crucero anterior, donde se detectó un gradiente zonal superficial más intenso (de aproximadamente $2,5^{\circ}C$, **Sepúlveda et al., 2005**). La zona de estratificación vertical de temperatura (termoclina) fluctuó dependiendo de la longitud, situándose entre los 20 m (sector costero) y los 40 m de profundidad (sector oceánico). En esta transecta, las menores temperaturas fueron reportadas para el sector oriental bajo los 80 m de profundidad, donde se reportó aguas con temperaturas menores a los $13,5^{\circ}C$, generando también un leve gradiente zonal en este estrato de profundidad.

Por su parte, la transecta situada en los $35^{\circ}S$ presentó una distribución similar de temperatura, salvo la virtual ausencia de gradientes zonales a lo largo de toda la transecta, evidenciando un estrato superficial (< 20 m) térmicamente homogéneo caracterizado por la isoterma de $17^{\circ}C$ (**Figura 27**).

La termoclina se situó en un estrato similar a la transecta anteriormente descrita, con una profundización y leve debilitamiento de la termoclina hacia el sector occidental del transecto. Bajo los 60 m de profundidad se verifica un claro gradiente zonal, con aguas más frías ($< 12,5^{\circ}C$) hacia el sector oriental del transecto.

b) Secciones verticales de salinidad y densidad

La distribución vertical de la salinidad en los dos transectos evaluados evidenció un comportamiento espacial similar, caracterizado por la presencia de gradientes zonales (costa-océano), con aguas comparativamente más salinas hacia el sector occidental de los transectos, y la ausencia de estratificación vertical de salinidad (haloclinas) en el área prospectada. La sección realizada en los 33°40'S evidenció salinidades más altas, que alcanzaron valores superiores a 34,5 psu en el estrato superficial hacia el oeste de los 84°W, y salinidades menores a los 34,2 psu al Este de los 78°W (**Figura 27**). En tanto, el transecto situado a los 35°S mostró salinidades a 34,1 psu al oriente de los 79°W.

Por su parte, el campo vertical de densidad en el área prospectada evidenció un comportamiento similar para ambos transectos, esto es, la virtual ausencia de gradientes zonales a lo largo de todo el transecto, a excepción de aguas comparativamente menos densas ($< 24,8 \sigma_t$) situadas en el extremo costero de ambos transectos (**Figura 27**). La zona de estratificación vertical de densidad (picnoclina) se observó a lo largo de ambos transectos, situada entre los 20 (sector costero) y los 60 m de profundidad (sector oceánico). Bajo los 60 m de profundidad, la densidad se incrementa a una tasa relativamente constante con la profundidad, hasta alcanzar valores mayores a 26,0 σ_t en la máxima profundidad de muestreo.

La **Figura 28** muestra los perfiles verticales individuales de temperatura, salinidad y densidad en los primeros 100 metros de la columna de agua, considerando los dos transectos evaluados a las latitudes de 33°40' y 35°00'S. Los resultados revelan la ausencia de haloclinas en todas las estaciones, demostrando una distribución vertical homogénea en la columna de agua efectivamente evaluada. Por el contrario, la distribución vertical de la temperatura y de la densidad mostraron la presencia de termoclinas y picnoclinas en la gran mayoría de las estaciones de muestreo oceanográfico (con CTD), situadas entre los 20 y 60 m de profundidad, siendo estas zonas de estratificación vertical más intensas en el transecto situado más al sur (35°00'S).

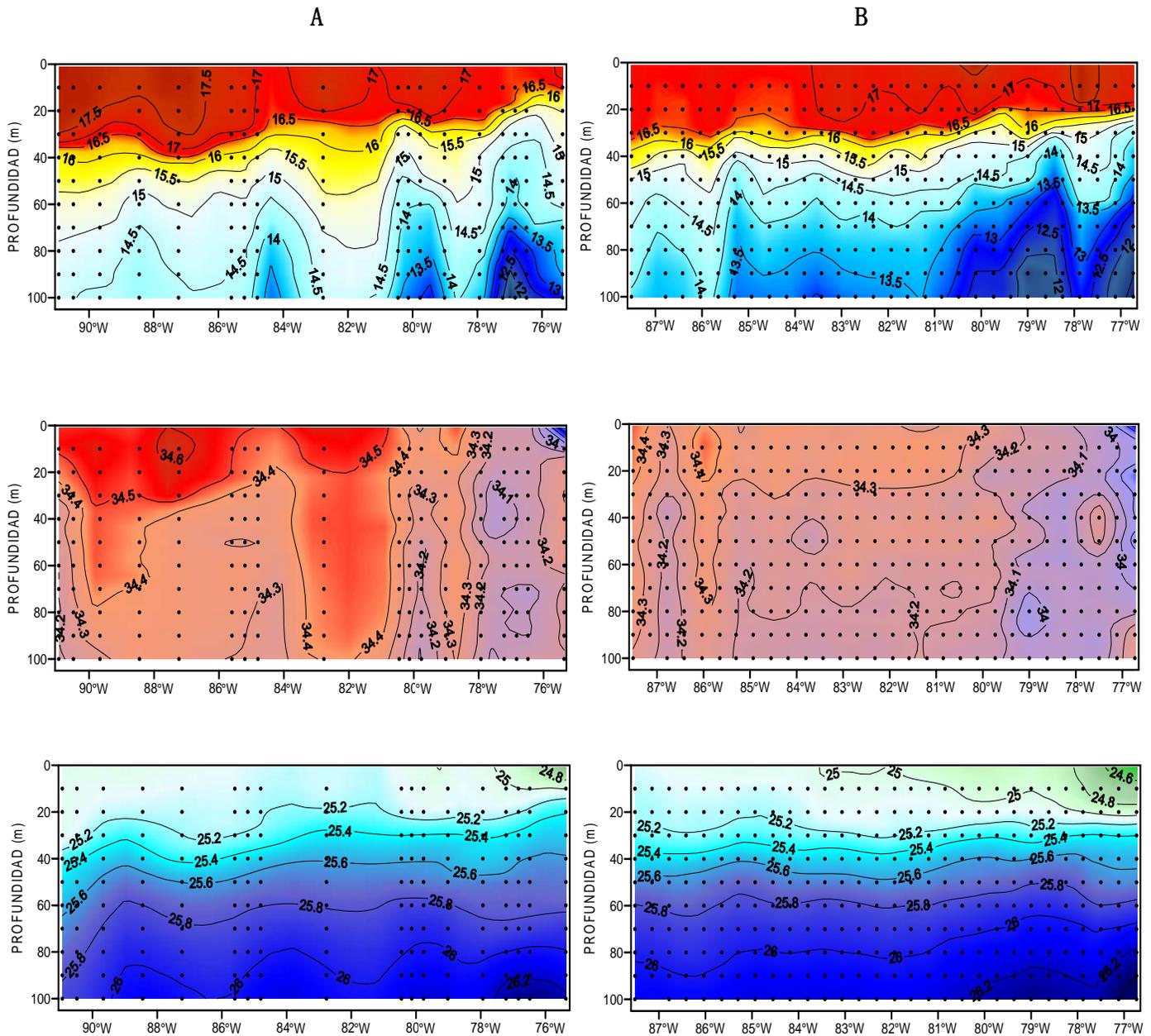
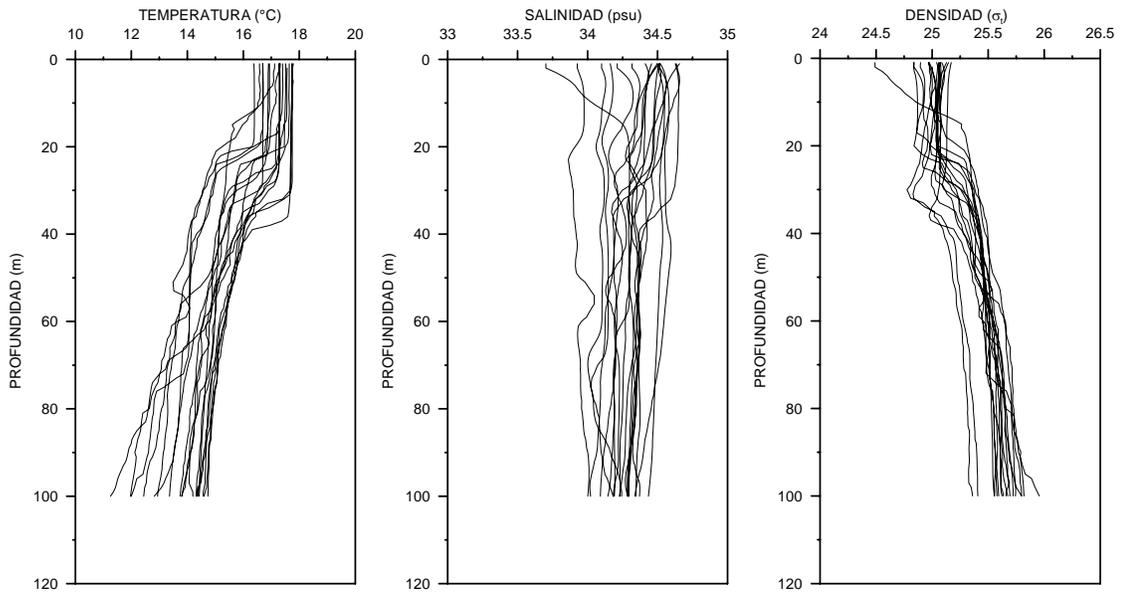


Figura 27. Secciones verticales de temperatura (T, °C), salinidad (S, psu) y densidad (D, σ_t) para los dos transectos realizados durante el crucero de noviembre de 2005. A) Transecto 33°40'S, B) Transecto 35°00'S.

TRANSECTO 33°40' S



TRANSECTO 35°00' S

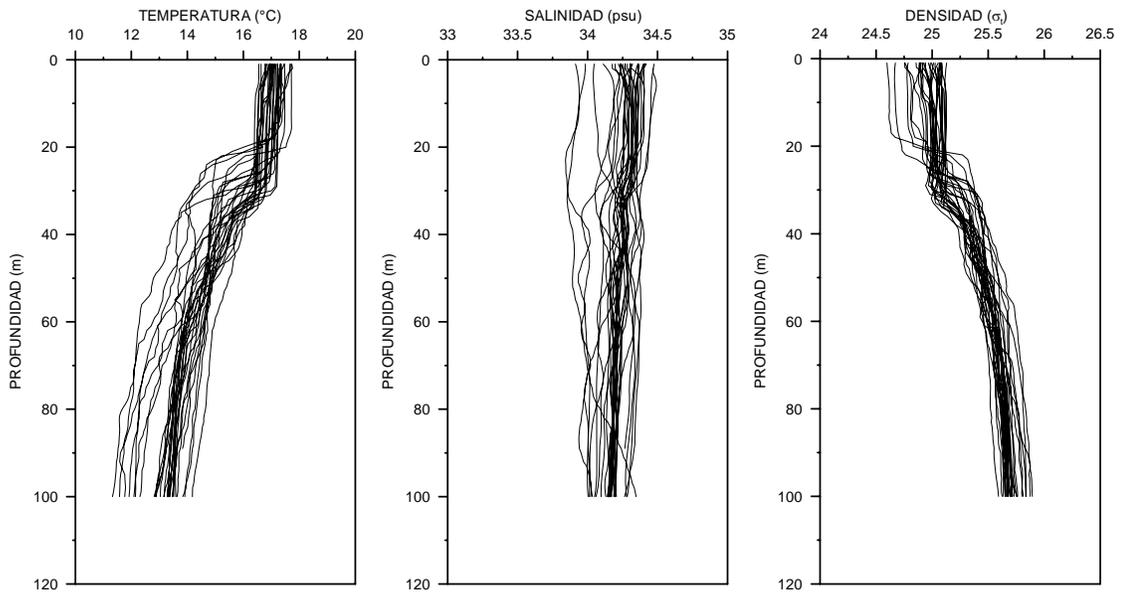


Figura 28. Perfiles verticales de temperatura (°C), salinidad (psu) y densidad (σ_t) para los dos transectos realizados durante noviembre de 2005.

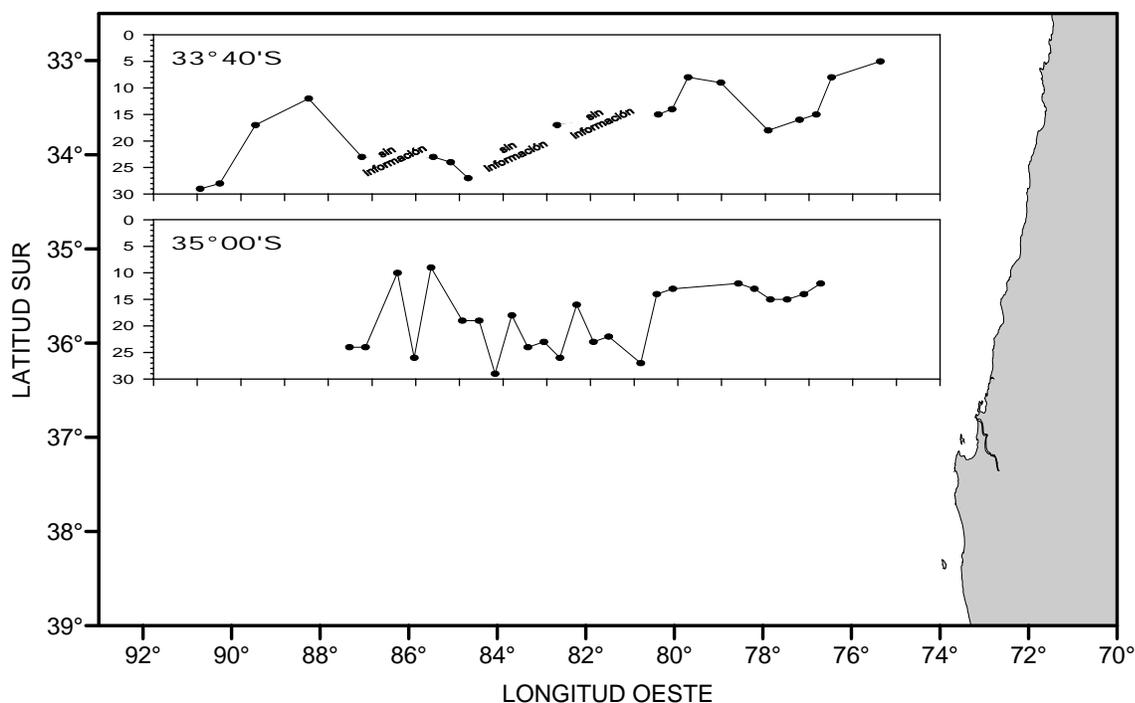


Figura 29. Profundidad de la capa de mezcla para los dos transectos realizados durante noviembre de 2005.

c) Profundidad de la capa de mezcla

La profundidad de la capa de mezcla (PCM) mostró un claro gradiente zonal positivo al océano, con PCM menores en el sector costero que alcanzaron los 10 m de profundidad, y una profundización de la capa de mezcla hacia el sector occidental de ambos transectos (PCM > 25 m; **Figura 29**). La transecta situada al norte del área de estudio, reveló un rango de variación entre los 5 y los 29 m, con un valor promedio de $17,1 \pm 7,3$ m para un total de 18 estaciones de muestreo. Por su parte, el transecto situado a los 35°S evidenció una mayor variabilidad en la PCM, especialmente entre los 80 y los 87°W, revelando un rango entre los 9 y 29 m y un valor promedio de $18,6 \pm 6,0$ m (n= 24).

7.7 Distribución y abundancia de huevos y larvas de jurel

La información de campo obtenida en el crucero de evaluación ejecutado en noviembre de 2005 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.

7.7.1 Área de desove y polígonos de estimación

El área de estudio, definida como la superficie efectivamente evaluada, alcanzó una extensión de 356.320 mn² (**Figura 30**), lo que significa una disminución de 11,8% respecto del área prospectada en noviembre de 2004 (= 403.980 mn²). El área de desove, calculada según la cuantificación de las sub-áreas que representan estaciones positivas alcanzó a 208.180 mn², siendo 32,3% menor que el área de desove observada en el año 2004 (=307.400 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 4 polígonos de estimación de la densidad (huevos/10m²), que ocuparon una superficie de 225.546,4 mn² (**Tabla 12**), representando 61,0% del área total de evaluación, no difiriendo sustancialmente de la proporción de área ocupada en noviembre de 2004 (= 62%, FIP 2004-33). Al respecto, cabe hacer notar que el área de desove por el enfoque geoestadístico es un 8,3% 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 213.180 mn², lo que equivale a 62,1% del área estudiada, que además es mayor que la proporción de área ocupada en noviembre de 2004 (= 57,8%). Bajo el enfoque geoestadístico transitivo, el área de distribución de las larvas se encontró fragmentada en 3 polígonos de estimación con una superficie de 229.499,3 mn², un 7,7% mayor que en el caso anterior.

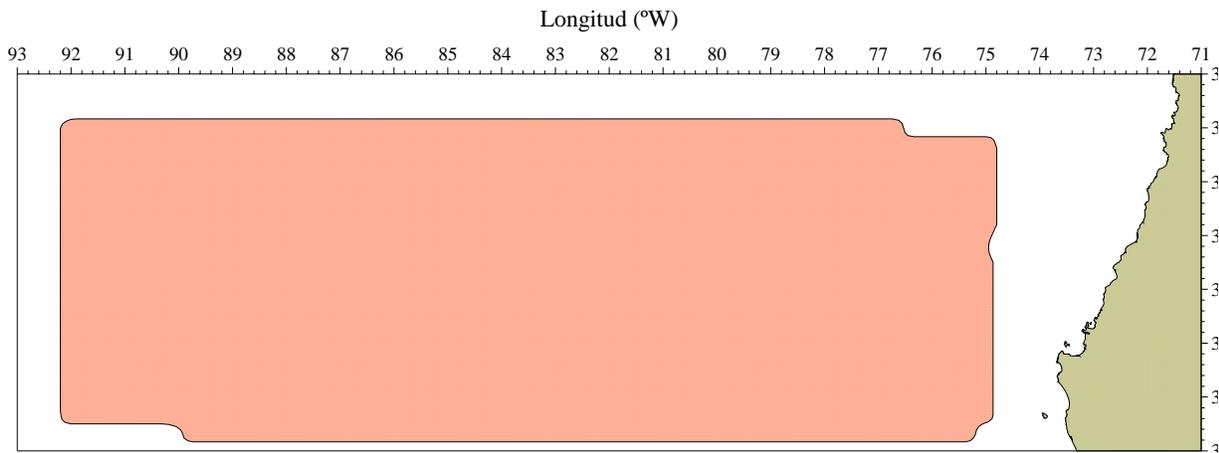


Figura 30. Mapa que representa la disposición espacial del área de estudio de la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de de jurel (*Trachurus murphyi*) en noviembre de 2005.

Tabla 12. Area (mn²) de los polígonos de estimación identificados para huevos y larvas de jurel en el área de estudio (noviembre de 2005), según enfoque geoestadístico transitivo.

Polígono	Huevos	Larvas
1	7.323,1	2.353,9
2	7.016,7	1.038,3
3	17.946,9	226.008,1
4	193.259,7	
Total	225.546,4	229.499,3

7.7.2 Distribución espacial de huevos y larvas

7.7.2.1 Huevos de jurel

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 13**. El mismo análisis indica que la varianza no explicada por el variograma (**Figura 31**) alcanza a 9,8%, considerado bajo para este tipo de estudios. La distribución espacial de la densidad (huevos/10m²) de huevos de jurel se entrega a la forma de un mapa de contornos en la **Figura 32**.

Tabla 13. Parámetros del variograma teórico ajustado a los registros de densidad de huevos (núm/10m²) y larvas (núm/10m²) de jurel. Bondad de ajuste: SCR = suma de cuadrados residuales.

Parámetros	Huevos	Larvas
Modelo	Exponencial	Esférico
Rango (mn)	163,640	299,307
Umbral (<i>sill</i>)	7.011,715	5.344,648
Efecto pepita (nugget)	757,947	1.015,885
SCR	1.451.075,0	1.378.887,0

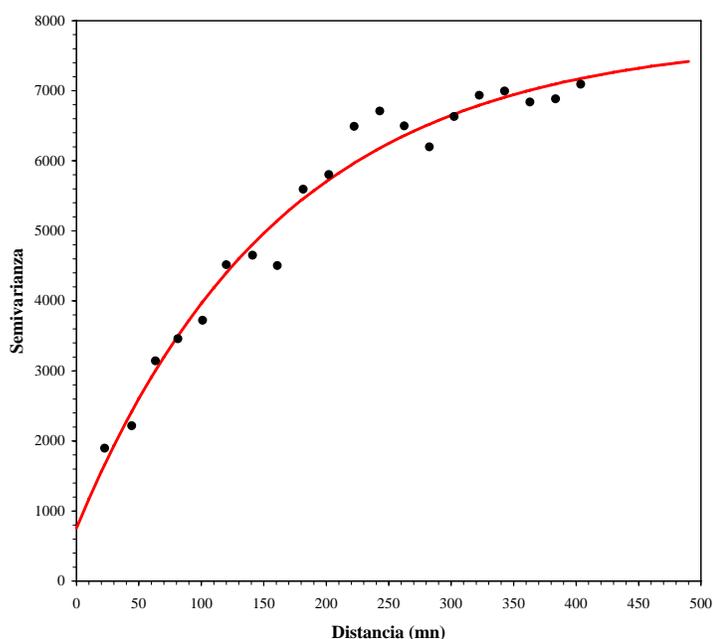


Figura 31. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de huevos de jurel (*Trachurus murphyi*, huevos/10m²) en el área de estudio en noviembre de 2005.

Durante el crucero realizado en noviembre de 2005 se observó una amplia cobertura de huevos de jurel en el área de estudio, disminuída respecto del año 2004, destacando núcleos de mayor densidad de huevos (> 1000 huevos 10 m⁻²) en la región situada al sur de los 35°30'S y hacia el oeste de los 80°W (**Figura 32**).

En esta región, las mayores densidades reportadas alcanzaron densidades superiores a 4000 huevos 10 m^{-2} (densidades interpoladas superiores a los 2000 huevos 10 m^{-2}), específicamente en estaciones situadas frente a los $36^{\circ}30'S$ entre los 83° y los $84^{\circ}W$. Adicionalmente, se destaca también un núcleo costero centrado en los $35^{\circ}30'S$ y los $76^{\circ}40'W$, con densidades superiores a 1000 huevos 10 m^{-2} . Por el contrario, el sector situado al norte de los $35^{\circ}S$ y al oeste de los $81^{\circ}W$, evidenció la virtual ausencia de huevos de jurel, lo que difiere del patrón de distribución informado para cruceros anteriores.

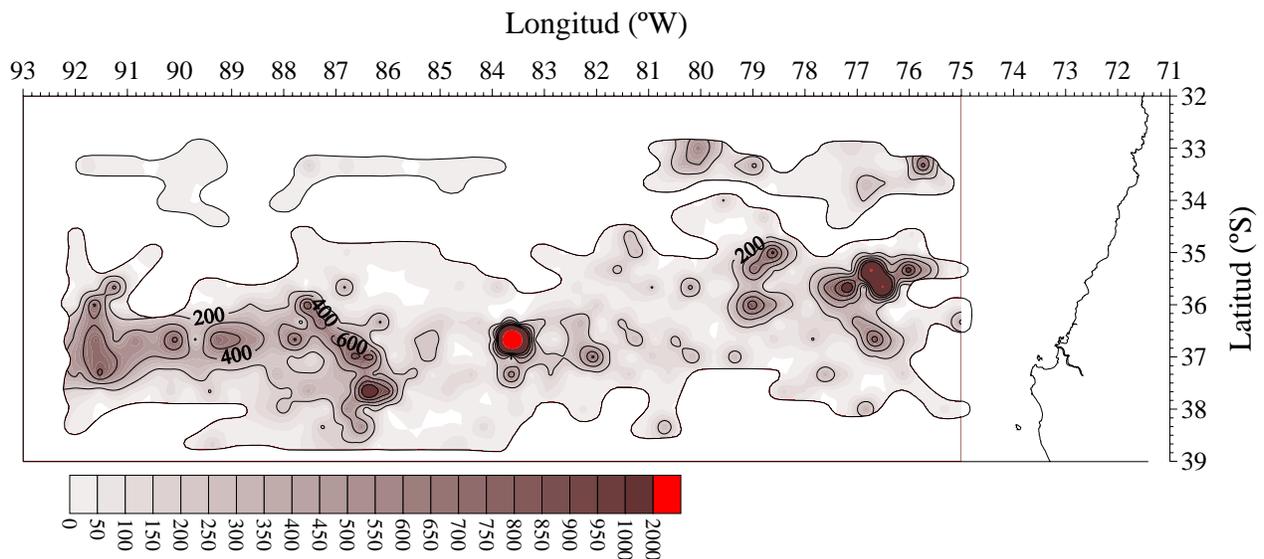


Figura 32. Distribución espacial de la densidad de huevos de jurel (huevos 10 m^{-2}) en el área de estudio, para el crucero desarrollado en noviembre de 2005.

Las **Tabla 14** entrega los índices de abundancia de huevos de jurel para el crucero de noviembre de 2005, y su contrastación con los índices calculados para el período 1997-2004. Las estaciones positivas (con presencia de huevos de jurel), representaron un 41,6% de las estaciones realizadas (784 estaciones), porcentaje claramente inferior al reportado para el crucero anterior (2004), y constituyendo el valor más bajo reseñado para el período histórico de estudio (1997-2005). Lo anterior también fue válido para la densidad de huevos de jurel en las estaciones totales (98,4 huevos 10 m^{-2}) y estaciones positivas (236,7 huevos/ 10 m^{-2}), correspondientes a densidades menores a las reportadas en cruceros anteriores.

Tabla 14. Estadística de la distribución de huevos de jurel entre 1997 y 2005. D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) = varianza de la densidad media en estaciones positivas, EE(Dpos) = error estándar; Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima.

Estadísticos	1997	1998	1999-n	1999-d	2000	2001	2003	2004	2005
Estaciones totales	66	173	751	363	880	661	694	910	784
Estaciones positivas	34	125	546	212	660	478	419	658	326
Porcentaje (%)	51,5	72,3	72,7	58,4	75,0	72,3	60,4	72,3	41,6
D	108,5	317,9	561,7	266,3	444,2	639,4	131,5	373,5	98,434
Var(D)	506,9	1903,2	3460,7	400,9	339,1	1777,0	97,0	694352,0	68926,4
EE(D)	22,5	43,6	58,8	20,0	18,4	42,2	10,0	833,3	262,5
Dpos	210,6	440,0	772,6	455,9	592,2	884,2	217,9	516,6	236,7
Var(Dpos)	1938,1	3653,6	6550,6	1177,8	603,1	2946,3	221,3	886663,7	133221,8
EE(Dpos)	44,0	60,4	80,9	34,3	24,6	54,3	14,9	941,6	365,0
Dmin	26,2	30,1	35,4	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	4420,9

Los cambios interanuales de las densidades de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones para el período histórico se presentan en la **Figura 33**.

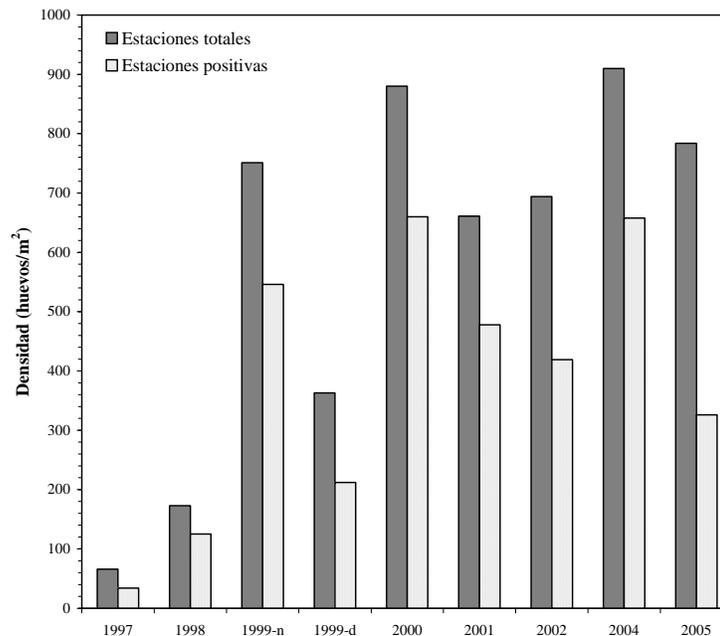


Figura 33. Cambios interanuales de las densidades de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones.

7.7.2.2 Larvas de jurel

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 300 mn (**Tabla 13**). El modelo de variograma teórico ajustado al variograma experimental que representa la continuidad espacial de la densidad de larvas de jurel en el área de estudio correspondió al modelo esférico, cuyos parámetros se entregan en la Tabla 3 (**Figura 34**).

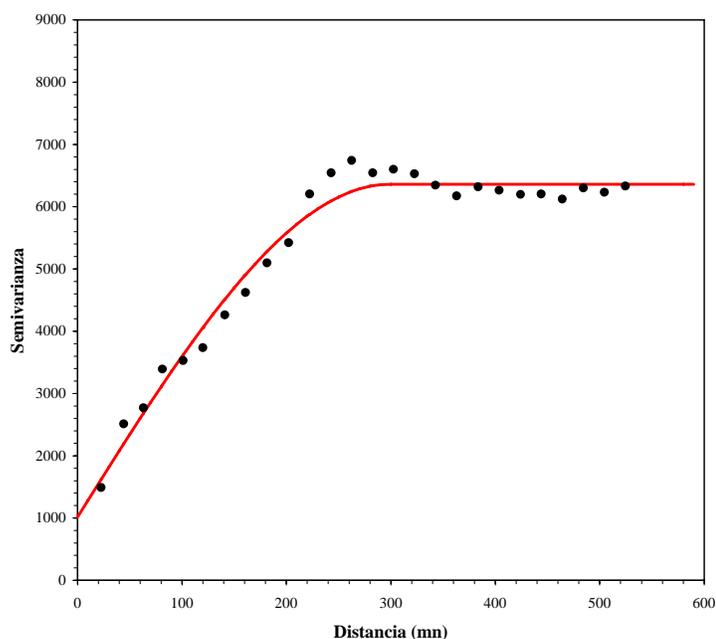


Figura 34. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de larvas de jurel (larvas 10m^{-2}) en la zona de estudio.

A diferencia de la distribución espacial de huevos, la distribución espacial de la densidad de larvas ($\text{ind}/10\text{m}^2$) se presentó menos fragmentada, habiéndose identificado 3 focos de densidad (**Figura 35**), alcanzando en conjunto un área total de $229499,3 \text{ mn}^2$ (**Tabla 13**), mayor que el área de distribución de huevos (1,7%), y equivalente a 62,1% del área de evaluación.

La distribución espacial de larvas de jurel (**Figura 35**) descrita para el crucero realizado en noviembre de 2005, reveló una cobertura espacial similar a la reportada para los huevos de la especie, con núcleos de densidades superiores a los 800 larvas 10 m^{-2} situados hacia el borde occidental ($> 88^\circ\text{W}$) del área prospectada, frente a los 36° de latitud. Destaca para este caso, a diferencia de la distribución de huevos, la presencia de tres núcleos de densidades superiores a 500 larvas 10 m^{-2} en el sector noroccidental del área de estudio.

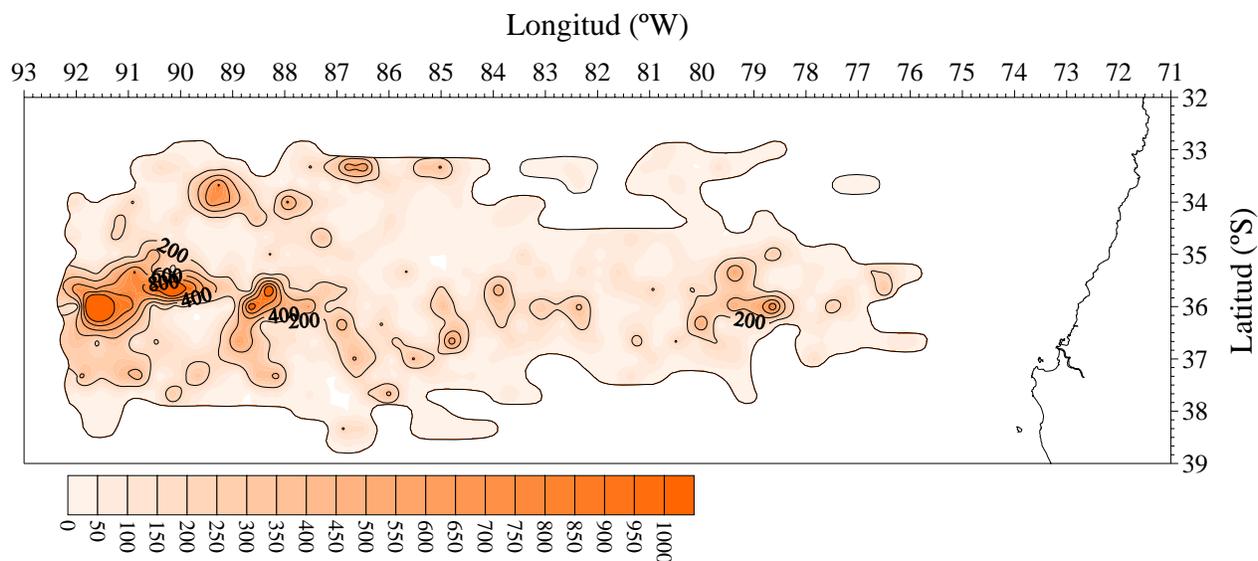


Figura 35. Distribución espacial de la densidad de larvas de jurel (larvas 10m^{-2}) en el área de estudio, para el crucero desarrollado en noviembre de 2005.

La **Tabla 15** entrega los índices de abundancia de larvas de jurel para el crucero de noviembre de 2005, y su contrastación con los índices calculados para el período 1997-2004. Las estaciones positivas (con presencia de larvas de jurel), representaron un 46,8% de las estaciones realizadas (784 estaciones), porcentaje inferior al reportado para el crucero anterior (2004), pero que no constituye el valor más bajo para el período histórico de estudio como en el caso de los huevos. En este crucero, la densidad de larvas en las estaciones totales y positivas correspondió a 86,9 larvas $/10\text{m}^2$ y 185,8 larvas/ 10m^2 , respectivamente. Las densidades de huevos fueron inferiores al crucero de noviembre de 2004, pero superiores a lo reportado para los años 1997 y 2003, y la densidad de larvas fueron inferiores a las informadas para los años 1997 y 2003, y similar a la del año 2004. Los cambios interanuales de la densidad de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones para el período histórico se presentan en la **Figura 36**.

Tabla 15. Estadística de la distribución de larvas de jurel entre 1997 y 2005. D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) =varianza de la densidad media en estaciones positivas, EE(Dpos)= error estándar; Dmin= densidad mínima, Dmax= densidad máxima.

Estadísticos	1997	1998	1999-n	1999-d	2000	2001	2003	2004	2005
Estaciones	66	173	751	363	880	661	694	910	784
Estaciones positivas	18	101	501	207	678	504	270	483	367
%	27,3	58,4	66,7	57,0	77,0	76,2	38,9	53,1	46,8
D	38,0	243,0	192,6	152,0	266,0	242,4	49,9	97,6	86,9
Var(D)	62,3	1130,5	97,8	134,7	125,4	163,6	19,2	39906,7	35358,0
EE(D)	7,9	33,6	9,9	11,6	11,2	12,8	4,4	199,8	188,0
Dpos	139,4	416,2	288,7	266,5	345,2	317,9	128,4	183,9	185,8
Var(Dpos)	873,6	3330,5	220,0	415,0	211,3	233,9	89,8	59350,6	57230,9
EE(Dpos)	29,6	57,7	14,8	20,4	14,5	15,3	9,5	243,6	239,2
Dmin	21,4	30,1	35,4	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	2122,1

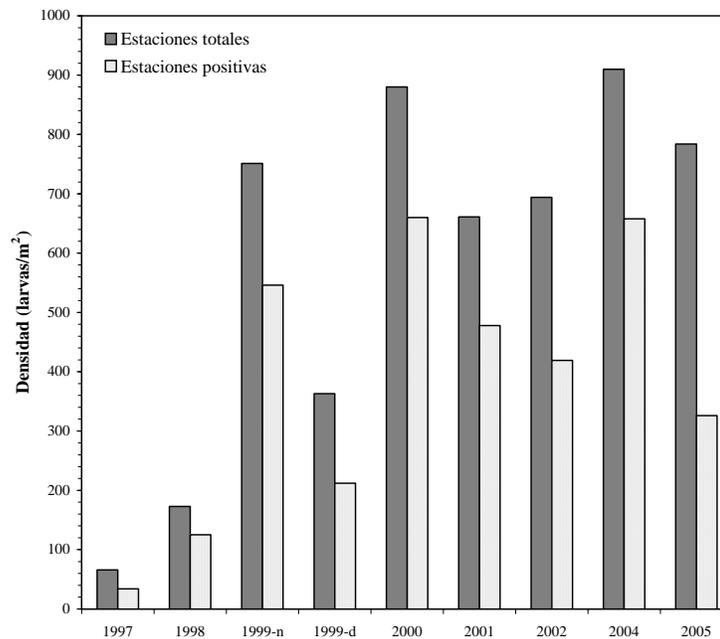


Figura 36. Cambios interanuales de las densidades de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones.

7.7.3 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 sólo dos variables. Los resultados de la aproximación exploratoria se presentan en la **Figura 37**, donde se observa que la distribución de huevos se incrementa fuertemente al sur de los 35°S, con máximas densidades entre los 35°S y 37°S.

Luego, se observa que la densidad se comporta independiente de los cambios de longitud y debido a que los intervalos de confianza estimados son muy amplios y se abren hacia los extremos longitudinales, es que no se determina una relación significativa de estas variables. 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 luego disminuir 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.

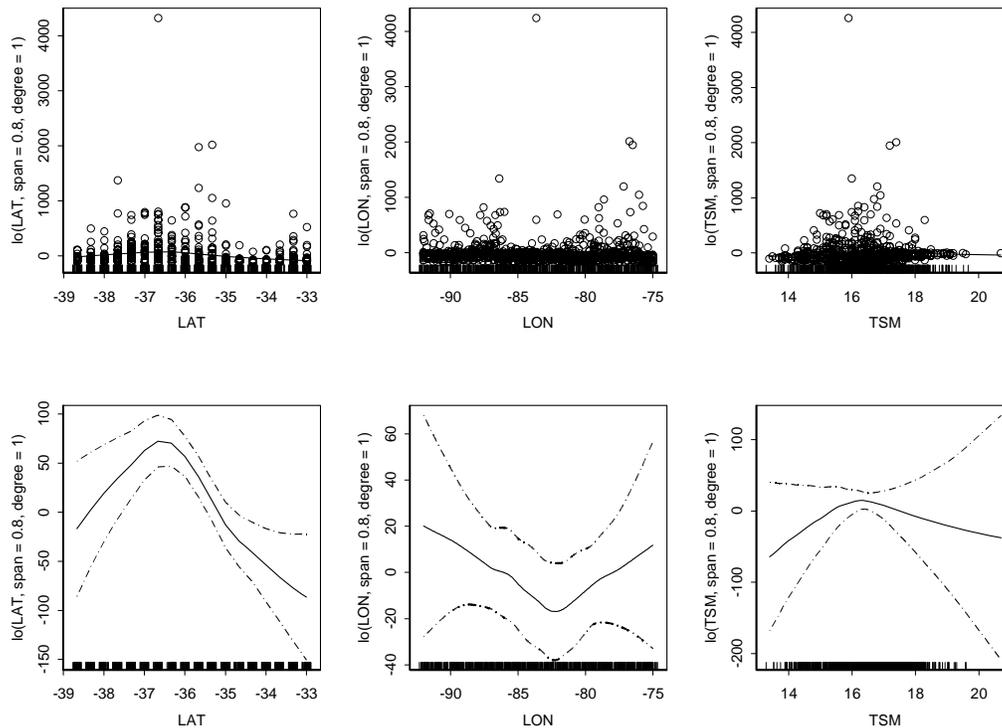


Figura 37. Densidad de huevos de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar (Noviembre de 2005, las bandas representan intervalos de confianza del 95%).

En el caso de las larvas, las mayores densidades se presentan en la porción central del área de estudio, con máximos entre los 35°S y 37°S (**Figura 38**). Longitudinalmente, se observa un aumento de la densidad media larval hacia el oeste del área de estudio, disminuyendo las concentraciones al acercarse hacia los 75°W (costa); en cuanto a la relación de la densidad larval con a temperatura, se observan mayores densidades de larvas entre los 16°C y 18° C. Sin embargo, los intervalos de confianza de los estimados no son tan estrechos como se determina para las variables de posición.

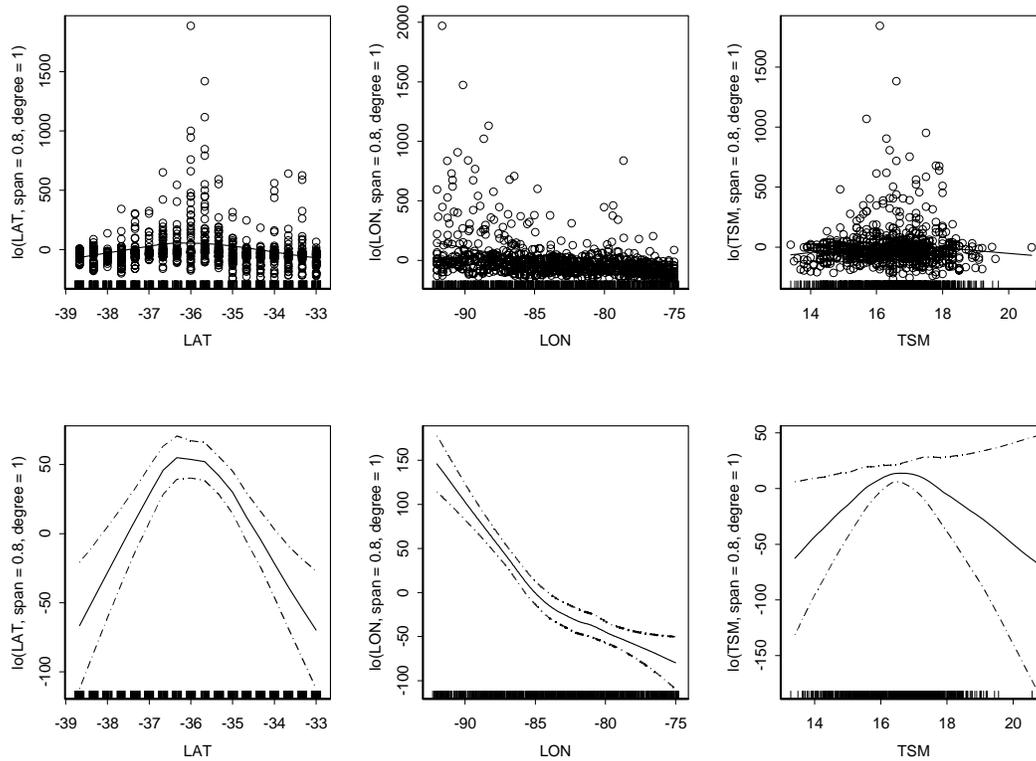


Figura 38. Densidad de larvas de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar (Noviembre de 2005, las bandas representan intervalos de confianza del 95%).

La **Tabla 16** resume la bondad de ajuste y la significancia de parámetros de los modelos ajustados para huevos y larvas. En el caso de los huevos, la relación entre la densidad de huevos y la longitud no es significativa, mientras que para las larvas, los 3 parámetros son significativos (Latitud, Longitud y Temperatura Superficial).

Tabla 16. 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	1,1	33,475	0,00001
lo(LON, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	1,1	1,507	0,22108
lo(TSM, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	0,8	6,324	0,01604
LARVAS DE JUREL				
Transformada				
lo(LAT, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	1,1	60,432	0,00001
lo(LON, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	1,1	11,507	0,00057
lo(TSM, ancho ventana = 0,8; grado = 1)	1	0,8	13,423	0,00057

7.7.4 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 de noviembre de 2005, se encontró ausencia de asociación significativa ($p > 0,05$) entre la densidad de huevos y larvas de jurel con la temperatura superficial del mar y la dinámica del área de estudio (velocidades geostroficadas). Por el contrario, para el caso de las variables intensidad del viento e índice de turbulencia, la densidad de huevos y larvas de jurel revelaron una asociación significativa en la mayoría de los casos (**Figuras 39 y 40**).

El grado de preferencia ambiental se verificó por intensidades de viento superiores a 6,3 m/s y 6,7 m/s para huevos y larvas, respectivamente (**Figuras 39 y 40, Tablas 17 y 18**), y para el caso del índice de turbulencia, éste indicó una asociación significativa sólo para larvas de jurel, con preferencia por turbulencia superior a $350 \text{ m}^3/\text{s}^3$.

Para la intensidad de la velocidad geostrofica, se evidenció una asociación no significativa, denotando ausencia de rangos preferenciales para dicha variable ($p=0,4065$ y $p= 0,8660$, para huevos y larvas, respectivamente), aunque recientemente se ha entregado evidencias de un posible acoplamiento biofísico entre cardúmenes de jurel y la presencia de anillos o giros de mesoescala al interior de la zona de transición costera (**Hormazábal *et al.*, 2004, 2006**).

A pesar que el crucero de noviembre de 2005 se verifica como la primera oportunidad en que no se informa una asociación significativa para el caso de la TSM, al integrar todos los valores calculados para el período 1998- 2005, se observa un rango preferencial para la TSM ($> 16,9 \text{ }^\circ\text{C}$, $p= 0,000$) lo que indica que, con la información disponible de siete cruceros en el área oceánica de desove de jurel frente a Chile central, los huevos y larvas de jurel muestran una clara preferencia por aguas cálidas, con TSM superiores a 16,2 (en el caso de los huevos) y mayores a 16,9 (en el caso de las larvas de jurel) (**Tablas 6 y 7, Figuras 41 y 42**). Lo anterior, es consistente con lo informado recientemente por **Núñez *et al.* (2004)** quienes mediante análisis de frecuencias ortogonales empíricas (espacial) evidencian un acoplamiento entre huevos de jurel y variables ambientales (TSM y la intensidad del viento), y con lo reportado por **Cubillos *et al.* (2006)** en relación con la asociación funcional entre la TSM y el reclutamiento de jurel frente a Chile central.

Los datos integrados para el período 1998-2005 revelaron, por su parte, asociaciones no significativas con las variables intensidad de viento e índice de turbulencia.

Tabla 17. Asociación entre huevos y variables ambientales en el área de desove de jurel frente a Chile central. Período 1998-2005. Rango preferencial y significancia estadística (entre paréntesis).

Crucero	Temperatura superficial del mar (°C)	Intensidad del viento (m/s)	Indice de turbulencia (m ³ /s ³)
Diciembre de 1998	> 16,2 (p= 0,004)	Sin preferencia (p= 0,469)	Sin preferencia (p= 0,954)
Noviembre de 1999	>16,5 (p= 0,007)	Sin preferencia (p= 0,066)	> 98,1 (p= 0,041)
Noviembre de 2000	> 17,5 (p= 0,000)	Sin preferencia (p= 0,169)	Sin preferencia (p= 1,000)
Noviembre de 2001	> 16,6 (p= 0,006)	> 8,1 (p= 0,005)	Sin preferencia (p= 1,000)
Noviembre de 2003	> 15,4 (p= 0,009)	Sin preferencia (p= 0,787)	Sin preferencia (p= 0,195)
Noviembre de 2004	> 16,2 (p= 0,033)	Sin preferencia (p= 1,000)	Sin preferencia (p= 1,000)
Noviembre de 2005	Sin preferencia (p= 0,439)	> 6,3 (p= 0,024)	Sin preferencia (p= 0,085)
Todos los datos (1998-2005)	> 16,2 (p= 0,000)	Sin preferencia (p= 0,997)	Sin preferencia (p= 1,000)

Tabla 18. Asociación entre larvas y variables ambientales en el área de desove de jurel frente a Chile central. Período 1998-2005. Rango preferencial y significancia estadística (entre paréntesis).

Crucero	Temperatura superficial del mar (°C)	Intensidad del viento (m/s)	Indice de turbulencia (m ³ /s ³)
Diciembre de 1998	16,0 - 17,7 p= 0,025	Sin preferencia (p= 0,087)	Sin preferencia (p= 0,937)
Noviembre de 1999	> 16,8 p= 0,000	Sin preferencia (p= 0,986)	Sin preferencia (p= 0,899)
Noviembre de 2000	>18,3 p= 0,000	Sin preferencia (p= 0,999)	Sin preferencia (p= 1,000)
Noviembre de 2001	> 16,9 p= 0,000	Sin preferencia (p= 0,704)	Sin preferencia (p= 1,000)
Noviembre de 2003	> 16,1 (p= 0,000)	Sin preferencia (p= 0,998)	Sin preferencia (p= 0,997)
Noviembre de 2004	> 16,4 (p= 0,000)	Sin preferencia (p= 1,000)	Sin preferencia (p= 0,983)
Noviembre de 2005	Sin preferencia (p= 0,573)	> 6,7 (p= 0,000)	> 351 (p= 0,001)
Todos los datos (1998-2005)	> 16,9 (p= 0,000)	Sin preferencia (p= 1,000)	Sin preferencia (p= 1,000)

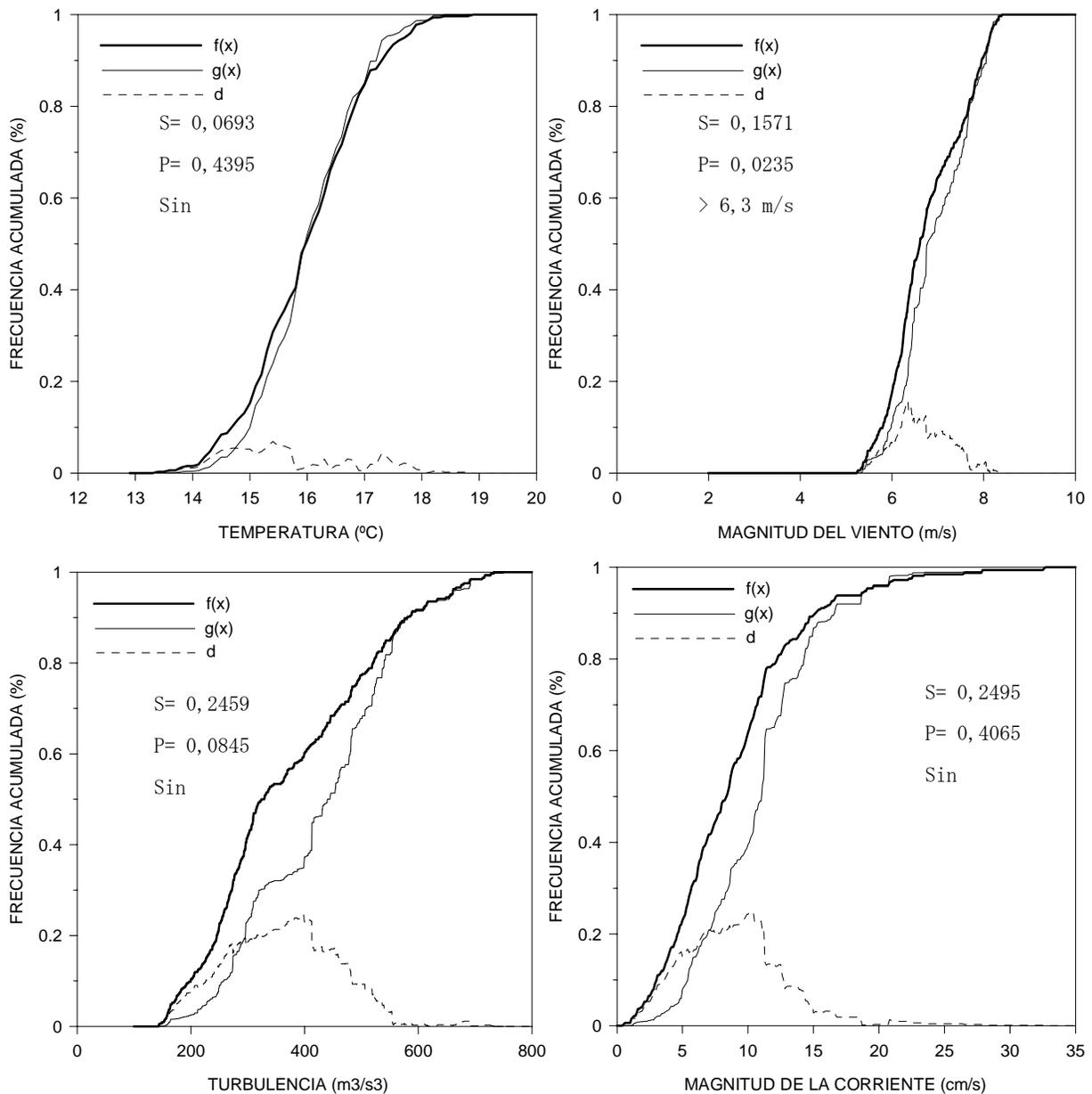


Figura 39. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre huevos de jurel (huevos: 10 m^{-2}) y variables ambientales para el crucero realizado en noviembre de 2005. $f(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental. $g(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de huevos, d = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$. S distancia máxima entre $f(t)$ y $g(t)$. P significancia estadística.

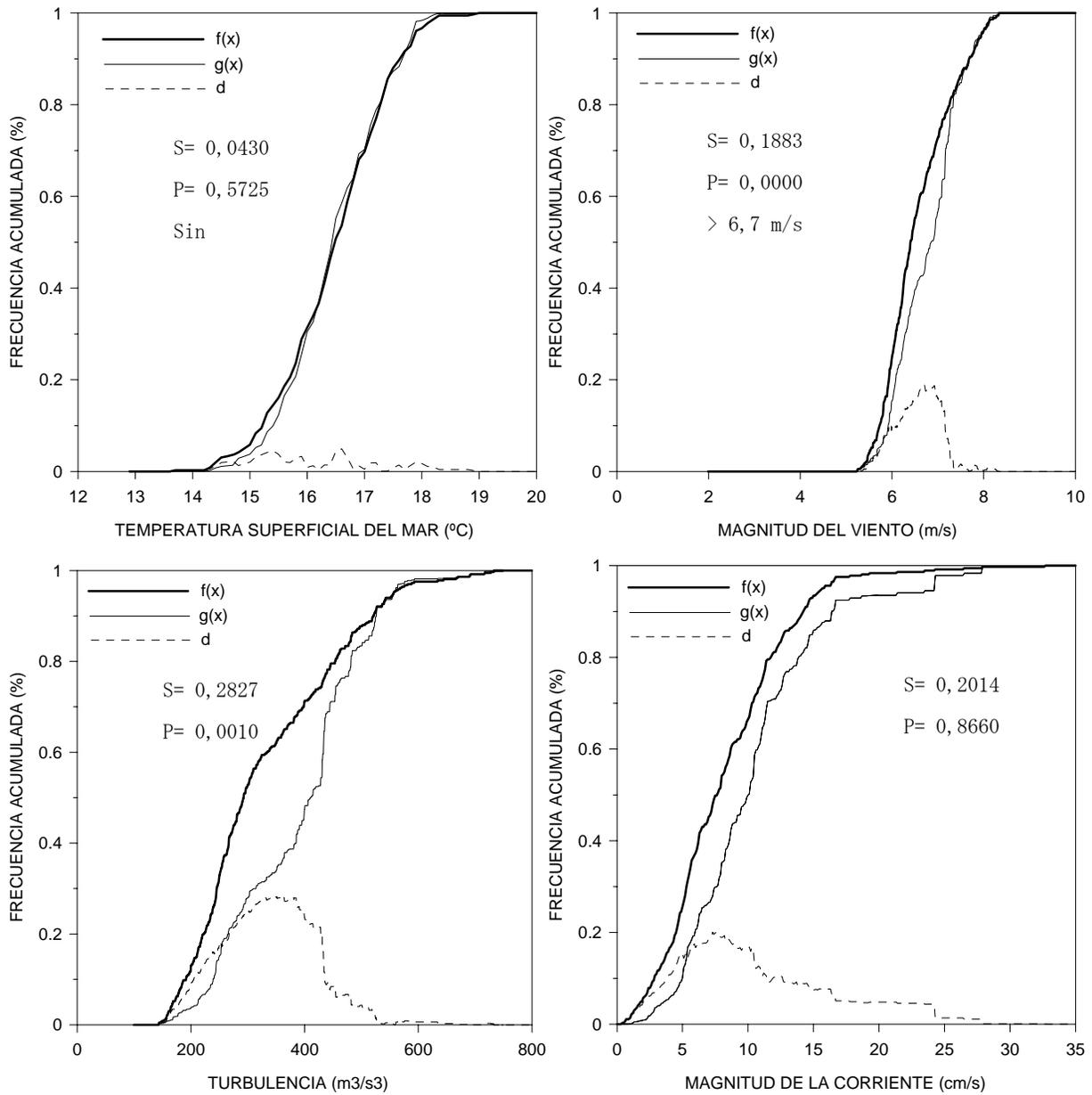


Figura 40. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas de jurel ($\text{larvas} \cdot 10\text{m}^{-2}$) y variables ambientales para el crucero realizado en noviembre de 2005. $f(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental. $g(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de larvas, d = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$. S distancia máxima entre $f(t)$ y $g(t)$. P significancia estadística.

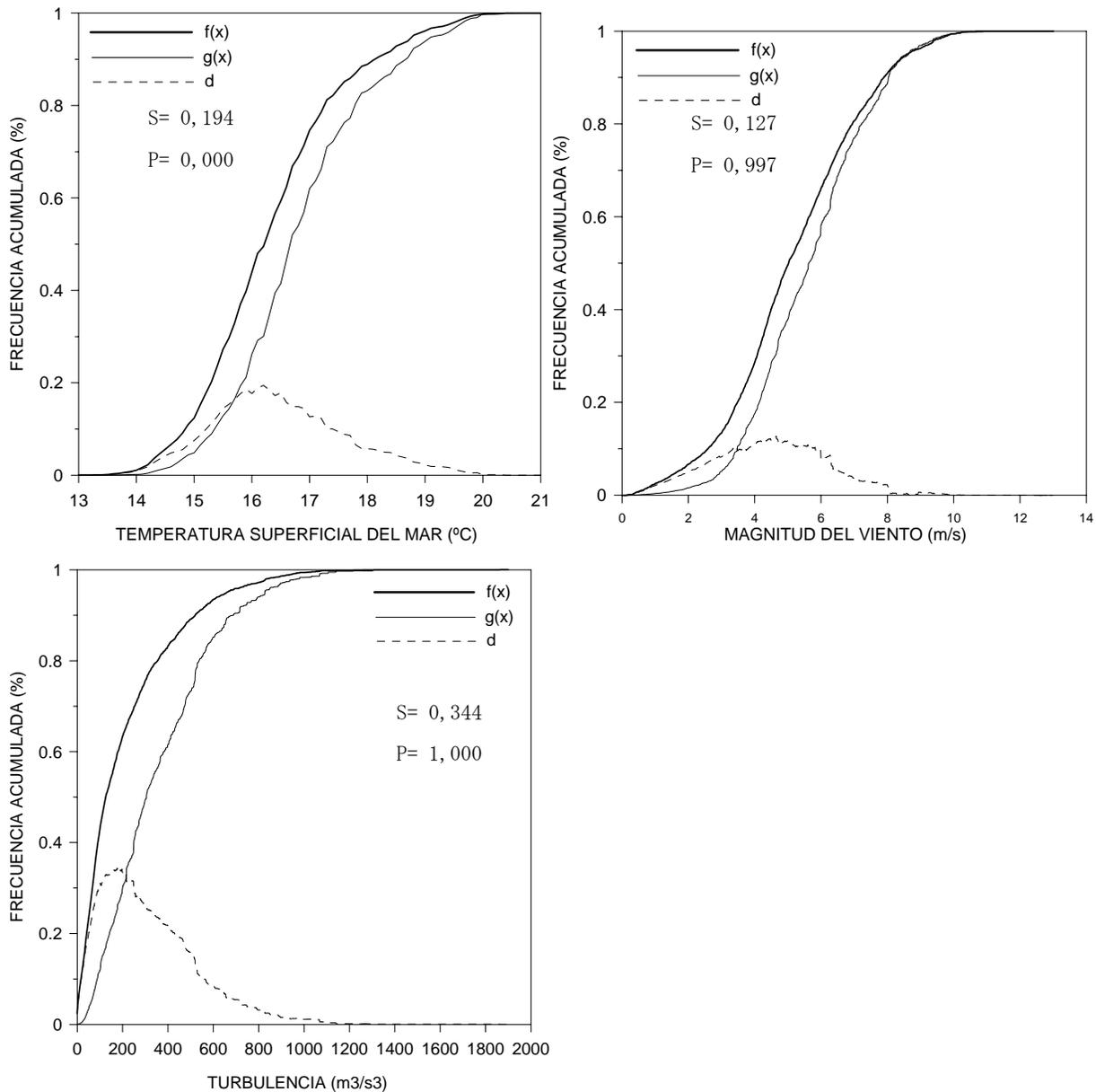


Figura 41. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre huevos de jurel (huevos: 10m^{-2}) y variables ambientales para todos los datos integrados desde los cruceros realizados en el período 1998-2005. $f(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental. $g(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de larvas, d = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$. S distancia máxima entre $f(t)$ y $g(t)$. P significancia estadística.

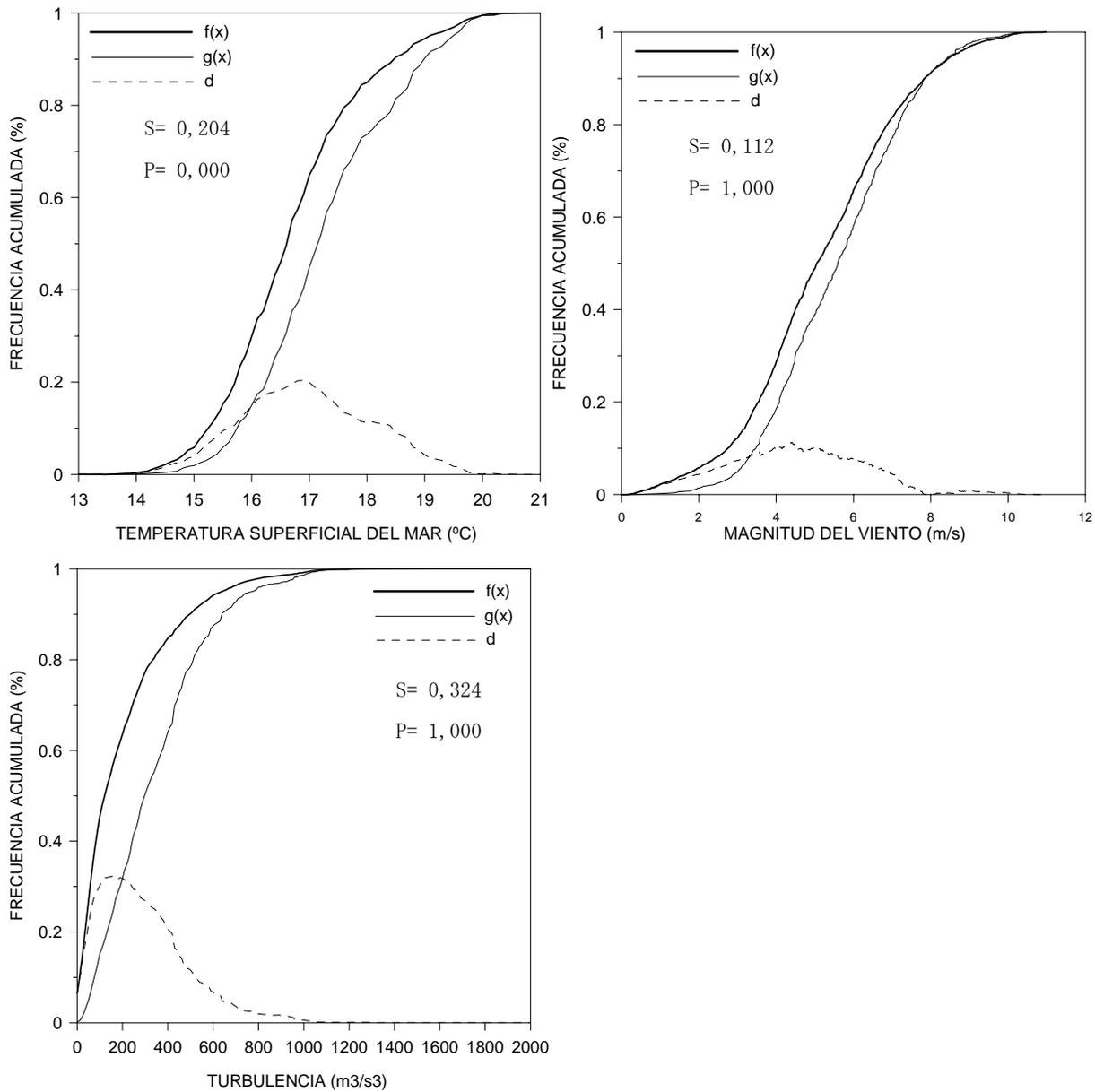


Figura 42. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas de jurel (larvas $10 \cdot m^{-2}$) y variables ambientales para todos los datos integrados desde los cruceros realizados en el período 1998-2005. $f(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental. $g(t)$ = frecuencia acumulada de la variable ambiental * la densidad de larvas, d = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$. S distancia máxima entre $f(t)$ y $g(t)$. P significancia estadística.

7.7.5 Estratificación vertical de huevos y larvas de jurel

En las **Tablas 19** y **20** 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. Al igual que en noviembre de 2004, 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, $p < 0,05$).

Tabla 19. Densidad de huevos de jurel (ind.10m⁻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	1	1					0,0
	2	1	141,5	35,4	0,0	0,0	176,8
	3	1	424,4	212,2	0,0	0,0	636,6
	4	1	106,1	35,4	0,0	0,0	141,5
	5	1	247,6	141,5	35,4	0,0	424,4
	6	1	353,7	35,4	0,0	0,0	389,0
	7	1	389,0	70,7	0,0	35,4	495,1
	8	1	353,7	70,7	35,4	70,7	530,5
	9	1	106,1	0,0	35,4	0,0	141,5
Chivilingo I	1	2					
	2	2					
	3	2					
	4	2					
	5	2					
	6	2	70,7	0,0	0,0	0,0	70,7
	7	2					
	8	2					
	9	2					
Malleco	1-20	3					
	21	3	35,4	35,4	0,0	0,0	70,7
	22	3	70,7	0,0	35,4	0,0	106,1
	23	3					
	24	3					
	25	3	70,7	0,0	0,0	0,0	70,7
	26	3					
	27	3	35,4	0,0	0,0	0,0	35,4

Se observa una baja ocurrencia de estaciones positivas obtenidas para los huevos de jurel en las estaciones efectuadas (**Tabla 19**). En cambio para las larvas de jurel, las estaciones positivas se incrementan notablemente (**Tabla 20**).

Tabla 20. Densidad de larvas de jurel (ind.10m⁻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	1	1	0,0	70,7	35,4	0,0	106,1
	2	1	35,4	282,9	106,1	0,0	424,4
	3	1	176,8	424,4	0,0	106,1	707,4
	4	1	212,2	70,7	141,5	0,0	424,4
	5	1	0,0	212,2	176,8	0,0	389,0
	6	1	0,0	35,4	0,0	0,0	35,4
	7	1	70,7	318,3	0,0	318,3	707,4
	8	1	212,2	35,4	0,0	389,0	636,6
	9	1	212,2	176,8	0,0	0,0	389,0
Chivilingo I	1	2	0,0	0,0	35,4	0,0	35,4
	2	2	0,0	35,4	0,0	0,0	35,4
	4	2	0,0	0,0	0,0	35,4	35,4
	5	2	0,0	0,0	35,4	0,0	35,4
	6	2	0,0	35,4	0,0	0,0	35,4
	9	2	0,0	0,0	70,7	0,0	70,7
Malleco	1	3	672,0	813,5	318,3	212,2	2016,0
	2	3	742,7	70,7	70,7	141,5	1025,7
	3	3	282,9	495,1	70,7	70,7	919,6
	4	3	636,6	106,1	106,1	35,4	884,2
	5	3	212,2	70,7	176,8	176,8	636,6
	6	3	106,1	176,8	106,1	35,4	424,4
	7	3	176,8	35,4	0,0	0,0	212,2
	8	3	318,3	106,1	0,0	70,7	495,1
	9	3	70,7	424,4	35,4	0,0	530,5
	10	3	106,1	35,4	0,0	0,0	141,5
	11	3	70,7	0,0	35,4	0,0	106,1
	13	3	0,0	0,0	0,0	35,4	35,4
	16	3	106,1	0,0	0,0	0,0	106,1
	17	3	0,0	106,1	0,0	0,0	106,1
	18	3	35,4	0,0	35,4	0,0	70,7
	19	3	247,6	70,7	35,4	0,0	353,7
	20	3	141,5	106,1	0,0	0,0	247,6
21	3	35,4	318,3	0,0	35,4	389,0	
22	3	35,4	70,7	0,0	0,0	106,1	
23	3	0,0	70,7	35,4	0,0	106,1	
24	3	35,4	70,7	0,0	0,0	106,1	
25	3	35,4	0,0	35,4	0,0	70,7	
26	3	70,7	0,0	0,0	0,0	70,7	
27	3	106,1	35,4	0,0	35,4	176,8	

De similar distribución al 2004, se evidencia que más de un 70% 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 (**Figura 43**).

En el caso de los huevos, entre un 72% y un 100% 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 (**Figura 44**). El porcentaje de huevos que fueron encontrados entre 75 y 100 m es prácticamente desestimable.

Al igual que los resultados obtenidos tras el crucero de noviembre de 2004, las larvas muestran un mayor desarrollo vertical, sin embargo, la mayor proporción de larvas se encuentran en los 2 primeros estratos de profundidad (**Figura 45**).

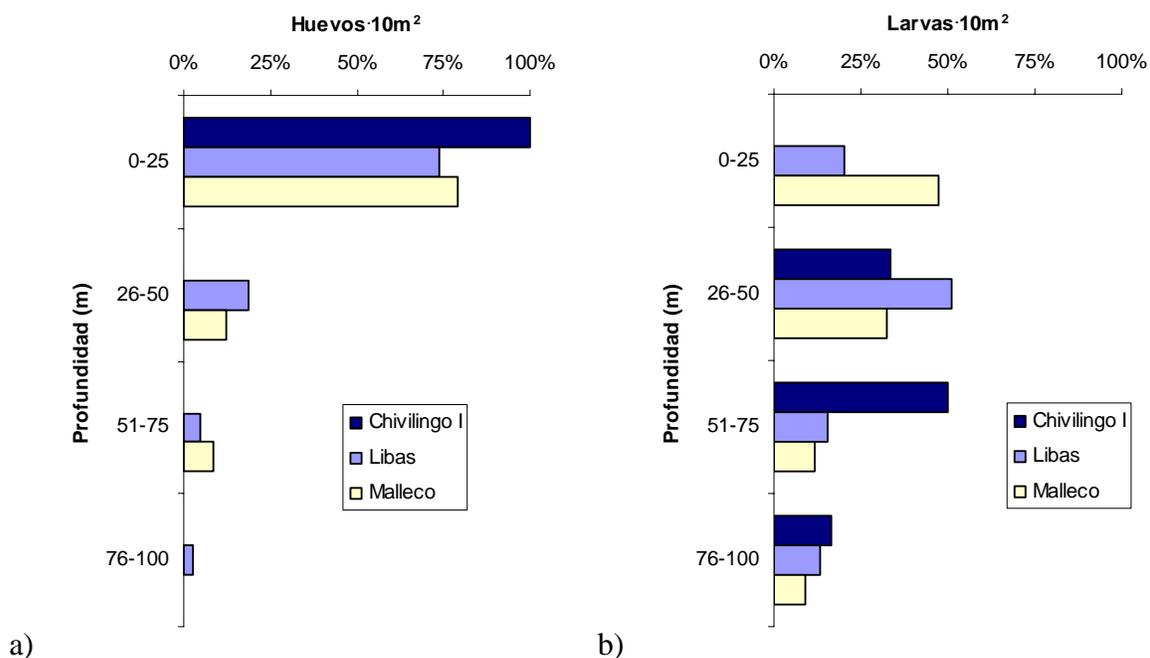


Figura 43. Distribución vertical promedio de a) huevos y b) larvas de jurel (expresados en porcentaje) por estrato de profundidad para cada una de las embarcaciones.

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 y larvas de jurel se encuentran en los estratos superficiales entre 0 y 50 m de profundidad.

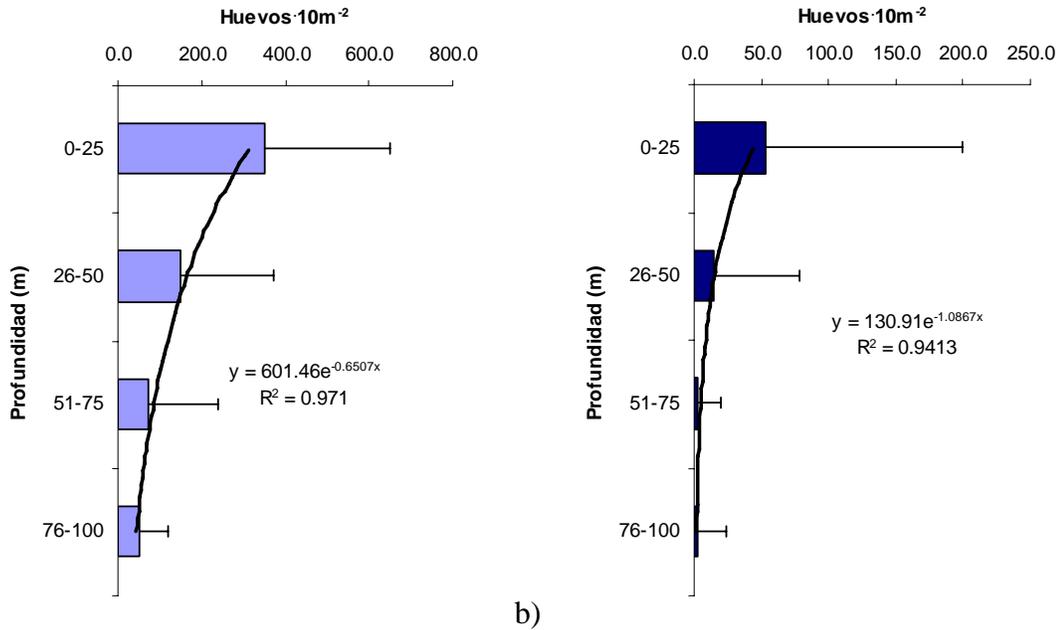


Figura 44. Densidad media por estrato de profundidad de huevos de jurel, a) 2004 b) 2005 (se incorpora ajuste exponencial; barras indican 1 d.e.).

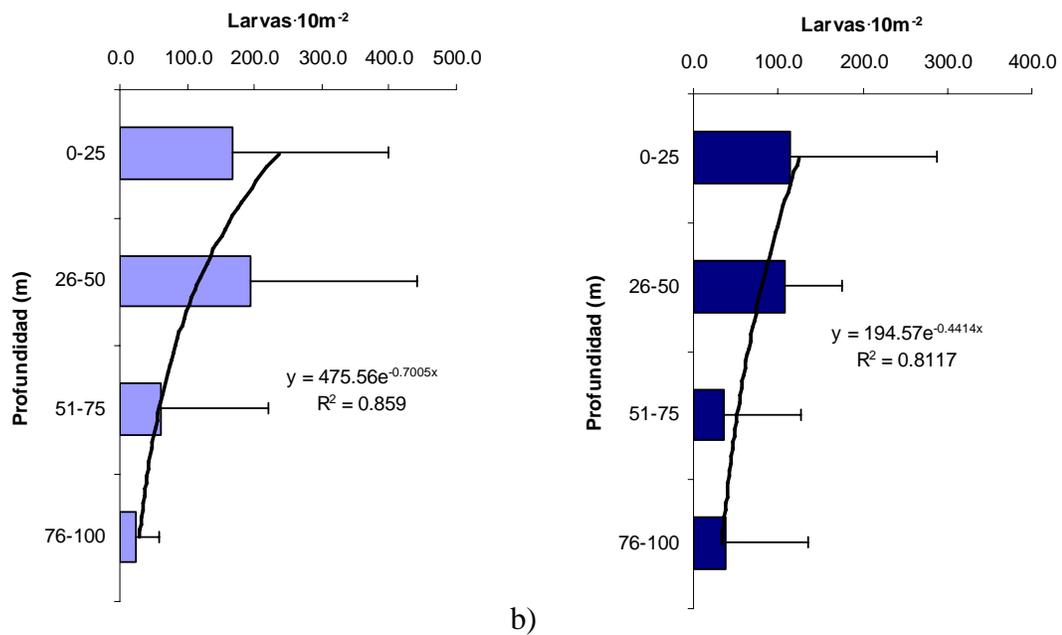


Figura 45. Densidad media por estrato de profundidad de larvas de jurel, a) 2004 b) 2005 (se incorpora ajuste exponencial; barras indican 1 d.e.).

7.8 PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD INSTANTÁNEA

7.8.1 Distribución de Estadios de Desarrollo

La distribución de huevos de jurel por estadio, se presenta en la **Figura 46** observándose que los estadios de desarrollo 3 y 6 son los más prevalentes en las muestras. Este patrón se mantiene al analizar cruceros anteriores, revelando que más del 50 % de los huevos identificados, se encuentra en el rango de los estadios III a VI. Es coincidente, para toda la serie histórica, la baja presencia de los estadios extremos, esto es, el I, II, X y XI.

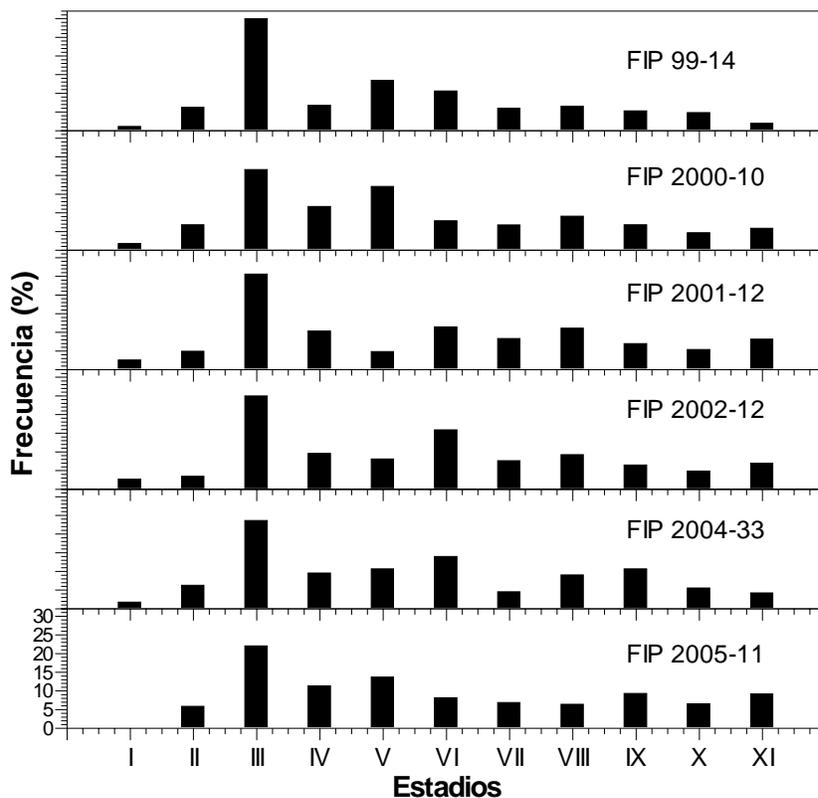


Figura 46. Número de huevos por estadio de desarrollo de jurel, expresados como porcentaje, para la serie histórica 1999-2005.

El número de huevos agrupados por rangos de edad provisionales de medio día, se presenta en la **Figura 47** en donde se observa que la edad máxima registrada no superó los 3 días de desarrollo. 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 es similar para todos los cruceros realizados, destacando que los años 2003 y 2005, se registran las abundancias más bajas de la serie (abundancias por grupo de edad bajo 20.000 huevos /10 m²).

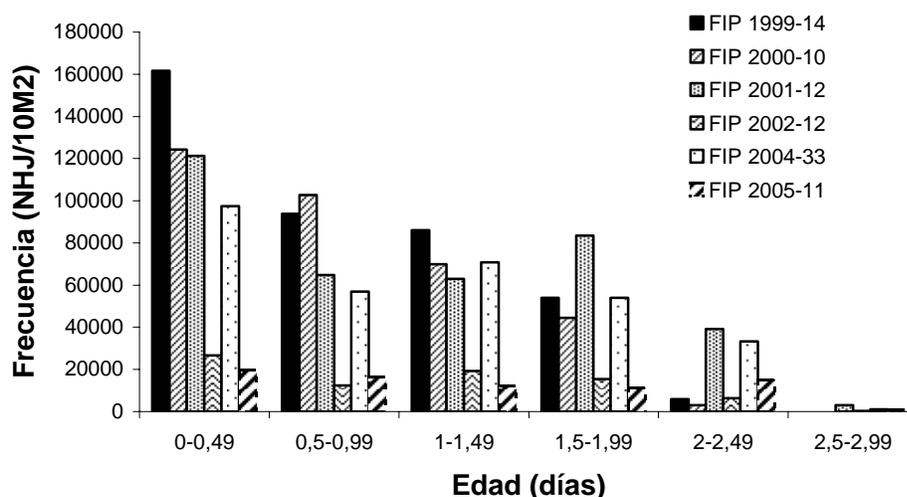


Figura 47. Número de huevos de jurel por grupos de edad provisionales de medio día.

7.8.2 Producción diaria de huevos y mortalidad

La producción diaria de huevos para el año 2005 fue de 99,4 ind/10m², valor inferior en un 174 % al registrado en el año 2004. Esta cifra, es muy similar al registrado el 2003, año en el cual se registró la producción más baja de toda la serie. Al comparar la producción del año 2005 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 un 400% a la registrada en el presente proyecto. Destaca el año 1999, en donde se observó el valor más alto (Po (ind/10 m²): 652,7), no comparable con ningún otro año de estudio.

En la **Tabla 21**, se presenta un resumen estadístico de la producción diaria de huevos y la tasa instantánea de mortalidad para el año 2005 y su comparación con los años anteriores.

Tabla 21. Producción diaria de huevos y coeficiente de mortalidad total de huevos de jurel, para la serie histórica 1999-2005.

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	652,7	8932,1	14,5	519,89 - 1021,51	0,67	0,0289	25,4	0,99 - 0,48	663746,68
2000	491,6	1145,8	6,9	437,86 - 566,19	0,64	0,00689	13,0	0,77 - 0,53	823077,37
2001	462,2	1898,3	9,4	386,11 - 577,30	0,32	0,00672	25,6	0,46 - 0,20	600320,16
2003	92,0	107,3	11,3	74,98 - 119,43	0,38	0,01	26,3	0,55 - 0,24	647967,69
2004	273,2	790,2	10,3	228,14 - 352,00	0,28	0,00792	31,8	0,44 - 0,16	1054352,49
2005	99,40	163,5	12,9	77,03 - -138,52	0,40	0,0109	26,1	0,54 - 0,24	773602,52

Las tasas de mortalidad para la serie 1999-2005, presentan grandes fluctuaciones, con un rango que va desde los 0,28 día⁻¹ para el año 2004, hasta los 0.67 día⁻¹ en el año 1999. La tasa de mortalidad instantánea del año 2005, indica que el 32,9% de los huevos de jurel muere diariamente (**Figura 48**).

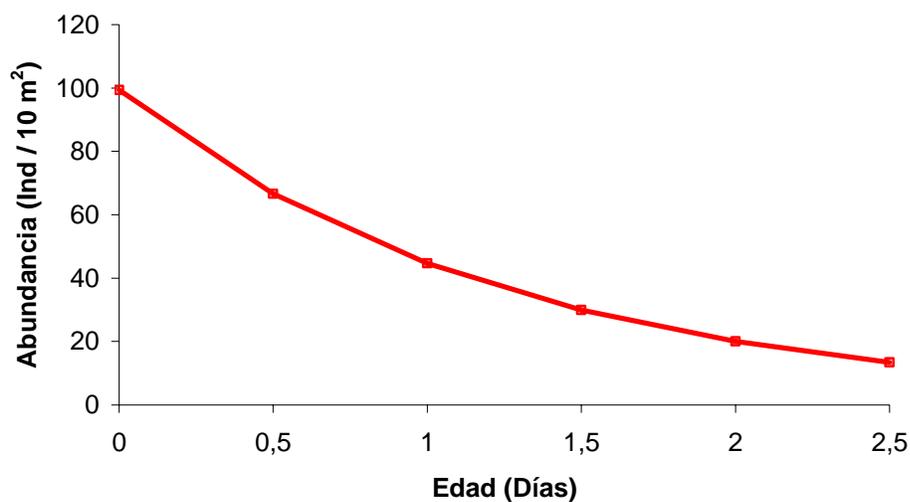


Figura 48. Curva de supervivencia de huevos de jurel: Abundancia (Nº huevos de jurel /10 m²) v/s Edad (días).

OBJETIVO 2: Caracterizar la condición reproductiva del jurel en la zona de estudio y determinar el área de desove

7.9 CRUCERO DE ADULTOS

Según lo acordado en el protocolo de muestreo, las embarcaciones debían realizar un lance de pesca diario, existiendo o no la visualización de algún tipo de agregación de jurel en los equipos acústicos. Esta actividad fue cumplida sólo en un 58%, producto principalmente de malas condiciones de tiempo en algunos días y zonas del área a prospectar y de fallas en algunas embarcaciones de los equipos necesarios para la realización de los lances.

Se realizaron un total de 47 lances de pesca, siendo en su mayoría realizados de manera protocolar, esto es, sin ningún tipo de avistamiento. Del total de estos lances, sólo 17 fueron positivos (36%), lo cual dificultó la obtención de número adecuado de ejemplares adultos para los respectivos análisis. Esta situación difiere de la encontrada el año 2004, en donde más del 60% de los lances fueron positivos (53 lances), y un 24% de éstos fueron realizados en base a pequeños avistamientos detectados en los equipos acústicos.

Cerca del 50 % de los lances se realizaron de día, cercanos al atardecer, aunque también existen registros importantes en las primeras horas de la mañana. En la **Figura 49**, se presenta la distribución espacial de estos lances, en donde se observa una amplia cobertura en el área de estudio. Con respecto a los lances positivos, casi la totalidad de estos fueron reportados al sur de los 36° S, evidenciándose una notoria ausencia del recurso al norte de esa zona. Las capturas logradas en estos lances no superaron la tonelada y el total de captura acumulada fue cercana a las 4 toneladas (**Tabla 22**).

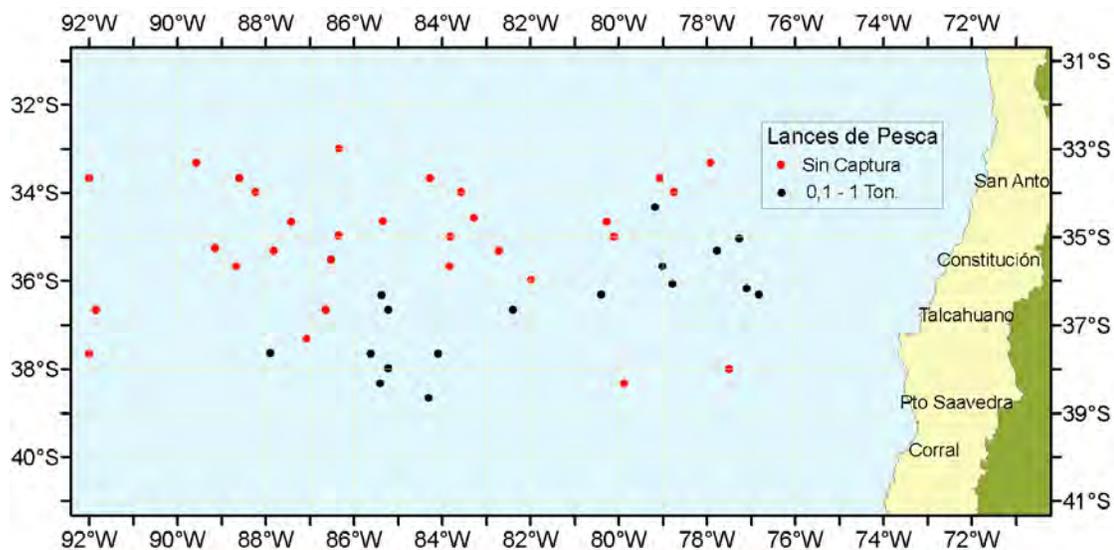


Figura 49. Distribución de los lances de pesca totales. Los círculos de color negro representan los lances positivos (n=17).

7.9.1 Estructura de tallas

La estructura de tallas de jurel para el total de lances positivos (17), fue analizada (**Figura 50**) para 2.789 ejemplares (1.449 machos y 1.340 hembras), los cuales fueron ponderados por la captura de cada lance, en número (miles de individuos) y en peso (Kg).

La composición por tallas de este crucero, reveló un amplio rango de tallas que van desde los 23 hasta los 52 cm de LH y una moda principal centrada en los 31 cm de LH. Al igual que en cruceros anteriores y tal como es reconocido en esta especie, no se observan grandes diferencias entre sexos (**Tabla 23**). Destaca la baja o casi nula presencia de ejemplares juveniles, situación que concuerda con la situación actual de esta pesquería.

Tabla 22. Resumen de los lances de pesca realizados durante el crucero de Noviembre de 2005.

Lance	Barco	DD	MM	AA	Latitud	Longitud	Hora	Captura Jurel (kg)
1	Chivilingo I	24	11	2005	3420	7910	9:00	8,5
2	Chivilingo I	29	11	2005	3300	8620	4:14	0
3	Javier	23	11	2005	3320	7756	18:25	0,4
4	Javier	26	11	2005	3320	8935	20:50	0
5	Javier	29	11	2005	3439	8521	6:23	0
6	Javier	30	11	2005	3440	8017	9:00	0
7	Yagán	23	11	2005	3341	7904	18:00	0
8	Yagán	24	11	2005	3340	8417	22:01	0
9	Yagán	25	11	2005	3340	8836	21:57	0
10	Yagán	26	11	2005	3340	9200	18:40	0
11	Yagán	28	11	2005	3459	8621	6:40	0
12	Yagán	28	11	2005	3500	8349	21:45	0
13	Yagán	29	11	2005	3500	8006	19:45	0
14	Francisco	23	11	2005	3400	7845	18:45	0
15	Francisco	24	11	2005	3400	8335	19:54	0
16	Francisco	25	11	2005	3400	8814	21:30	0
17	Francisco	27	11	2005	3520	8749	19:53	0
18	Francisco	28	11	2005	3520	8243	20:57	0
19	Francisco	29	11	2005	3520	7746	20:24	500
20	Santa María II	25	11	2005	3719	8704	12:26	0
21	Santa María II	27	11	2005	3540	8841	19:35	0
22	Santa María II	29	11	2005	3540	8350	20:00	0
23	Santa María II	29	11	2005	3540	7900	20:34	200
24	Libas	25	11	2005	3740	8406	9:15	100
25	Libas	25	11	2005	3740	8537	19:43	200
26	Libas	26	11	2005	3739	8754	10:30	4
27	Libas	27	11	2005	3740	9200	13:36	0
28	Libas	30	11	2005	3559	8159	9:42	0
29	Marpro I	23	11	2005	3801	7730	19:23	0
30	Marpro I	25	11	2005	3800	8513	18:54	1000
31	Marpro I	27	11	2005	3620	8522	16:30	11
32	Marpro I	28	11	2005	3619	8024	18:50	150
33	Marpro I	29	11	2005	3619	7650	14:50	800
34	Don Mauro	23	11	2005	3820	7953	20:20	0
35	Don Mauro	25	11	2005	3820	8524	8:18	70
36	Don Mauro	27	11	2005	3640	9151	10:14	0
37	Don Mauro	28	11	2005	3640	8639	12:18	0
38	Don Mauro	28	11	2005	3640	8513	20:08	33
39	Don Mauro	29	11	2005	3640	8224	10:13	110
40	Matías	25	11	2005	3840	8418	6:50	18
41	Malleco	23	11	2005	3503	7716	15:45	80
42	Malleco	25	11	2005	3435	8317	9:30	0
43	Malleco	26	11	2005	3440	8725	9:45	0
44	Malleco	27	11	2005	3516	8909	17:00	0
45	Malleco	28	11	2005	3531	8631	8:20	0
46	Malleco	30	11	2005	3604	7847	10:55	9
47	Malleco	30	11	2005	3611	7706	19:50	500

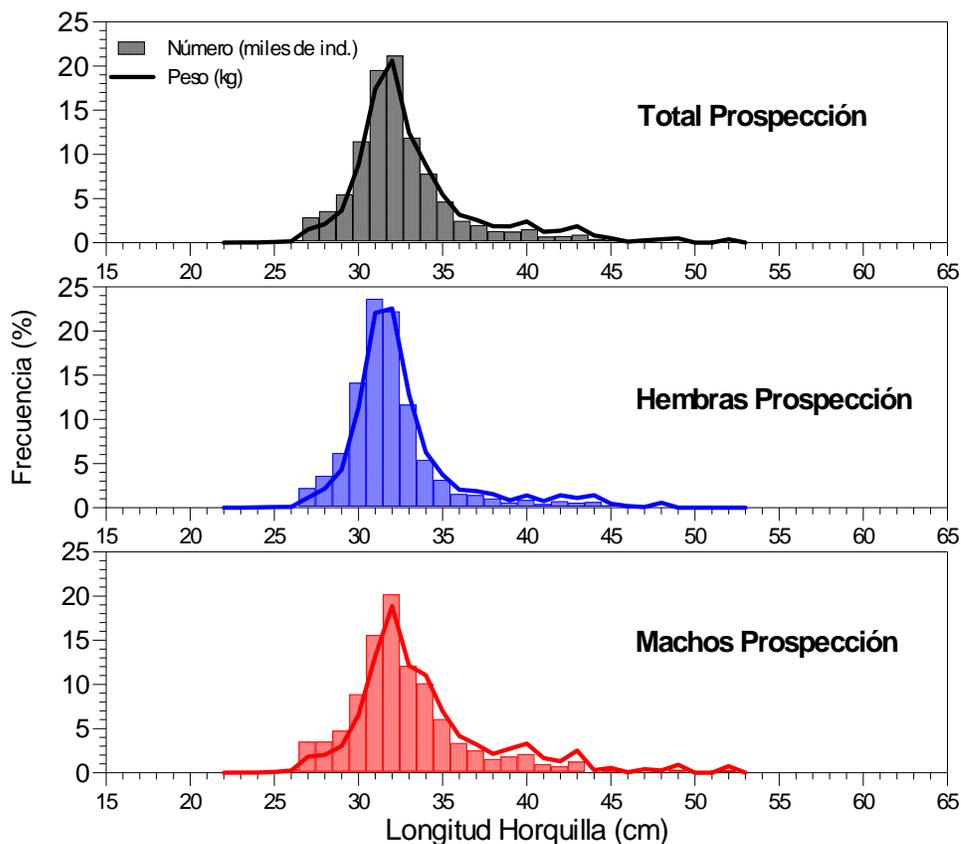


Figura 50. Distribución de frecuencia de tallas de jurel durante el crucero de Noviembre de 2005.

Tabla 23. Parámetros de la estructura de tallas de jurel, crucero noviembre 2005.

Parámetro	Machos	Hembras	Total
Moda	32	31	32
rango	23-52	24-48	23-52
LH Promedio	32,77	31,93	32,35
% < 26 cm Número	0,30%	0,21%	0,26%
% < 26 cm Peso	0,11%	0,08%	0,10%

La distribución espacial del tamaño modal se presenta en la **Figura 51**, en donde a pesar del bajo número de lances obtenidos, se puede verificar que la principal moda se encuentra entre los 31 y 35 cm, lances que se realizaron mayoritariamente entre los 77°W y 81°W. Ejemplares de menor tamaño (modas entre 25-30 cm), se verificaron al SW del área de estudio.

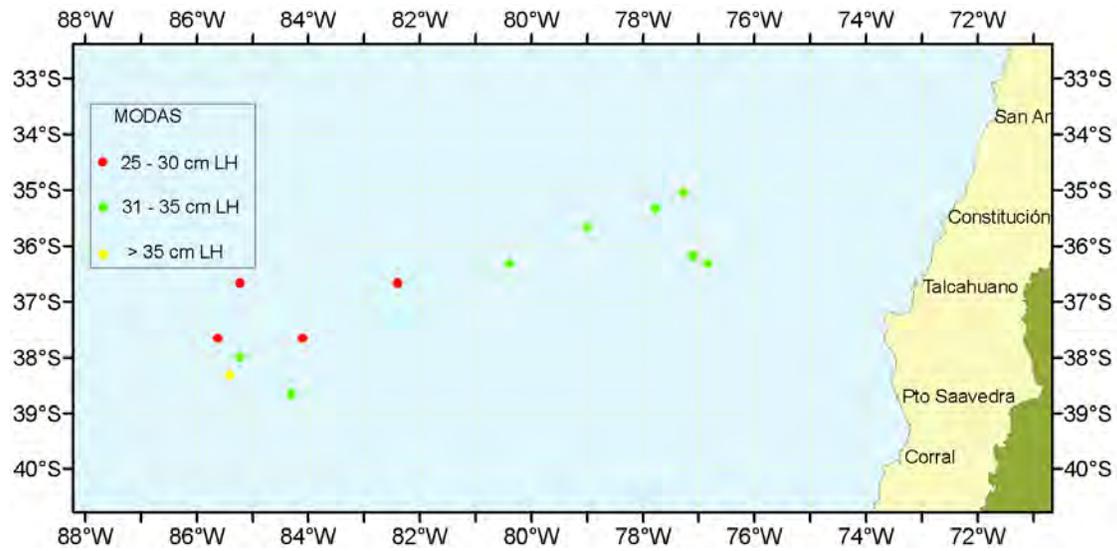


Figura 51. Distribución espacial del tamaño modal de jurel en los lances de pesca.

7.9.2 Relación longitud-peso

La relación longitud-peso fue establecida a partir de un total de 1.660 ejemplares, los parámetros de la relación fueron $a = 0,024$ y $b = 2,756$ ($r^2 = 0,921$) (Figura 52). La relación en machos ($n= 832$) fue $a = 0,024$ y $b = 2,750$ ($r^2 = 0,936$) (Figura 53) y en hembras ($n =828$) los parámetros fueron $a = 0,020$ y $b = 2,800$ ($r^2 =0.925$) (Figura 54). No se observaron diferencias significativas entre sexos para esta relación.

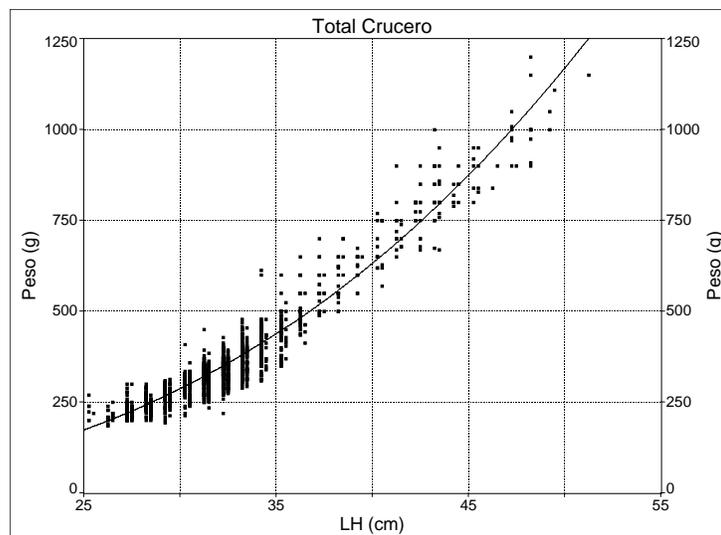


Figura 52. Relación longitud peso de *T. murphyi* para el total de individuos obtenidos en el crucero 2005.

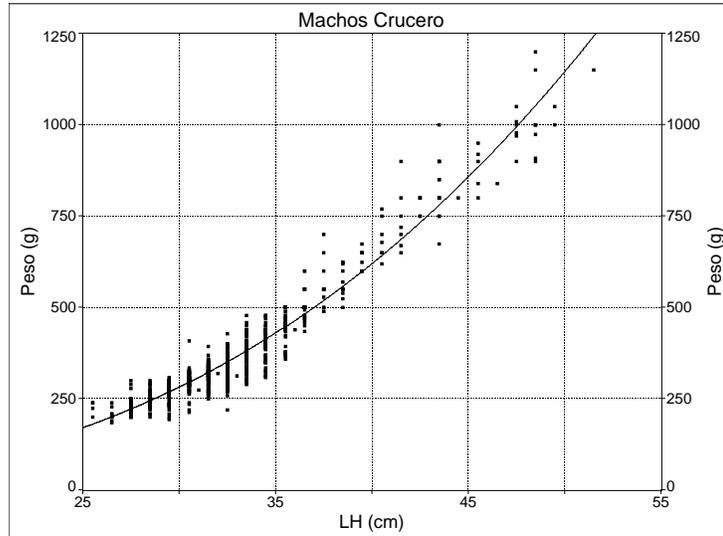


Figura 53. Relación longitud peso de *T. murphyi* para el total de machos obtenidos en el crucero 2005.

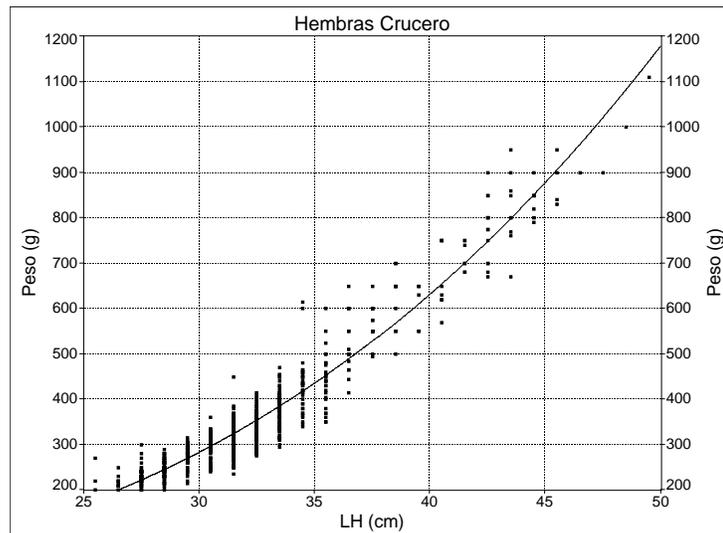


Figura 54. Relación longitud peso de *T. murphyi* para el total de hembras obtenidos en el crucero 2005.

Tabla 24. Frecuencia de otolitos de jurel correspondientes a hembras y machos, crucero 2005.

Talla cm	Marpro		Malleco		Libas		Matias		Chivilingo		Sta Maria		Francisco		Don Mauro		Muestreo adicional		Total
	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	
24																			0
25						1								1	1				3
26					1	1								6	8				16
27		1			20	12	1							17	13		1		65
28	1	3			9	9		1			2	2		9	13	2	3		54
29		2	3	1	3	5	4	3			1	6		10	2	10	5		55
30	3	7	4	4	3	2	2	10			1	1		1	2	13	8		61
31	14	11	3	16	1	3	5	11			1	7		1	2	10	9		94
32	6	16	9	21	1	3	4	8	1		4	1	2	3		10	22		111
33	2	8	1	9	1	3		2			1	2	8	1	2	10	18		68
34	4	5	5	2	3	3		1		1		1	6	2	1	10	16		60
35		1	1	1	6	4	2						2	4	2	14	19		56
36			1	1		1							3	4	1	14	27		52
37			1			1							3	5	4	13	21		48
38	1	2												5	4	15	18		45
39										2				1	1	20	31		55
40		1				1				1				3	5	15	18		44
41										1				3	3	19	28		54
42		1									1			6	9	15	16		48
43		1			1					1				10	7	15	8		43
44		2												1	4	8	8		23
45		1								1				1	3	2			8
46	1														1	2	3		7
47	2													3	1		1		7
48	5	1												4		1	1		12
49		1								1				3					5
50																	1		1
51										1									1
52																			0
53																			0
Total	39	64	28	55	49	49	18	36	7	4	10	20	24	104	89	218	282		1096

7.9.3 Colecta de otolitos para analizar la estructura de edad de jurel

La estructura longitud-edad de la población desovante de jurel, es analizada más adelante para estructurar por edades las estimaciones de biomasa y abundancia desovante. Esta actividad fue desarrollada con éxito a bordo de las naves, obteniéndose un número total de 1096 pares de otolitos. En la **Tabla 24** se entrega el número total de otolitos por embarcación y frecuencia correspondiente.

7.10 CONDICIÓN REPRODUCTIVA

7.10.1 Número de muestras y estructura de tallas del jurel

El número total de muestras obtenidas alcanzó a 1.723 ejemplares de los cuales sólo 835 correspondieron a hembras, a las que hay que agregar 26 recolectada por muestreo dirigido. En los muestreos biológicos los machos alcanzaron a 888 ejemplares (**Tabla 25**). En el crucero de prospección, participaron diez (10) embarcaciones y en dos de ellas no se obtuvo muestras. También, se observó que el número de muestras varió fuertemente entre las embarcaciones, con un mínimo de 4 ejemplares (Chivilingo I) hasta un máximo de 203 (112 hembras) ejemplares (Don Mauro), lo que refleja la baja disponibilidad de jurel en el área de muestreo o bien una distribución más discreta dentro del área de estudio, si se compara con el año 2004.

Tabla 25. Número de hembras de jurel muestreadas por embarcación y tipo de muestreo.

Embarcación	Nº lances	Hembras	
		M. biológico	M. dirigido
Chivilingo I	1	4	14
Don Mauro	3	174	
Francisco	1	70	
Libas	3	124	
Malleco	3	154	12
Marpro I	4	203	
Matías	1	36	
Santa María II	1	70	
Total	17	835	26

Las muestras obtenidas indican en machos un rango de tallas entre 20 y 51 cm y para las hembras entre 25 y 49 cm. La distribución de frecuencia de ejemplares por cm de longitud permiten señalar que el jurel, tanto en machos como en hembras, presenta una estructura de talla unimodal centrada entre los 27 a 34 cm, con una frecuencia máxima en los 31 cm (**Figura 55**).

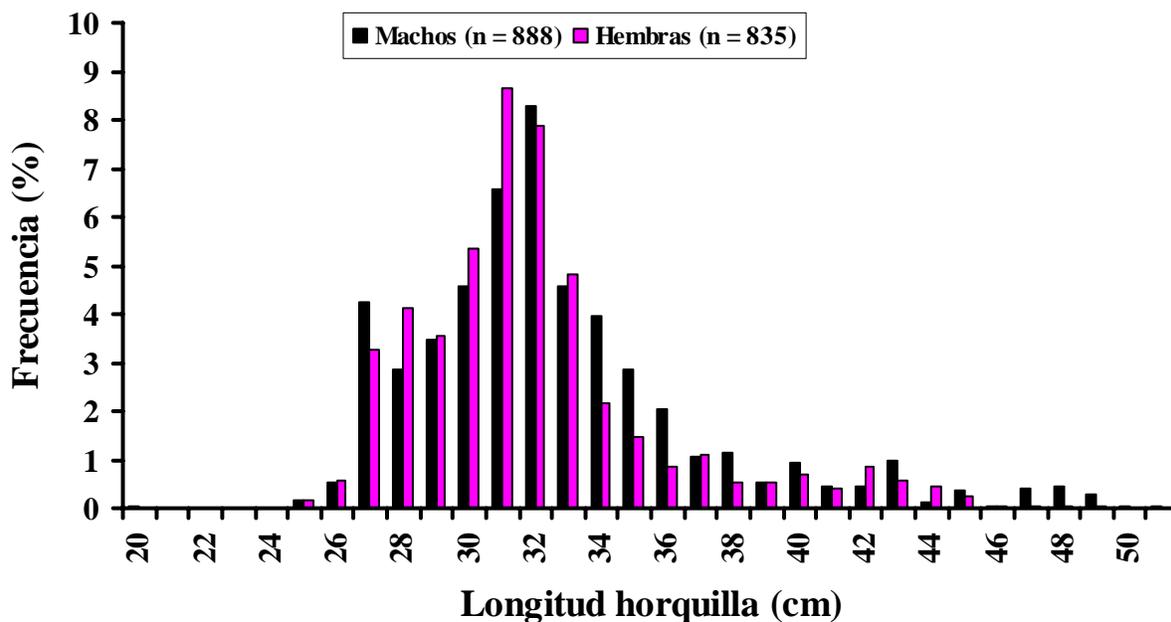


Figura 55. Histograma de frecuencias de longitud horquilla (LH) de jurel por sexo.

7.10.2 Proporción sexual y estados de madurez sexual macroscópicos

La proporción sexual del jurel en las muestras obtenidas a través de los muestreos aleatorios presenta una proporción aproximada de 1:1.

En relación con la proporción de los diferentes estados de madurez sexual macroscópica (EMMA), se observa en el total de la muestra aleatoria una preponderancia del estado de madurez maduro (E3), el cual representa un 80%, seguido en igual porcentaje por los estado de madurez madurando (E2) e hidratado (E4) con presencia de los otros estados (**Figura 56**). Esta proporción observada en los estados de madurez no difiere sustancialmente de la observada en noviembre de 2004, donde el estado de madurez maduro (E3) representó un 74%, seguido del estado de madurez hidratado (E4) con un 14%.



Figura 56. Frecuencia porcentual de los estados de madurez sexual macroscópica, para el total de la muestra aleatoria.

El examen por embarcación muestra la preponderancia del estado de madurez maduro en todas las embarcaciones con valores que fluctúan entre 50 % en el Chivilingo I y 93 % en el PAM Santa María II y con un 76 % como promedio sobre el total (**Figura 57**). Por otro lado, el estado de madurez hidratado (E4), presentó variaciones entre un 0,1 % en el PAM Santa María II y el 50 % en el PAM Chivilingo I con un 11 % a nivel general. El estado de madurez madurando (E2) constituyó un 13 % del total con porcentajes del 0 % en el PAM Chivilingo I al 30 % en el PAM Libas, mientras que el estado de madurez en regresión (E5) sólo se presentó en dos PAM con un ejemplar (**Figura 57**).

Un análisis por días consecutivos de muestreos (23 al 30 de noviembre) no indica posibles eventos de desove por el bajo número de ejemplares en estado hidratado (E4) que fluctuó entre 1 a 25 ejemplares por día de captura. Sin embargo, el estado predominante en todos los días fue el estado de madurez madurando (E3) con porcentajes entre 50 y 86 % con un promedio de 77 % sobre el total. El estado en maduración (E2) se presentó en cuatro días y el E5 sólo se registro un ejemplar (**Figura 58**).

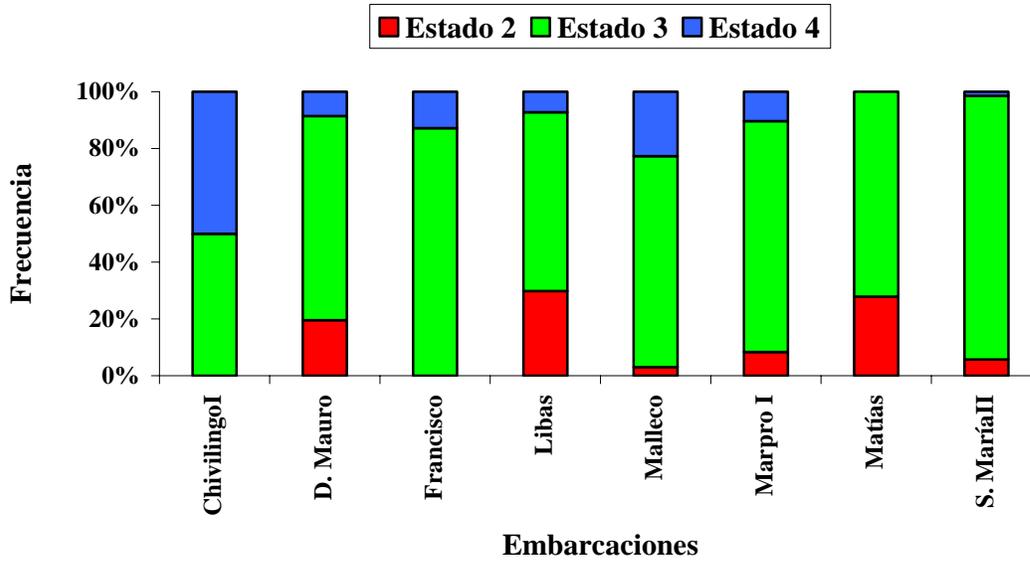


Figura 57. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópica por embarcación.

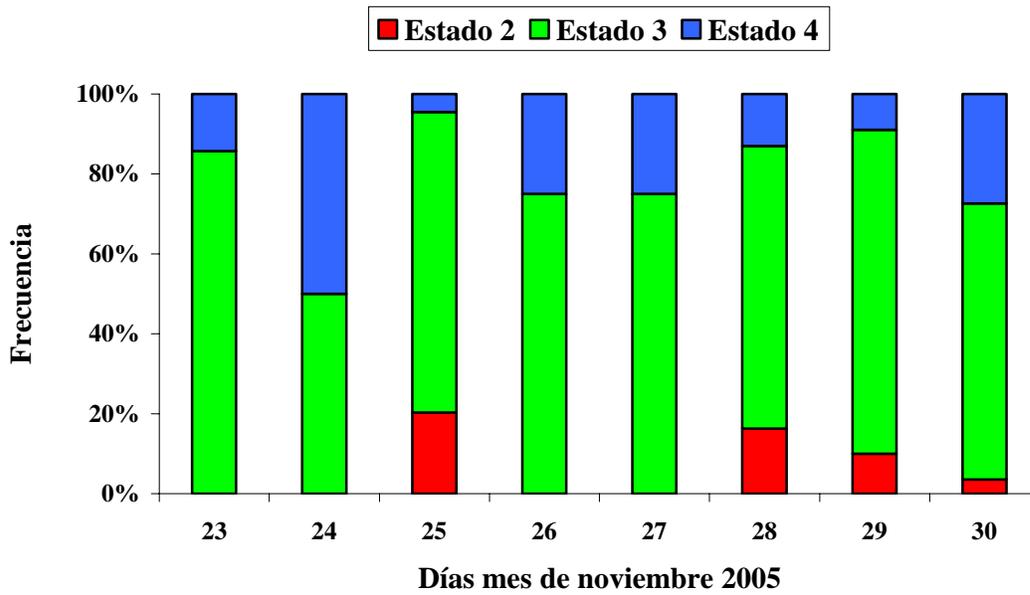


Figura 58. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópica por embarcación.

7.10.3 Índice gonadosomático (IGS)

El índice gonadosomático (IGS) calculado para cada hembra y luego estimados los promedios por cada 1 cm de LH, muestra un aumento creciente y brusco a partir de las tallas menores hasta alcanzar el máximo entre los 31 –33 cm, con un valor de 3,3, para luego experimentar valores fluctuantes y decrecientes hasta los 48 cm, para enseguida aumentar levemente (**Figura 59**).

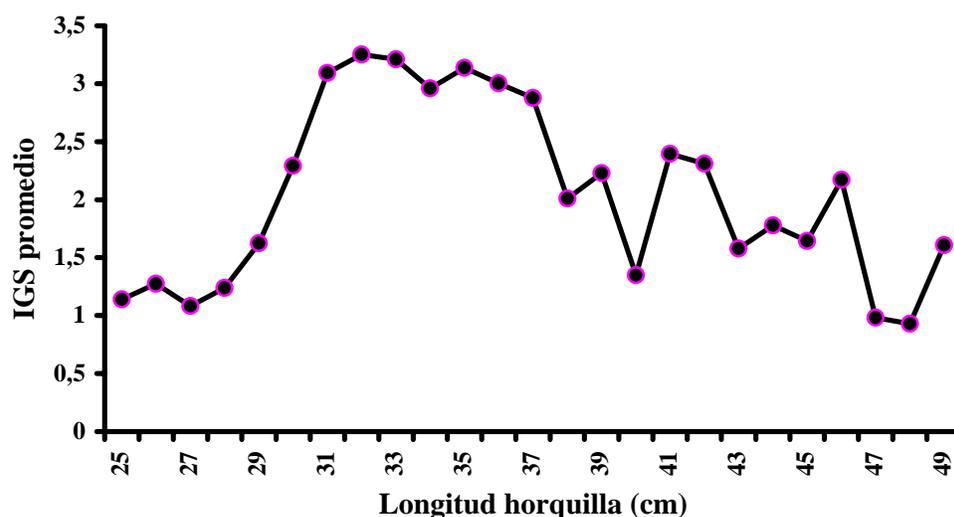


Figura 59. Variación del IGS promedio con la longitud horquilla correspondiente a la muestra aleatoria total de jurel del área prospectada.

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 en las tallas mayores.

La relación del IGS con los estados de madurez sexual muestra un aumento desde el estado de madurez madurando (E2) con un valor promedio de 0,6; le sigue el estado maduro con un valor de 2,4; para culminar con el estado de madurez hidratado (E4) con un valor de 5,3 (**Figura 60**). Estos porcentajes, son muy similares a los registrados para el crucero de noviembre de 2004.

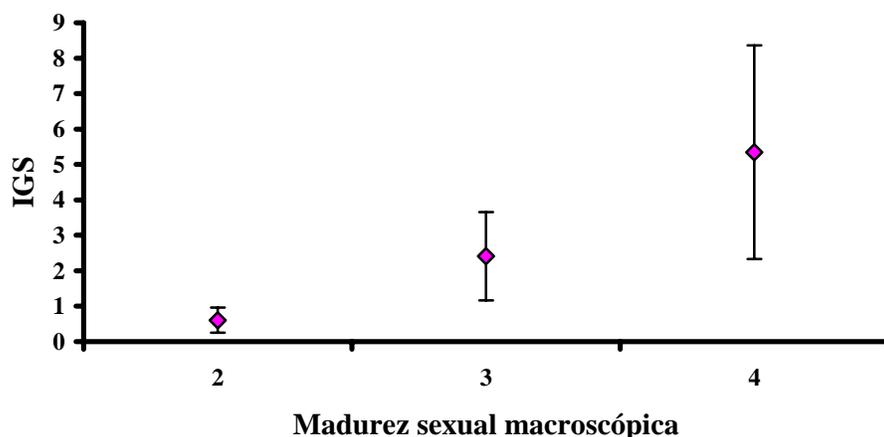


Figura 60. Variación de los valores de IGS promedios en relación con los estados de madurez sexual macroscópica en ovarios de jurel.

7.10.4 Análisis histológico de la condición reproductiva de jurel

Se examinaron 639 preparaciones histológicas, correspondientes a igual número de hembras de jurel, para caracterizar mediante los estados de madurez sexual microscópica (EMMI) la condición reproductiva del jurel. De esta forma, en cada preparación histológica se determinó la presencia de las estructuras siguientes: a) ovocitos que no han iniciado la vitelogénesis; b) ovocitos que han iniciado el proceso vitelogénico; c) ovocitos en vitelogénesis avanzada; d) ovocitos maduros (vitelogénesis completa); e) ovocitos hidratados; f) folículos postovulatorios (FPO) y g) presencia de folículos atrésicos.

7.10.5 Estados de madurez microscópica

La proporción de los diferentes EMMI muestra que el mayor porcentaje (57,2 %) correspondió a ejemplares en estado 4 de madurez que incluye maduros, hidratados y con FPO. En orden de importancia le siguió el estado 3 de EMMI o vitelogénico con un 29,6 % y los restantes estados 2 y 1 sólo con un 9,6% y 3,6%, respectivamente (**Figura 61**).

El análisis por embarcación muestra que cuatro de ellas lograron realizar 1 lance con capturas de hembras, tres hicieron 3 lances y sólo una logró hacer 4 lances de pesca durante el crucero con un total de 17 lances. En los 17 lances realizados ocho de ellos presentaron solamente EMMI 3 y 4, estando estos EMMI presente en todos los lances, seguidos de los EMMI 2 y 1 con 10 y 7 lances, respectivamente (**Tabla 26**).

Tabla 27. Estados de madurez microscópicos por embarcación y lance de jurel hembras.

BARCOS	EMMI	LANCES							Totales
		1	2	3	4	5	6	7	
Chivilingo I	1								2
	2								
	3	2							
	4	2							
Francisco	1								12
	2								
	3						12		
	4						58		
Sta María II	1				1				1
	2				3				3
	3				7				7
	4				37				37
Libas	1	7	2						9
	2	12	16						28
	3	21	17	1					39
	4	9	15	3					27
MarPro	1		3		3	0			6
	2		2		5	4			11
	3		19	1	6	9			35
	4		24	3	31	37			95
Don Mauro	1		0			5	2		7
	2		0			6	2		8
	3		32			6	16		54
	4		8			31	14		53
Matías	1	0							0
	2	10							10
	3	14							14
	4	11							11
Malleco	1	0					0	0	0
	2	0					0	1	1
	3	23					0	4	27
	4	24					14	44	82
Totales		135	138	8	93	98	118	49	639

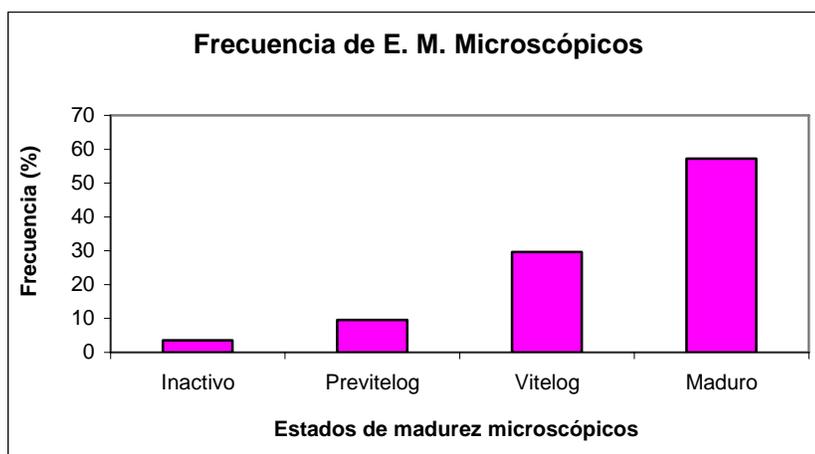


Figura 61. Proporción de los estados de madurez sexual microscópicos determinados en las hembras capturadas en el crucero del jurel en alta mar.

La distribución de los estados de madurez microscópicos durante el crucero por día de muestreo en el área de desove del jurel muestra durante los primeros días de muestreo (23 a 25) la presencia notoria del estado 3 (vitelogénico) con valores alrededor del 50%. En cambio, se observa una preponderancia del estado 4 (maduro) durante el resto de los días (26 a 30) con valores sobre el 67% y alcanzando su máximo el último día con un valor de 89%; al interior del cual se presenta una predominancia de ovarios con FPO(>51 %) e hidratados, indicando un evento de desove intenso al final del crucero (**Figura 62**).

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 63**), con valores que comienzan en 0,94 (inactivo) alcanzando el máximo de 11,6 (maduro), este valor es muy superior al determinado el año 2004.

El examen de la totalidad de las preparaciones histológicas en relación con la presencia de atresia, determinó un 28,2 % de gónadas con folículos atrésicos (180 de 639), valor que el año 2004 fue del 52,2 %, el año 2003 fue de 41,6 % (415 de 1001) y el año 2001 fue de 49% (195 de 415).

Este porcentaje de atresia folicular correspondería a ovocitos no viables de ser desovados, entre otras por las siguientes causas, 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. Sin embargo, muestra una disminución considerable con respecto a los años anteriores.

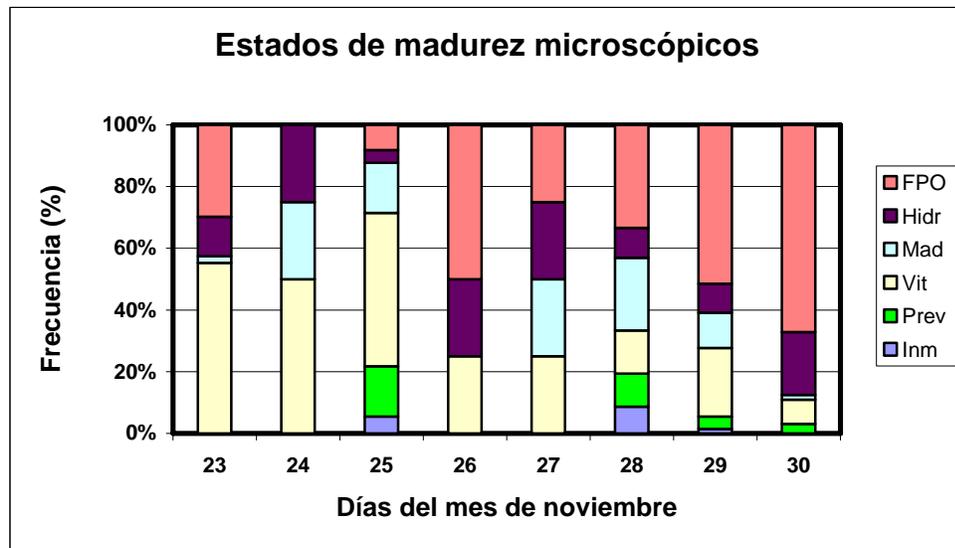


Figura 62. Proporción de los estados de madurez sexual microscópicos por día de muestreos obtenidos en el crucero del jurel en alta mar.

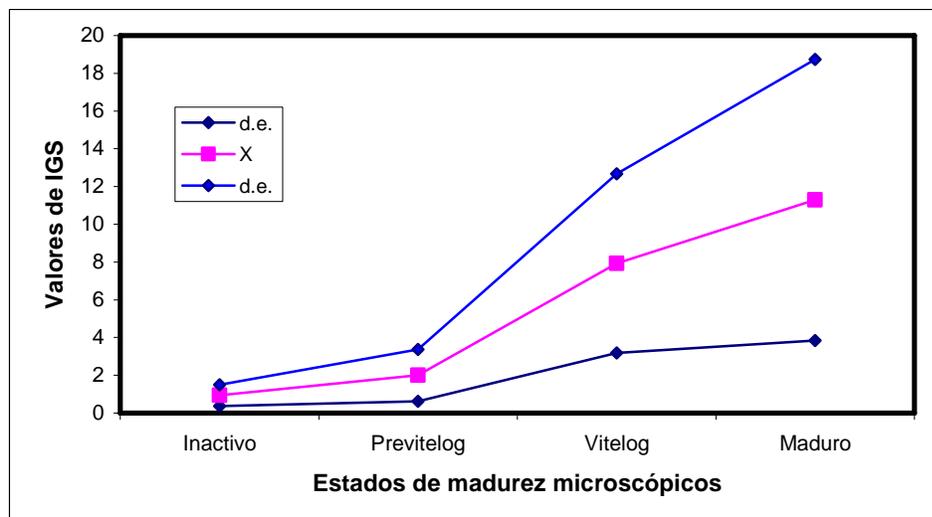


Figura 63. Valores promedio de IGS (\pm d.e.) para los diferentes estados de madurez microscópicos.

7.10.5.1 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.

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.

Tabla 28. 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; F. DES 1, 2, 1+2 = fracción desovante FPO 1, 2, 1+2).

Lanc	EMMi1	EMMi2	EMMi3	EMMi 4	EMMi5	FPO 0	FPO 1	FPO 2	Nº	F.DES. FPO1	F.DES. FPO2	F.DES. 1+2	M. corr.
1	0	0	12	49	9	3	18	19	70	0,2264	0,2390	0,2327	79,5
2	0	4	7	37	0	1	9	24	48	0,1875	0,5000	0,3438	48
3	0	19	21	7	2	1	2	2	49	0,0408	0,0408	0,0408	49
4	0	18	17	9	6	3	3	1	50	0,0652	0,0217	0,0435	46
5	0	5	19	24	0	0	3	1	48	0,0625	0,0208	0,0417	48
6	0	8	6	25	6	3	8	6	45	0,1739	0,1304	0,1522	46
7	0	4	9	35	2	1	5	15	50	0,0862	0,2586	0,1724	58
8	0	0	32	8	0	0	1	0	40	0,0250	0,0000	0,0125	40
9	0	11	6	28	3	2	9	5	48	0,1731	0,0962	0,1346	52
10	0	4	14	11	3	0	4	5	32	0,1194	0,1493	0,1343	33,5
11	0	10	14	10	1	2	0	0	35	0,0000	0,0000	0,0000	34
12	0	0	23	18	6	2	6	6	47	0,1277	0,1277	0,1277	47
13	0	0	0	8	6	2	4	2	14	0,3636	0,1818	0,2727	11
14	0	1	4	30	14	10	20	4	49	0,4255	0,0851	0,2553	47
						Mdia		Var.		C.V.			
FRACCION DESOVANTE FPO 1 :						0,144		0,00091		0,21			
FRACCION DESOVANTE FPO 2 :						0,141		0,00148		0,27			
FRACCION DESOVANTE FPO1+ 2 :						0,142		0,00079		0,20			
Ho: Diferencia entre FPO1 y FPO2 = 0						t calc		Nº		t tabla			
						0,08		13		2,1603			

Las estimaciones de la proporción de folículos postovulatorios fluctuaron entre 0,00 y 0,500 con una proporción media 0,142 (**Tabla 28**). Sobre la base del resultado anterior y considerando que una gran proporción de folículos postovulatorios son de día 1 y 2, se puede postular que una fracción del 14 % de hembras desova en forma diaria.

7.10.6 Fecundidad parcial del jurel durante el periodo de desove

Los muestreos dirigidos para obtener ejemplares destinados a la estimación de la fecundidad parcial en hembras de jurel, solo fueron dos, que en conjunto obtuvieron sólo 26 especímenes, de los cuales doce 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 macroscópicamente en estado 4 o hidratado, lo que permitió separar una muestra de 83 ejemplares que fueron tratados histológicamente con este objetivo. Resultado final fue disponer de 47 hembras hidratadas que se encontraban en condiciones histológicas para la estimación de fecundidad, pues no presentaban folículos postovulatorios ni tampoco folículos atrésicos.

7.10.6.1 Fecundidad parcial por hembra madura

Las hembras hidratadas utilizadas presentaron un rango de tallas que fluctuó entre los 27 y 50 cm. de longitud horquilla y en el ajuste entre la fecundidad parcial observada (FP) 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 entre la longitud horquilla (LH) y la fecundidad parcial observada (FP) el mejor ajuste lo entregó una regresión lineal, con un $r^2 = 0,7285$ y una $P < 0,0000$. El modelo ajustado fue $FP = 6331,9 LH - 165458$ (**Figura 64**).

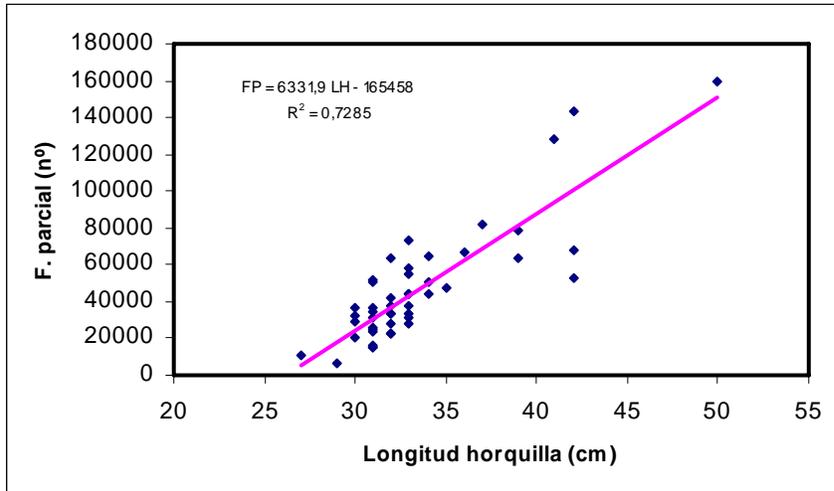


Figura 64. Relación entre longitud horquilla y fecundidad parcial para hembras de jurel.

Por otra parte, el modelo mejor ajustado para la relación entre el peso total y la fecundidad parcial de las hembras hidratadas fue el lineal ($r^2 = 0,6985$, $p < 0,001$), cuya función representativa es: $FP = 124,32 PT - 6834,2$ (Figura 65).

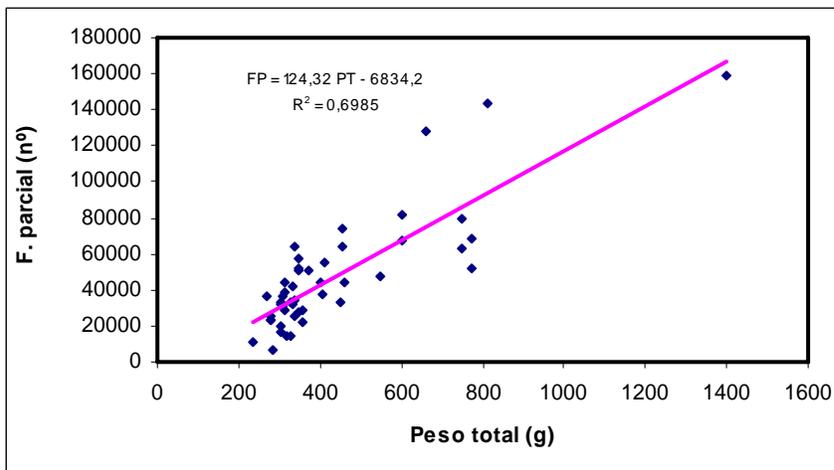


Figura 65. Relación entre la fecundidad parcial y el peso total, para hembras de jurel con gónada hidratada.

La relación entre el peso corporal (PC) y la fecundidad parcial observada (FP) muestra su mejor ajuste mediante un modelo lineal con un $r^2 = 0,676$ y $p < 0,000$, cuya función de regresión representativa es: $FP = 129 PC - 5454$ (**Figura 66**).

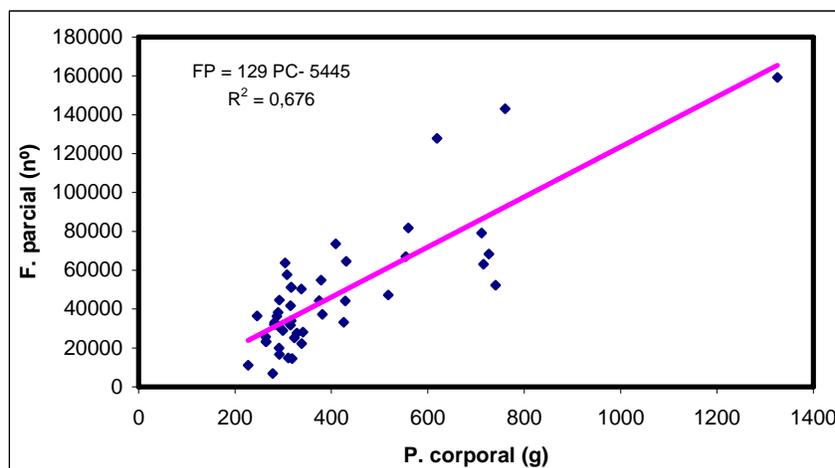


Figura 66. Relación entre el peso corporal y la fecundidad parcial para hembras de jurel con gónada hidratada.

En forma similar, el mejor ajuste para la relación entre el peso eviscerado (PE) y la fecundidad parcial de las hembras lo entregó el modelo lineal ($r^2 = 0,6923$, $p < 0,001$), cuya función representativa es: $FP = 135,13 PE - 4269,4$ (**Figura 67**).

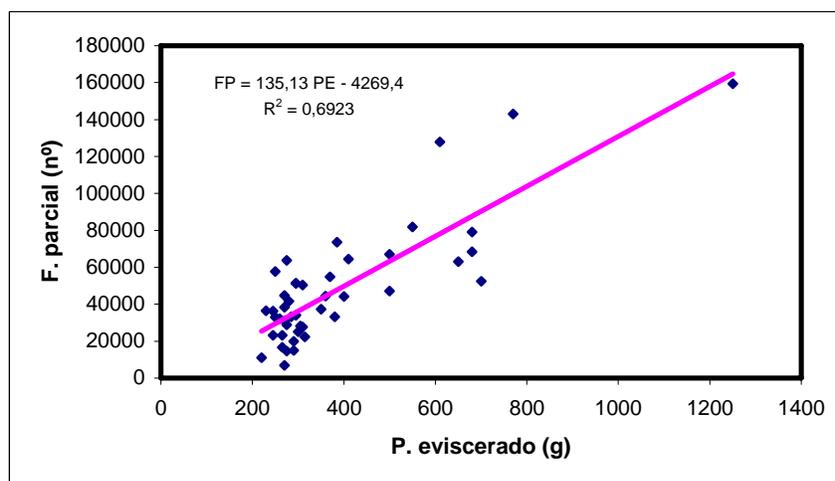


Figura 67. Relación entre el peso eviscerado y la fecundidad parcial para hembras de jurel con gónada hidratada.

7.10.6.2 Fecundidad media poblacional

La fecundidad media poblacional estimada sobre la base de los modelos ajustados para las respectivas relaciones entre pesos y fecundidad parcial y considerando las longitudes y pesos promedios estimados para cada lance entregó el siguiente valor (**Tabla 29**), Fecundidad promedio = 40.463; Varianza de fecundidad = 24483014,991; Coeficiente de Variación = 0,122.

Tabla 29. Estimación de fecundidad media poblacional para hembras de jurel, durante noviembre 2005.

VALORES PROMEDIOS POR LANCE				
Lance	L. Horquilla	P. Total	Fecundidad	m
1	34,93	499,39	56839	70
2	30,42	322,40	35150	48
3	30,12	323,48	35717	49
4	29,62	299,60	32696	50
5	33,83	410,73	46694	48
6	30,82	324,97	35371	45
7	31,24	345,67	37731	50
8	40,38	725,75	86765	40
9	27,63	241,24	25152	48
10	30,81	310,49	33993	32
11	31,06	336,15	37325	35
12	31,98	303,64	31768	47
13	31,71	297,44	31307	14
14	31,51	292,42	30928	49

FECUND. PROMEDIO	40.463
VARIANZA FEC.	24483014,991
COEF. VARIACION	0,122

7.10.7 Talla de primera madurez sexual

En la Propuesta 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 30**, la ausencia de ejemplares inferiores a 25 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 inmaduros y maduros es de 0,67: 0,33. 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 35 cm LH la totalidad de las hembras están maduras.

Tabla 30. Número y proporción de ejemplares inmaduros y maduros por cm de longitud horquilla determinados mediante histología en hembras de jurel.

L. horquilla cm	Inmaduros		Maduro	
	Nº	%	Nº	%
25	2	66,67	1	33,33
26	3	37,50	5	62,50
27	21	51,22	20	48,78
28	17	31,48	37	68,52
29	17	36,17	30	63,83
30	6	8,11	68	91,89
31	3	2,75	106	97,25
32	8	8,16	90	91,84
33	3	4,69	61	95,31
34	2	5,71	33	94,29
35	0	0,00	18	100,00
36	0	0,00	13	100,00
37	0	0,00	15	100,00
38	0	0,00	9	100,00
39	0	0,00	6	100,00
40	0	0,00	5	100,00
41	0	0,00	6	100,00
42	0	0,00	12	100,00
43	0	0,00	7	100,00
44	0	0,00	8	100,00
45	0	0,00	3	100,00
46	0	0,00	1	100,00
47	0	0,00	1	100,00
48	0	0,00	1	100,00
49	0	0,00	1	100,00

7.10.8 Condición reproductiva del jurel durante el mes de diciembre

Debido a la muy baja ocurrencia de capturas de jurel en el período previo a la fecha de ejecución del crucero, se obtuvo también una reducida muestra de ejemplares para vigilar el período reproductivo. Por este motivo, se optó por iniciar el crucero basándose en las condiciones ambientales que imperaban en el área tradicional de evaluación. Considerando que durante la fase inicial del crucero comprendida entre el 22 de noviembre y el 02 de diciembre, no se obtuvieron muestras por parte de todas las naves y a su vez el muestreo fue reducido, se optó por continuar los muestreos a bordo de 5 naves pesqueras que reiniciaron la operación en el mes de diciembre entre los días 12 y 17 de ese mes. De esta manera, se dispone de una muestra adicional de ejemplares de jurel provenientes de una prospección alternativa orientada a verificar la condición reproductiva del recurso. La información biológica generada de este monitoreo se encuentra actualmente en proceso y será informada completamente en el Pre-Informe Final.

En una labor coordinada con el grupo de investigadores del Instituto de Investigación Pesquera, un total de 15 naves de la flota regional iniciaron una exploración de recurso que se inició a partir del día 12 de diciembre, evidenciándose presencia de jurel en el sector costero, coincidentemente en la misma longitud donde se reportó recurso el año 2004, pero en una zona levemente desplazada más al norte (33° - 34°S, **Figura 68**).

La actividad de la flota la semana del 12 al 18 de diciembre, arrojó capturas de jurel de aproximadamente 2.014 toneladas. La semana siguiente (19 al 25) y en esa misma zona, las capturas fueron mucho más elevadas (cerca de 34.912 ton.), lo cual confirmó el retorno masivo de fracciones de este recurso reingresando a áreas más próximas a la costa y disponibles para la flota de la VIII Región.

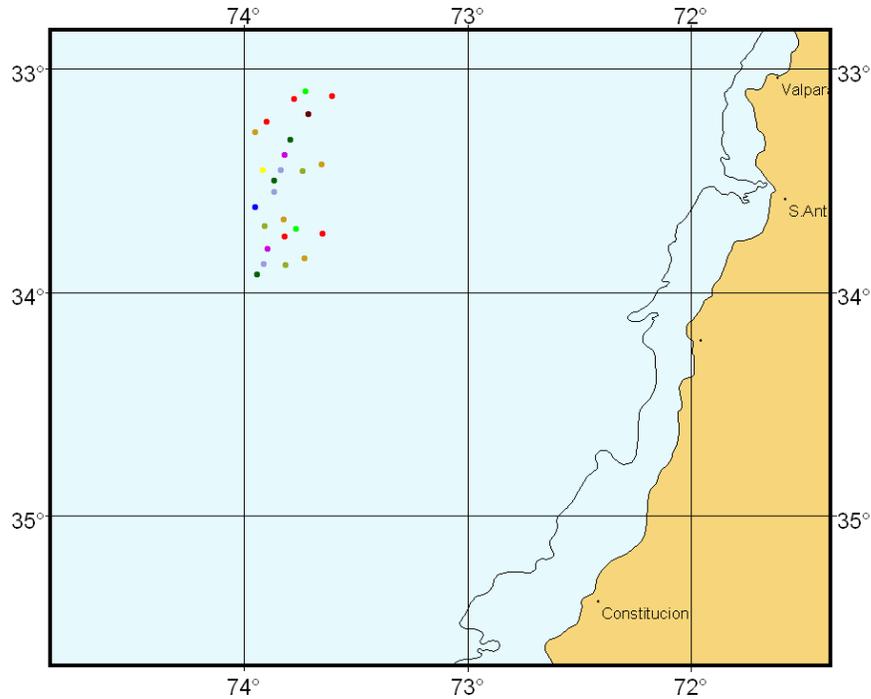


Figura 68. Distribución geográfica de los lances de pesca efectuados en la semana del 12 al 18 de diciembre de 2005.

La distribución de frecuencia de tallas de jurel, reportó ejemplares levemente más grandes que los observados en el crucero iniciado a fines de noviembre, observándose una moda de 34 cm de LH y un rango de tallas distribuidas entre los 29 cm de LH y los 53 cm LH. No se registró la presencia de ejemplares bajo talla (**Tabla 31** y **Figura 69**) y al igual que lo reportado en el crucero inicial de este estudio, no se observaron grandes diferencias entre sexos.

Tabla 31. Parámetros de la distribución de Frecuencia de tallas, monitoreo diciembre de 2005.

	Machos	Hembras	Total
Rango	30-53	29-50	29-53
Moda	34	34	34
LH Promedio	37,5	37,0	37,3
% < 26 cm en número	0	0	0
% < 26 cm en peso	0	0	0
n	922	725	1647

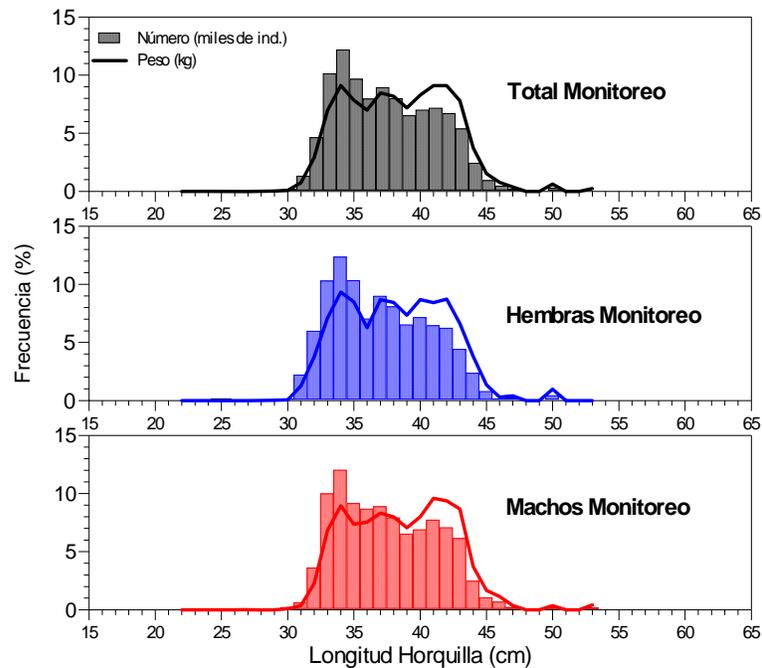


Figura 69. Estructura de tallas jurel, Diciembre 2005.

La baja presencia de cardúmenes de jurel durante el crucero de prospección llevó a la Unidad Ejecutora del proyecto plantearse la necesidad de realizar un nuevo crucero, si las condiciones lo permitieran, para verificar la condición reproductiva de la especie al mes siguiente de su peak reproductivo. Para tal objetivo se logró realizar un segundo crucero de prospección entre los días 13 y 19 de diciembre con la participación de 5 embarcaciones.

En el crucero se obtuvieron 265 ejemplares para examen histológico que nos permite entregar a continuación el análisis microscópico de la condición reproductiva del jurel durante el mes de diciembre (**Figura 70**).

En general, en el muestreo postcrucero se observa una preponderancia de ovarios con FPO en los primeros tres días (13 a 15) con valores de 100% a 64%, asociados a ovarios vitelogénicos, señalando el evento de un desove reciente. Durante los días siguientes se presenta un aumento significativo de gónadas en estado vitelogénico (máximo 58%), acompañado de ovarios maduros (máximo 17%) y ovarios hidratados (máximo 13%), pero también con la presencia ejemplares en desove reciente (FPO), indicando una disminución del proceso de puesta (**Figura 70**). También

llama la atención que durante este periodo el porcentaje de atresia fue relativamente bajo con valores entre 0 y 13%.

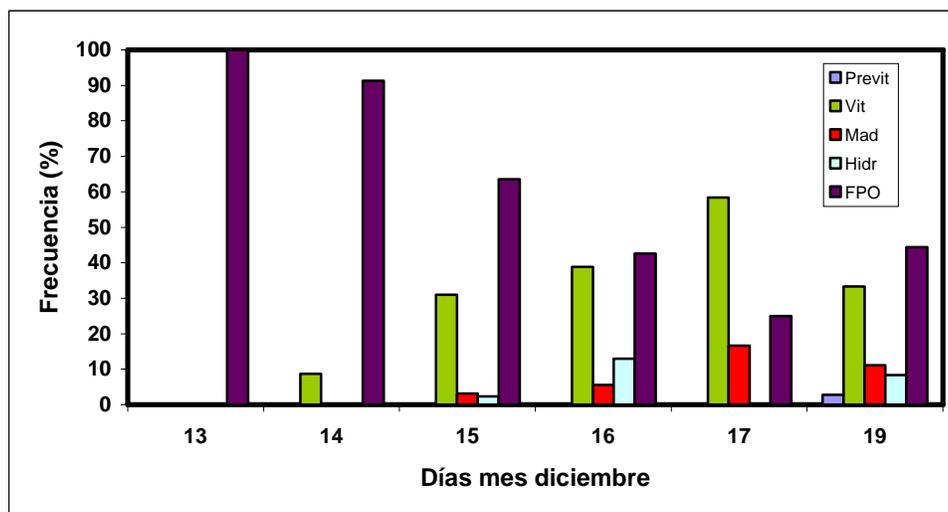


Figura 70. Frecuencia porcentual de los distintos estados de madurez microscópicas obtenidos durante el mes de diciembre para hembras de jurel.

7.11 ALIMENTACION

Se analizaron un total de 1231 estómagos, cuya distribución de frecuencia de tamaños de los ejemplares capturados para el análisis de contenido estomacal, revelo un rango desde los 25 a 51 cm. de longitud de horquilla, con una moda fuertemente marcada en los 32 cm. (**Figura 71**). 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 32**).

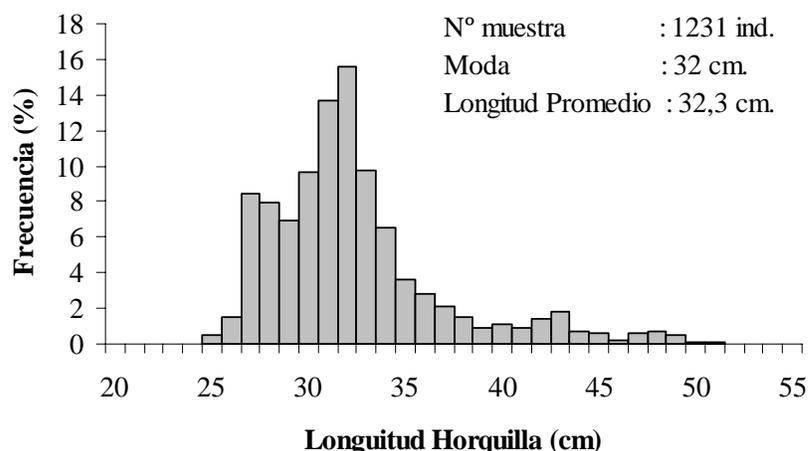


Figura 71. Distribución de frecuencia de tamaños expresada en porcentaje de los individuos utilizados para el análisis de contenido estomacal de Jurel.

Tabla 32. Resumen por año de la estructura de tamaños de jurel, para la caracterización de los ítems alimentarios.

Años	Moda cm.	LH Promedio	Muestra (número)	Estómagos (%) Con- 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	32,4	3952	59
2005	32	32,3	1231	53

7.11.1 Importancia relativa de las presas (IIR)

Del total de estómagos analizados (1.231) el 53,2% presentó algún tipo de contenido. La dieta estuvo conformada principalmente de varias especies de crustáceos, peces, moluscos, y tunicados, habiéndose identificado un total de 9 taxa.

Aquellos ítems con un alto grado de digestión que imposibilitaron su identificación, se agruparon en categorías más amplias (restos de crustáceos, teleósteos en el caso de los peces y restos de cefalópodos).

El principal ítem presa encontrado fueron los eufáusidos con un valor de (IIR = 3,59), dominando tanto en número (67,6%), peso (74,8%) como en frecuencia de aparición (27,5), seguido, por la fuerte presencia de salpas, copépodos, mictófidis, y algunos crustáceos menores como son los anfípodos. Además en menor representatividad pero no importancia aparecen estadios larvales de crustáceos decapados y larvas de gastrópodos (**Tabla 33**).

Tabla 33. Índice de Importancia Relativa (IIR), número (N), peso (P) y frecuencia de aparición (F) total y porcentual de las principales presas de *T. murphyi*.

Ítem presa	Código	N	N%	P	P%	F	F%	IIR
Eufáusidos	Eup.	20719	67,62	733,47	74,80	226	27,56	3,59
Salpas	Sal.	2991	9,76	107,37	10,95	277	33,78	2,85
Copépodos	Cop.	6361	20,76	33,64	3,43	32	3,90	1,98
Mictófidis	Mic.	9	0,03	41,60	4,24	87	10,61	1,67
Ostracodos	Ostr.	437	1,43	0,71	0,07	28	3,41	0,79
Gastropodos	Gas.	79	0,26	0,11	0,01	8	0,98	0,10
Ascidias	Asc.	5	0,02	2,09	0,21	4	0,49	0,05
larvas de peces	Lar tel.	7	0,02	0,87	0,09	7	0,85	0,04
Heteropodos	Hete.	24	0,08	0,03	0,00	5	0,61	0,02
Anfípodos	Anp.	6	0,02	0,01	0,00	2	0,24	0,00
Zoea	Zoea	3	0,01	0,03	0,00	1	0,12	0,00
Restos de crustáceos	Rcrus.		0	57,929	5,91	138	16,83	2,00
Restos de peces	Rtel.		0	1,671	0,17	3	0,37	0,03
Restos de cefalópodos	Rceph.		0	1,005	0,10	2	0,24	0,01

De acuerdo al análisis (IIR) por grupos de tamaños los eufáusidos estuvieron presentes en la totalidad de los grupos a excepción del grupo I (**Tabla 34**), con un incremento en su importancia en ejemplares de tallas superiores. Los moluscos pequeños y larvas de peces cobran importancia en los individuos menores a 25 cm. (Grupo I).

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 34. Índice de importancia relativa (IIR) separado por grupos de tamaños (Gru-tño).

Grup.-tño.	Eup.	Sal.	Cop.	Mic.	Ostr.	Gas.	Asc.	Lar tel.	Hete.	Zoea	Anp.	Rcrus.	Rtel.	Rceph.
I		3,72		2,31				2,12	3,01					
II	3,39	2,95	2,23	1,64	0,60	0,59			0,05			2,25	0,05	
III	3,62	2,75	2,02	0,96	1,08	0,01		0,06	0,00	0,00	0,01	2,15	0,04	0,00
IV	3,98	2,17	1,12	1,77		0,03		0,08				1,15		
V	3,16	3,35	1,91	2,81			1,30					0,32		0,55
VI	2,79	3,57		3,32			0,87							
Total	3,59	2,85	1,98	1,67	0,79	0,10	0,05	0,04	0,02	0,00	0,00	2,00	0,03	0,01

Con respecto al Índice de Importancia Relativa por años (**Tabla 35**), podemos señalar la importancia de los eufáusidos, siendo la presa dominante dentro del espectro de alimenticio del jurel. Un aspecto relevante es el incremento de las salpas a lo largos de los años en la dieta.

Tabla 35. Índice de importancia relativa (IIR) por años.

Años	Eufáusidos	Mictófidos	Copepódos	Salpas
1999	4,02	0,00	0,23	1,84
2000	3,92	2,62	2,12	0,01
2001	3,91	0,01	1,80	1,42
2003	3,33	1,66	1,72	1,18
2004	3,70	2,19	1,00	2,06
2005	3,60	1,68	1,99	2,85
Total	3,68	2,02	1,52	2,04

7.11.2 Similitud trófica

Los resultados del análisis de similitud trófica para 6 grupos de tamaño revelan un porcentaje de similitud promedio de 46,7 %. El análisis de conglomerados (**Figura 72**) muestra una unión entre los grupos II, III y IV y entre los grupos V y VI. Sin embargo, la similitud entre ambos conjuntos es cercana al promedio, lo que se debe a que los ejemplares de los grupos II, III y IV predaron sobre los eufáusidos en mayor porcentaje en peso, mientras que los ejemplares de los grupos V y VI predaron en porcentajes similares sobre los eufáusidos, salpas y mictofidos. Por último el grupo de tamaño I, se presenta como el más atípico y alejado de las demás agrupaciones debido a la presencia de salpas y mictó.fidos en el contenido estomacal; sin embargo, este grupo carece de representatividad numérica dentro de la muestra total (n=6 ejemplares).

Al comparar la similitud trófica entre años, ésta revela un porcentaje de similitud de 74,8 %, lo que demuestra patrones alimenticios similares, destacando a los eufáusidos 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 73**).

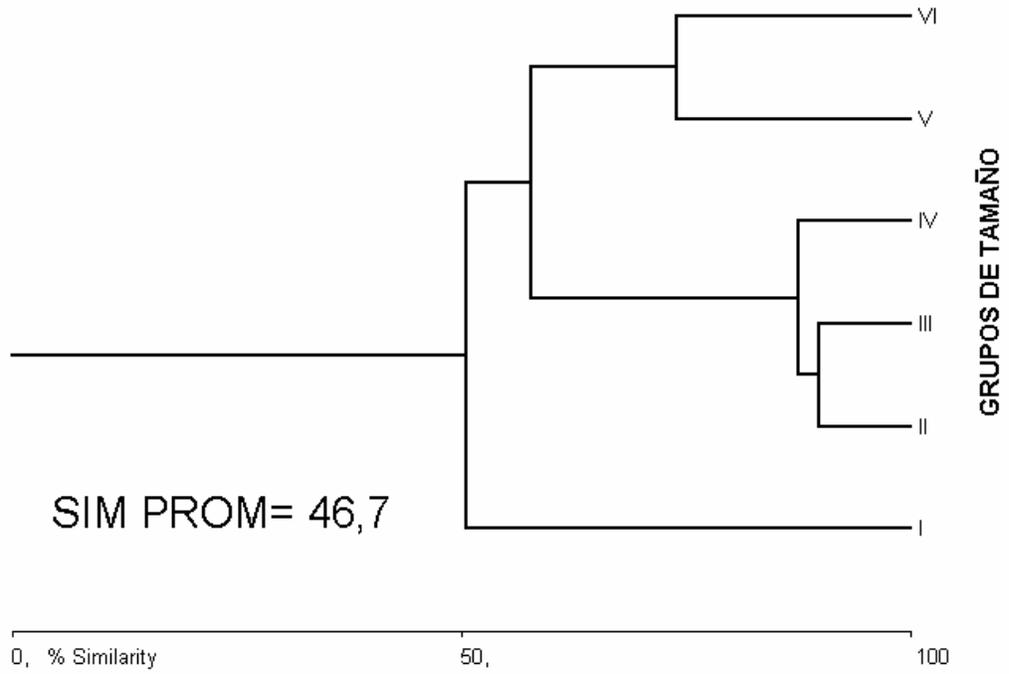


Figura 72. Dendrograma de similitud trófica en jurel, para 6 grupos de tamaños.

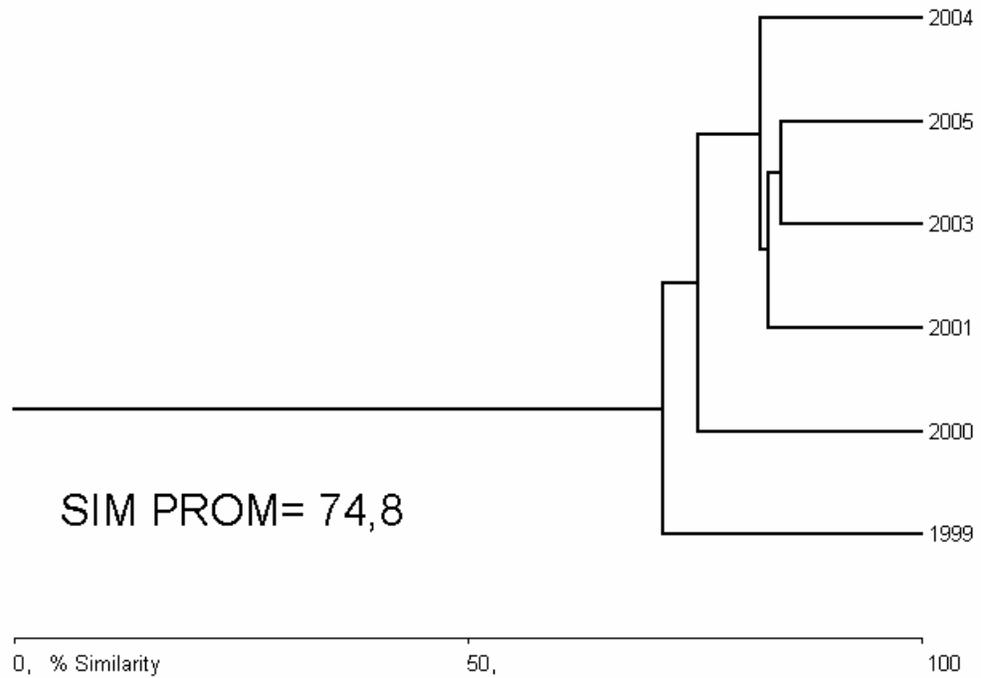


Figura 73. Dendrograma de similitud trófica en jurel, entre años.

OBJETIVO 3: Determinar y caracterizar la distribución espacial de las agregaciones de jurel

7.12 CARACTERIZACION DE LAS AGREGACIONES DE JUREL

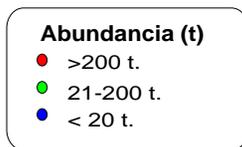
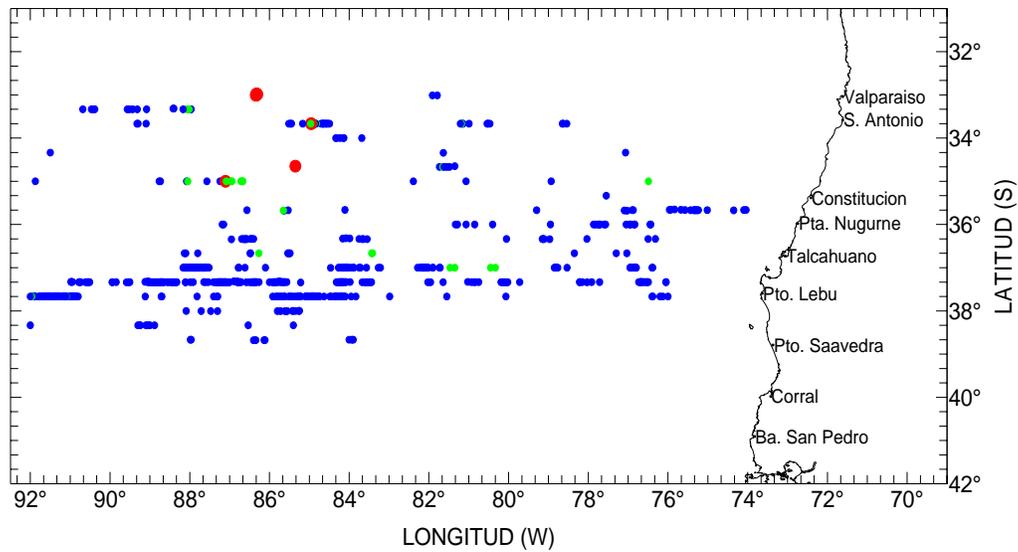
7.12.1 Distribución espacial y batimétrica

7.12.1.1 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 en los lugares donde se detectó ecotrazos con niveles de abundancia de clase “baja”, en tanto las mayores densidades de jurel caracterizadas por ecotrazos tipo “media” y “alta”, fueron bastante escasos (**Figura 74a**). Esta distribución espacial no mostró zonas importante de concentración del recurso (stock parental), más bien focos puntuales de alta densidad y la alta recurrencia de niveles bajos de abundancia, coincidiendo con el patrón de distribución espacial observado en ecoprospecciones anteriores realizadas en la zona de estudio.

La distribución espacial de los ecotrazos reportados por el sonar, muestra una distribución más restringida que lo reportado por el ecosonda (**Figura 74b**), manteniendo el predominio de ecotrazos de clase baja distribuidos ampliamente en toda el área prospectada, en cambio las categorías media y alta se observan más escasas y distribuidas en el sector norte y centro de la zona de estudio.

a)



b)

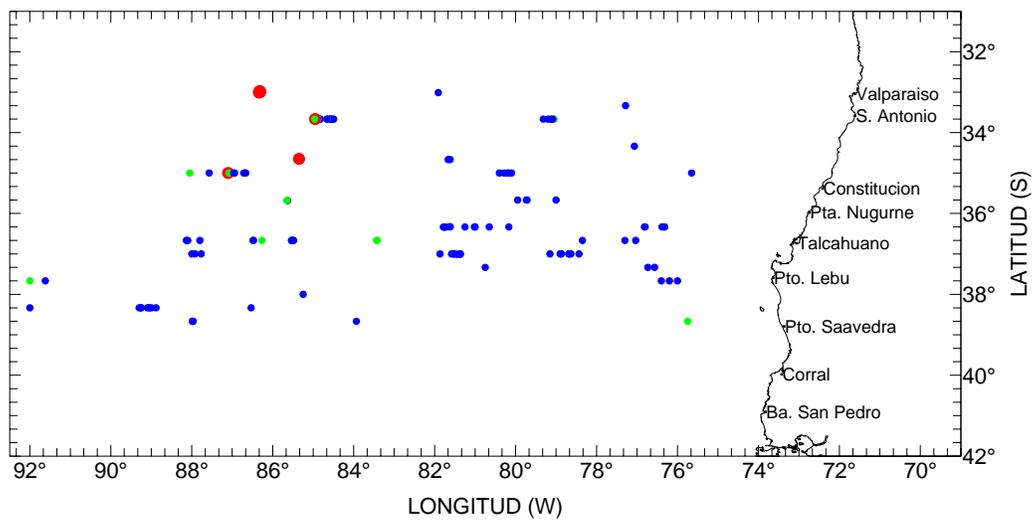


Figura 74. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por: a) ecosonda y b) sonar en la zona de estudio, 2005.

7.12.1.2 Índice de Cobertura

En los 18 transectos realizados en la ecoprospección se observaron un total de 14.343 ubm, de las cuales en 473 ubm se detectó la presencia de jurel, con un índice de cobertura (IC) de 3,29%. En el sector denominado costero (75°W- 84°W), el IC alcanzó un 1,05% y en el sector oceánico (84°01'W -92°W) fue de 2,24% (**Tabla 36**).

En el sector norte del área de estudio (31°40' LS - 36°00'LS), los IC se mantienen similares en ambos sectores, con valores que alcanzan un 0,41% en el sector costero y un 0,42% en el sector oceánico. En el sector sur (36°01'LS a 38°40'LS) se observa un importante incremento de los IC, desde el sector costero hacia el oceánico, con valores de 0,64% y 1,81% respectivamente, sugiriendo una mayor presencia del recurso hacia el área oceánica (**Tabla 36**).

Respecto a la tipología de los ecotrazos registrados en la zona de estudio, los niveles de abundancia baja alcanzaron valores de IC de un 3,09%, seguido de ecotrazos de clase media con un 0,14%, en cambio los IC para ecotrazos de clase alta alcanzan un valor incipiente de 0,07% (**Tabla 36**).

En general, la cobertura de las agregaciones se incrementó hacia el sector oceánico, aumentando la predominancia de las agregaciones de tipo disperso e individual, en cambio las de tipo cardumen se presentaron muy incipientes principalmente en el área norte costera y sur oceánica (**Tabla 36**). Esta mayor presencia del recurso hacia el sector oeste en las subzonas norte y sur del área de estudio indica que se produjo un aumento en el uso del espacio por parte del jurel en comparación a otros cruceros (1999-2004).

Tabla 36. Índice de cobertura (IC) de los ecotrazos reportados por la ecosonda en las macrozonas: norte costero, norte oceánico, sur costero, sur oceánico y total zona de estudio, 2005.

SECTOR	ABUND	INDICE DE COBERTURA (%)				
		Cardumen	Disperso	Estrato	Individual	Total general
Norte - Costero	Alta	0	0	0	0	0
	Regular	0	0	0,014	0	0,014
	Baja	0,007	0,181	0	0,216	0,404
Total Norte - Costero		0,007	0,181	0,014	0,216	0,418
Norte - Oceánico	Alta	0,063	0	0,007	0	0,070
	Regular	0,014	0	0,049	0,007	0,070
	Baja	0	0,167	0,063	0,056	0,286
Total Norte - Oceánico		0,077	0,167	0,119	0,063	0,425
Sur - Costero	Alta	0	0	0	0	0
	Regular	0,014	0,014	0	0,014	0,042
	Baja	0,007	0,356	0,028	0,209	0,6
Total Sur - Costero		0,021	0,370	0,028	0,223	0,642
Sur - Oceánico	Alta	0	0	0	0	0
	Regular	0,007	0	0,007	0	0,014
	Baja	0	1,011	0,014	0,774	1,799
Total Sur - Oceánico		0,007	1,011	0,021	0,774	1,813
TOTAL ZONA	Alta	0,063	0	0,007	0	0,070
	Regular	0,035	0,014	0,070	0,021	0,139
	Baja	0,014	1,715	0,105	1,255	3,089
Total general		0,112	1,729	0,182	1,276	3,29

7.12.1.3 Índice de Presencia de ecotrazos

El análisis de las agregaciones presentes por cada milla náutica lineal, medido a través de índice de presencia de ecotrazos (IPE), también muestra un incremento de este índice hacia el sector oceánico. Los valores más altos se encontraron en el sector sur, en la zona costera con 0,27 agregaciones por milla náutica lineal, mientras que en el sector oceánico hubo 1,02 agregaciones por milla náutica lineal, lo cual muestra que este sector concentró la mayor cantidad de ecotrazos de jurel (**Tabla 37**).

El total de las agregaciones estuvo conformado en un 20,40% por Clusters complejo (CC) y en un 79,60% por Clusters simple (CS). El sector sur oceánico presentó el mayor porcentaje de agrupaciones simples y complejas con un 41,29% y 14,59% respectivamente. En cuanto a los niveles de abundancia los porcentajes de Clusters simples fluctuaron entre 0,33% para clase "alta" y 75,46% para clase "baja" y para clusters complejos se observó un mínimo de 0,33% para clase "media" y un máximo de 18,57% para clase "baja". Las agregaciones de tipo disperso se caracterizaron por presentar el mayor porcentaje de agrupaciones de clusters simples (43,78%) y clusters complejos (13,10%), en cambio las de tipo cardumen y estrato mostraron la menor presencia de agrupaciones simple (1,49%) y compleja (1,16%), respectivamente (**Tabla 38**).

En general, el mayor número de clusters se presentó hacia el sector oceánico, siendo los clusters simples los más recurrentes en la zona de estudio.

De acuerdo a esto y lo observado en el IPE, se confirma la mayor cobertura espacial de la distribución de jurel hacia el sector oceánico.

Tabla 37. Número de agregaciones presentes por milla náutica lineal (IPE) y número de agregaciones totales presentes por macrozona.

	I P E (N° agregaciones/ milla náutica lineal)		Agregaciones por zona	
	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico
Norte	0,12	0,10	68	75
Sur	0,27	1,02	123	337
Total macrozona	0,39	1,12	191	412
Total Zona	1,51		603	

Tabla 38. Clusters simples (CS) y Clusters complejos (CC) por: a) macrozona, b) nivel de abundancia y c) tipo de agregación, año 2005.

a)

		Clusters				
MACROZONA	Sector	CC	CS	Total general	%CC	%CS
Norte	Costero	--	68	68	0	11,28
Sur		15	108	123	2,49	17,91
Sub-total		15	176	191	2,49	29,19
Norte	Oceánico	20	55	75	3,32	9,12
Sur		88	249	337	14,59	41,29
Sub-total		108	304	412	17,91	50,41
Total		123	480	603	20,40	79,60

b)

		Clusters			
ABUNDANCIA	CC	CS	Total general	%CC	%CS
Baja	112	455	567	18,57	75,46
Media	2	23	25	0,33	3,81
Alta	9	2	11	1,49	0,33
Total general	123	480	603	20,40	79,60

c)

		Clusters			
AGREGACION	CC	CS	Total general	%CC	%CS
Cardumen	9	9	18	1,49	1,49
Estrato	7	24	31	1,16	3,98
Disperso	79	264	343	13,10	43,78
Individual	28	183	211	4,64	30,35
Total general	123	480	603	20,40	79,60

7.12.2 Distribución batimétrica en el ciclo de las 24 horas

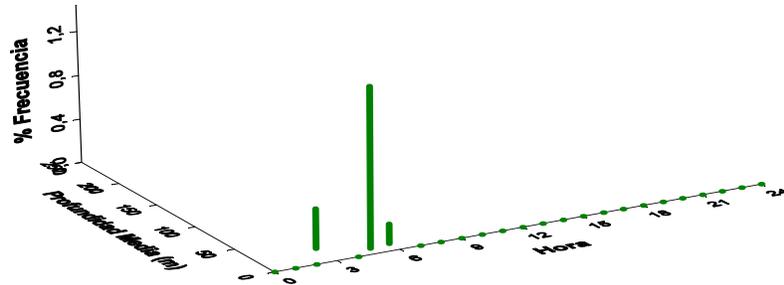
Los resultados de la información de los ecosondas analizada para el período de un día, para la prospección realizada en la zona de estudio se presentan en las **Figuras 75 y 76**.

Las agregaciones o ecotrazos se distribuyeron desde la superficie hasta los 237 m de profundidad, durante el ciclo de 24 horas. Esta distribución en profundidad es sustentada principalmente por el aporte de la abundancia “media” y agregación tipo “estrato” (**Tabla 39**).

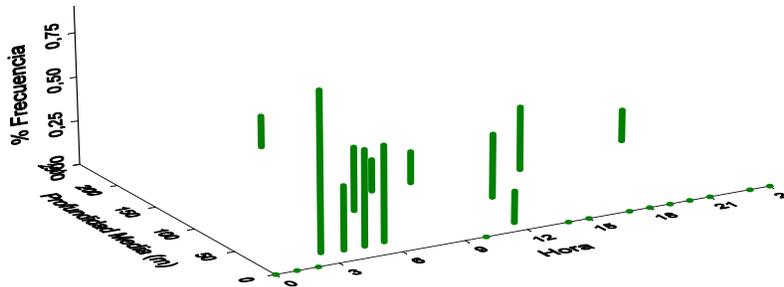
En relación al ciclo diario, las abundancias “baja” y “media” estuvieron presentes las 24 horas, en cambio la clase “alta” estuvo presente escasamente durante el periodo nocturno (**Figura 75**). En este sentido, es importante indicar que las agregaciones de jurel tipo individual se observaron durante todo el ciclo de 24 horas y fueron las más frecuentes durante el periodo de evaluación (**Figura 75**).

La mayor profundidad de los ecotrazos de abundancia “media”, se explica por la amplia distribución batimétrica de los distintos tipos de agregaciones (tipo estrato, disperso e individual), los cuales alcanzan los 237 m. Es importante señalar que las agregaciones de tipo cardumen para la clase de abundancia “baja”, muestran tendencia a ubicarse en aguas más someras durante el período de máxima oscuridad, no sobrepasando los 128 m de profundidad (**Tabla 39**).

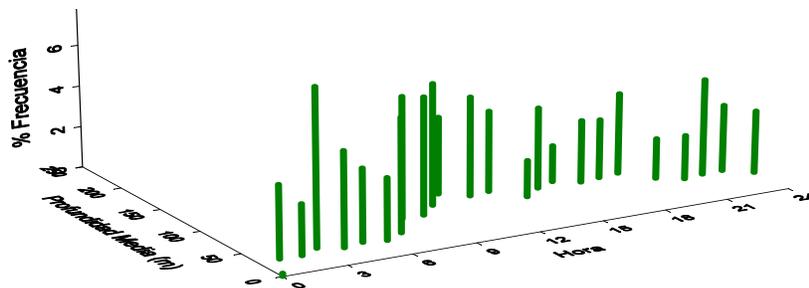
En la distribución de ecotrazos de jurel durante el ciclo de 24 horas, se observa que durante la noche están presentes los distintos tipos de agregaciones de jurel, en cambio en el periodo del crepúsculo se observó la presencia de dos de ellos, Disperso e individual sustentadas por niveles de abundancia “media” y “baja”.



a)



b)



c)

Figura 75. Distribución de las agregaciones por nivel de abundancia: a) Alta, b) Media y c) Baja, 2005.

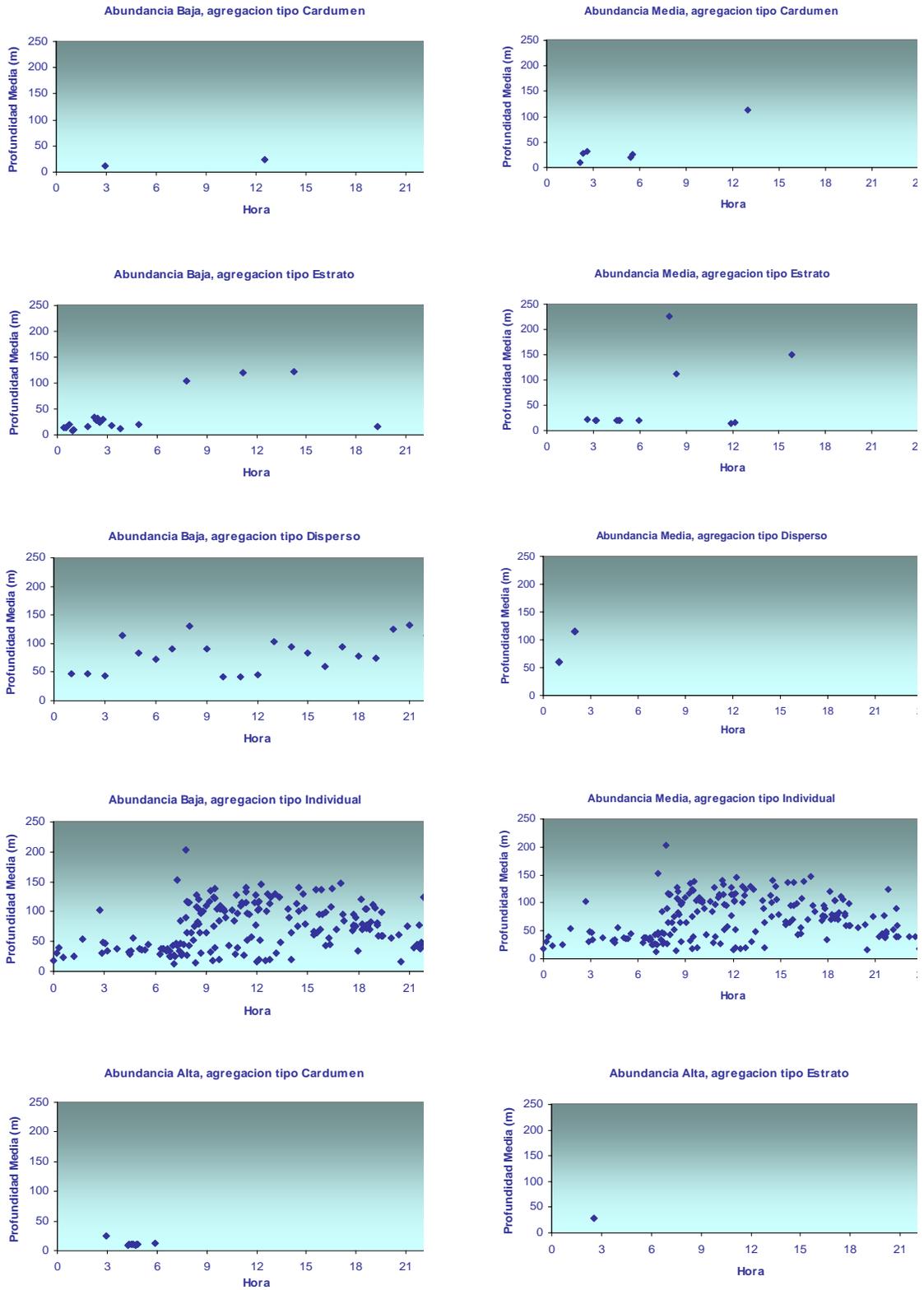


Figura 76. Distribución de profundidades en el ciclo de 24 horas y por clase de abundancia y tipo de agregación (año 2005).

Para la comparación del IC durante los diferentes periodos del día se calculo el ICest **Tabla 39**, este ponderador estandarizado se obtuvo de la distribución de ecotrazos en el ciclo de 24 horas (**Figura 77**). Durante el orto se present el ICest mas alto con un valor de 0,0778, seguido de los periodos noche y día con valores similares entre si de 0,0561 y 0,0513, respectivamente, en cambio el crepúsculo mostró el menor valor para este índice con 0,0071 (**Tabla 40**).

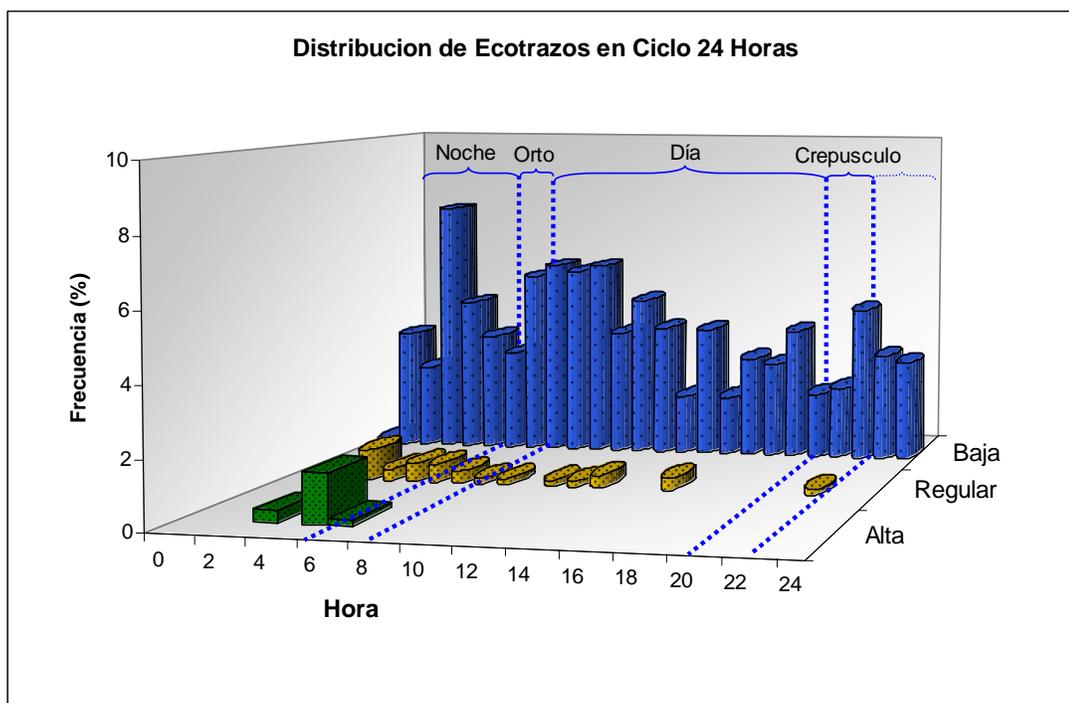


Figura 77. Frecuencia de distribución de los ecotrazos en el ciclo de 24 horas.

Tabla 39. Índice de cobertura estandarizado (Icest) a una hora.

Periodo	Tiempo (hr)	Ponderador	IC _{est} 1 hr
Orto	2	0,1205	0,18
Día	12	0,4496	0,037
Crepúsculo	2	0,0701	0,035
Noche	8	0,3597	0,044
Total	24	1	

Tabla 40. Índice de cobertura por ecotrazos y periodo del día (a) e Índice de cobertura estandarizado por ecotrazos y periodo del día (b).

a)

TIPO DE AGREGACION	ORTO	DIA	CREPUSCULO	NOCHE	Total general
Cardumen	0	0,014	0	0,098	0,112
Estrato	0,014	0,021	0	0,146	0,181
Disperso	0,223	0,565	0,112	0,830	1,729
Individual	0,195	0,788	0,091	0,202	1,276
Total general	0,432	1,387	0,202	1,276	3,29

b)

TIPO DE AGREGACION	ORTO	DIA	CREPUSCULO	NOCHE
Cardumen	0	0,0005	0	0,0043
Estrato	0,0025	0,0008	0	0,0064
Disperso	0,0401	0,0209	0,0039	0,0365
Individual	0,0351	0,0292	0,0032	0,0089
Total general	0,0777	0,0514	0,0071	0,0561

7.12.3 Altura y profundidad de las agregaciones

Durante el estudio, la altura y profundidad media de los ecotrazos fue de 17,6 y 55,6 m respectivamente. De acuerdo a la abundancia la altura fluctuó entre los 17,6 m para la clase "alta", 22,6 m para la clase "media" y los 17,6 m para la clase "baja", mientras que para los tipos de agregaciones, la altura media varió desde 15,1 m para el tipo "individual" a 19,3 m para los tipo "disperso" (**Tabla 41a**).

La profundidad media de los ecotrazos alcanzó los 55,6 m, con un rango que fluctuó entre los 13,4 m para la categoría "alta" y de 58,3 m para la categoría "media" (**Tabla 41a**). Los ecotrazos tipo cardumen se reportaron más someros a 21,4 m de profundidad promedio, los de tipo estrato y disperso bajo los 40 m de profundidad, siendo los de tipo individual las agregaciones que registran la mayor profundidad durante el crucero (72,5 m).

En cuanto al rango de profundidad, los ecotrazos totales se distribuyeron desde 1,5 a 237 m (**Tabla 41b**).

Tabla 41. Profundidad mínima (Zmin), Profundidad máxima (Zmax), Profundidad Media (Z media) y Altura media por: a) nivel de abundancia y b) tipo de agregación, 2005.

a)

Abundancia	Z min	Zmax	Z media	Altura media
Baja	1,5	215	56,27	17,38
Media	4	237	58,32	22,6
Alta	1,5	40	13,39	17,57
	1,5	237	55,57	17,61

b)

Agregación	Z min	Zmax	Z media	Altura media
Cardumen	1,5	128	21,35	17,51
Estrato	4	237	43,16	17,41
Disperso	1,5	160	48,04	19,3
Individual	8	215	72,53	15,15
	1,5	237	55,57	17,61

El 85,55% de los ecotrazos se reportaron entre la superficie y los 100 m de profundidad, en relación a las categorías de abundancia, la clase “baja” presenta un 80,73% sobre los 100 m de profundidad y un 13,29% bajo los 100 m de profundidad, en cambio la clase “alta” se presenta con el total de los ecotrazos correspondientes a un 1,83% sobre los 100 m de profundidad (**Tabla 42**). Con respecto a las agregaciones, la mayor concentración de ecotrazos se observó hasta los 100 m de profundidad con un 53,49% correspondiente a la agregación tipo disperso y la menor concentración se asocia a los ecotrazos tipo cardumen con un 0,17% bajo los 100 m de profundidad (**Tabla 42**).

Tabla 42. Presencia de ecotrazos (%) en la columna de agua a una profundidad superior e inferior a los 100 m, por nivel de abundancia y tipo de agregación.

ABUNDANCIA	<=100 m	> 100 m	Total general
Alta	1,83%	0,00%	1,83%
Media	2,99%	1,16%	4,15%
Baja	80,73%	13,29%	94,02%
Total general	85,55%	14,45%	100,00%

TIPO DE AGREGACION	<=100 m	> 100 m	Total general
Cardumen	2,82%	0,17%	2,99%
Estrato	4,15%	1,00%	5,15%
Disperso	53,49%	3,32%	56,81%
Individual	25,08%	9,97%	35,05%
Total general	85,55%	14,45%	100,00%

7.12.4 Índice de agregación e índice sintético de presencia de huevos

El grado de agregación se estimó mediante el índice de Gini es de 0,821 para los huevos y de 0,967 para el jurel.

La carta de distribución de huevos correspondiente a noviembre de 2005 se presenta en la **Figura 78**, el área correspondiente a la superficie de alta presencia de huevos (> 500 ind/10m²) se concentra preferentemente en dos sectores de la zona de estudio, en el nortecostero y sur-oceánico. El índice sintético de presencia de huevos es 1,2.

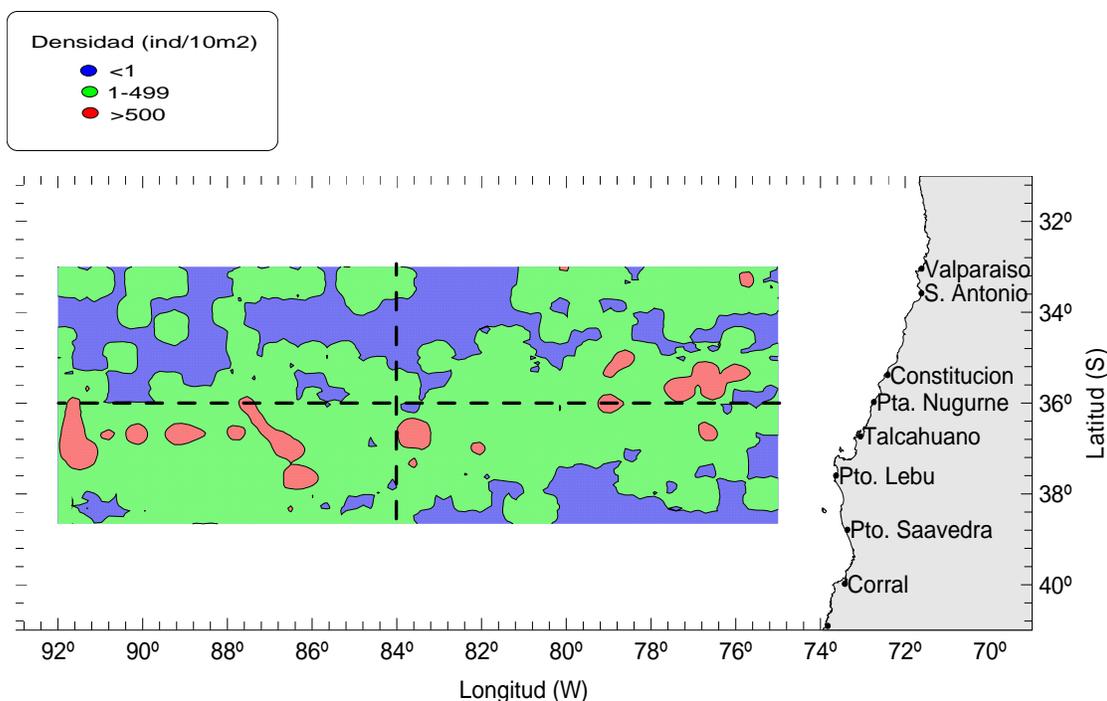


Figura 78. Distribución espacial de la densidad de huevos de jurel (noviembre 2005).

7.12.5 Análisis multitemporal de la distribución de ecotrazos de jurel (cruceros 1997 – 2005)

Desde 1997 se han efectuado ocho cruceros de ecoprospección dentro del marco de los proyectos de prospección de jurel, huevos y larvas de jurel de altamar (**Barbieri et al. 1998; Sepúlveda et al. 2001, Cubillos et al. 2002, Cubillos et al. 2003, Sepúlveda et al. 2004, Arcos et al. 2005**, y este estudio).

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

Los años 1999 y 2003, presentan el mayor IC en el periodo de análisis, 14,72% y 12,74%, respectivamente, mientras que los años 2000 (4,41%), 2001 (3,94%) y 2005 (3,29%) presentan valores menores y similares entre si, sin embargo el menor valor para este índice se observa el año 1998 con un 1,88%. Con respecto a las macrozonas, se tiene

que 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 oceánica, en cambio el año 2005 se observó el mayor IC en el sector sur oceánico del área prospectada. Durante el periodo de análisis la zona sur oceánica se observa con el menor índice de cobertura, excepto los años 1998 y 2005, donde las zonas de menor cobertura se presentan en el sector norte oceánico y norte costero, respectivamente (**Tabla 43**). En los años 1999 y 2003 se observa la mas alta presencia de ecotrazos tipo cardumen, mientras que en los años 2000, 2001 y 2004 (**Tabla 44** y **Figura 79**), esos años se reportaron las densidades totales de huevos mas altas del periodo: 444,0; 639,4 y 373,5 ind/10m². Mientras que en el año 2005 fue incipiente y se tuvo la densidad de huevos más baja del periodo de estudio sólo 98,56 ind/10m².

En el estudio del ciclo nictemeral el ICest en los años 1999 y 2003, se observó que en el orto los valores son mas bajos y que durante el día este valor aumenta, a diferencia del año 1998 y 2000 donde los valores altos se presentan en el crepúsculo y para los años 2001 y 2004 durante la noche, mientras que en el año 2005 este aumento se mostró asociado al orto y el valor mínimo al crepúsculo (**Tabla 44**).

Tabla 43. Índice de cobertura por macrozona, 1998-2005.

Sector	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005
Norte Costero	0,96	3,5302	1,9148	1,0179	3,4059	2,6314	0,418
Norte Oceánico	0,1152	1,5256	1,4380	2,4833	5,3760	5,0898	0,425
Sur Costero	0,3456	9,2425	0,5575	0,3393	3,5228	1,7419	0,642
Sur Oceánico	0,4608	0,4257	0,5062	0,1010	0,4424	0,9142	1,813
Total	1,88	14,72	4,41	3,94	12,74	10,38	3,29

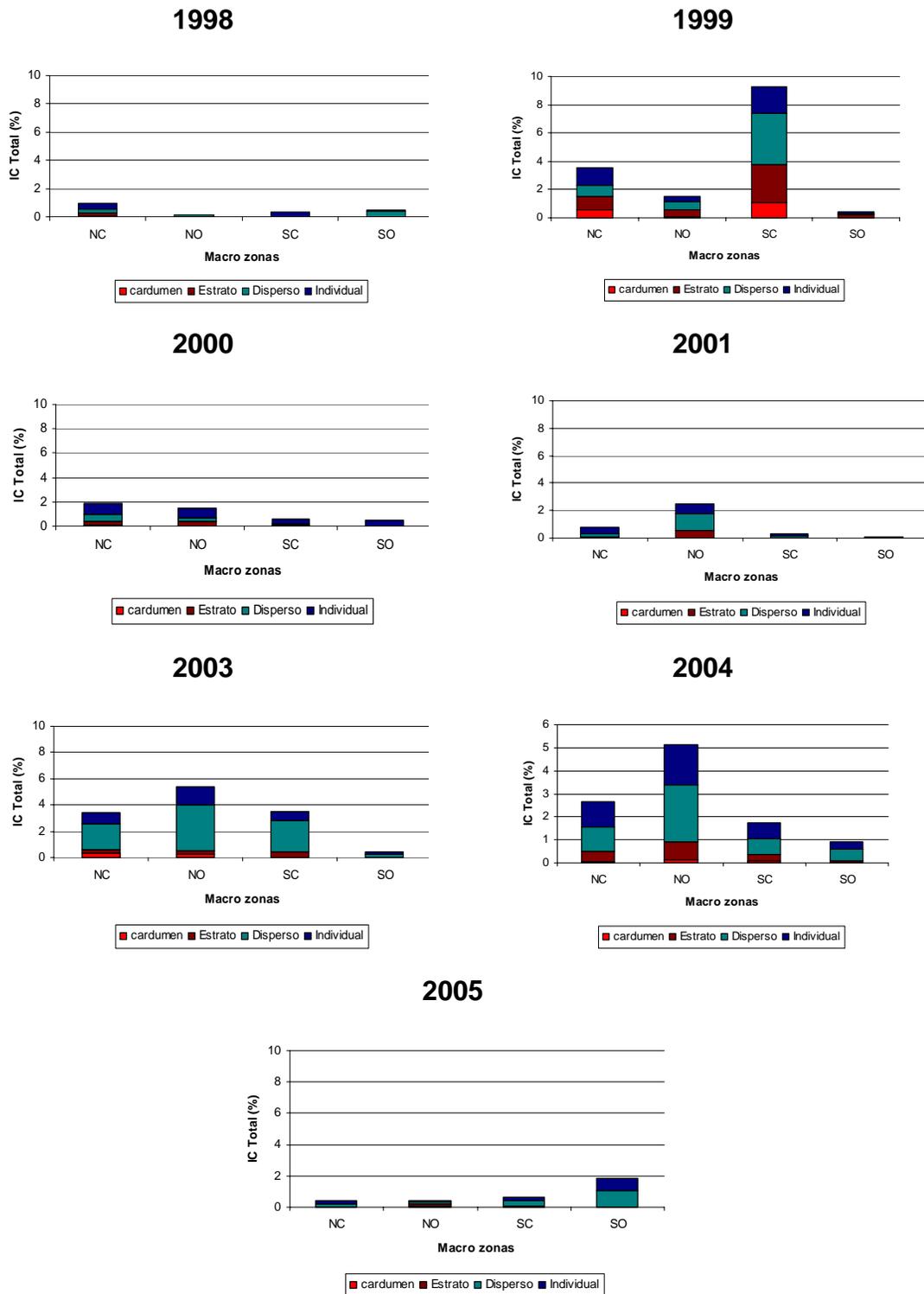


Figura 79. Índice de cobertura de las agregaciones por macro-zona entre 1998-2005.

Tabla 44. a) Índice de cobertura (IC), profundidad media (Z) y altura media (Alt) de los ecotrazos reportados por el ecosonda, b) Índice de cobertura estandarizado (IC_{est}) y altura media (Alt) de los ecotrazos reportados por periodo del día y c) Número de clusters, profundidad media y densidad de huevos.

a)	1998			1999			2000			2001			2003			2004			2005		
	IC	Z	Alt	IC	Prf	Alt	IC	Z	Alt	IC	Z	Alt	IC	Z	Alt	IC	Z	Alt	IC	Z	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	0,11	21,35	17,51
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	0,18	43,16	17,41
Dsiperso	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	1,73	48,04	19,3
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	1,27	72,53	15,15
Total	1,88	83,97	15,98	14,7	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	3,29	56,00	17,51

b)	1998		1999		2000		2001		2003		2004		2005	
	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	0,077	17,38
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	0,051	17,28
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	0,007	18,33
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	0,056	17,60

c)	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005
N° clusters/10000 mn ²	3	55	17	18	49	53	23
Z media (m)	84	102	63	62	102	53,7	56
% <= 100 m	65,3	44,5	77,7	74,1	49,8	87,4	85,5
Densidad de huevos	317,9	266,3	444	639	131,5	373,5	

7.12.5.2 Morfología de los ecotrazos por periodo y macrozona.

Distribución de la profundidad media durante el ciclo nictemeral

El patrón de distribución vertical de jurel en el periodo de 24 horas señala que durante el día el jurel se distribuye a mayor profundidad, mientras que la distribución es más somera en la noche y en el orto. 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 es 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 los 100 m de profundidad, en cambio para los años 1998, 2000, 2001, 2004 y 2005 la agregaciones se encuentran a profundidades entre 84,0 y 55,5 m de profundidad con porcentajes de 65,3%, 77,7%, 74,1%, 87,4% y el 85,5%, respectivamente con agregaciones distribuidas entre la superficie y los 100 m de profundidad, de lo que se infiere que a pesar que la profundidad de distribución del jurel sea mayor a los 100 m, el mayor porcentaje de ecotrazos se concentra entre la superficie y los 100 m (**Tabla 45**).

La profundidad de distribución en las macro zonas (Norte costero, Norte oceánico, Sur costero, Sur oceánico), alcanzó en los años 1998, 2001 y 2003 su mayor distribución vertical en el sector norte costero, mientras que durante los años 1999, 2000 y 2004 la máxima se presentó en el sector norte oceánico, a diferencia de lo que ocurrió para el 2005 donde la mayor profundidad se observó en el sector sur oceánico (**Figura 80**).

Se compararon las profundidades promedios a través de una ANDEVA, para los años de estudio los resultados indican que no se observan 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. Para el año 2005 es posible observar una diferencia significativa en la profundidad de distribución vertical entre la zona costera y oceánica ($p < 0,05$). En la zona norte el jurel esta más profundo en la zona costera (48,61 m) que en la zona oceánica. En la zona sur se encuentra mas profundo en la zona oceánica (69,21 m; **Tabla 46**).

Tabla 45. Profundidad media y porcentaje de agregaciones entre superficie y 100 m.

Crucero	Profundidad Media (m)	% <= 100 m Profundidad
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
Nov. 2005	55,5	85,5

Tabla 46. Inferencia de las macro zonas en la profundidad media por año y los post- hoc. Inferencia significativa (*) $P < 0,05$ y no significativa (NS), $P > 0,05$.

Año	Macrozonas	Profundidad media	n	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			
2005	Norte costero	48,61	68	*	*	*
	Norte oceánico	32,94	75		NS	*
	Sur Costero	37,01	123	NS		*
	Sur oceánico	69,21	337	*	*	

La distribución vertical de jurel en las macro zonas analizadas, varía de acuerdo a las densidades de huevos, en zonas de alta densidad, las agregaciones de jurel se distribuyen a mayor profundidad que en zonas de baja densidad de huevos (**Tabla 44**). 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 81 y 82**). En el año 2003 la mayor densidad de huevos se observó en el norte costero y norte oceánico, donde las agregaciones mostraron una profundidad significativamente mayor en relación al sur costero y oceánico. En cuanto al año 2005 las mayores profundidades se mostraron en el sector sur oceánico coincidiendo con el patrón expuesto, lugar donde principalmente se concentran las altas densidades de huevos (**Figura 80 y 81**).

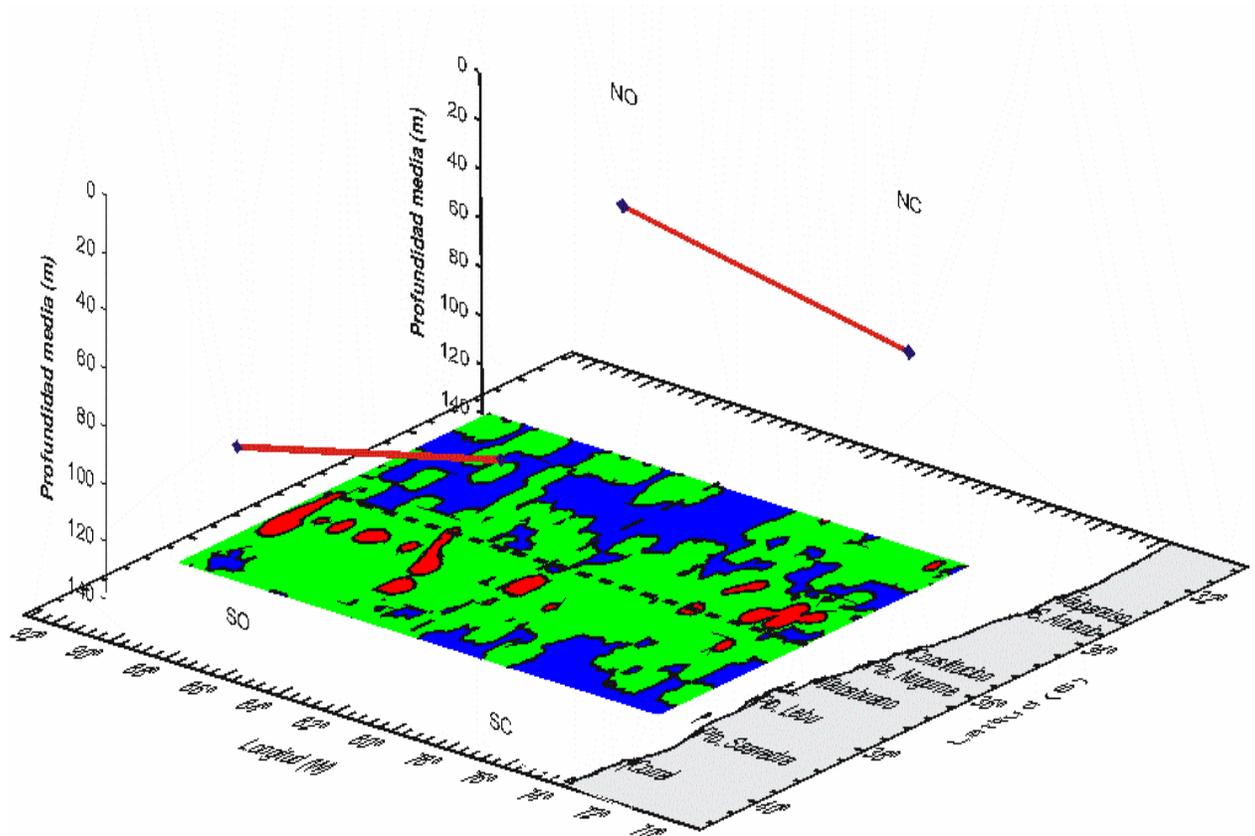
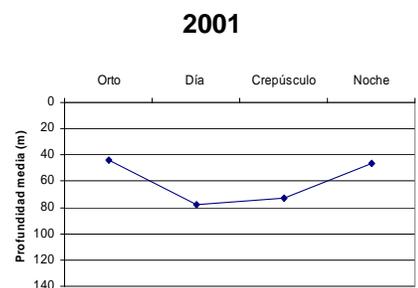
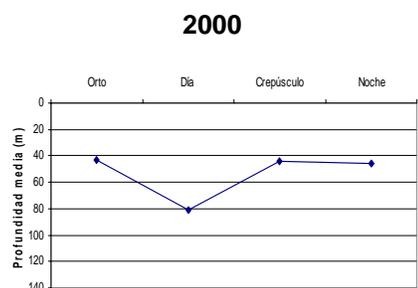
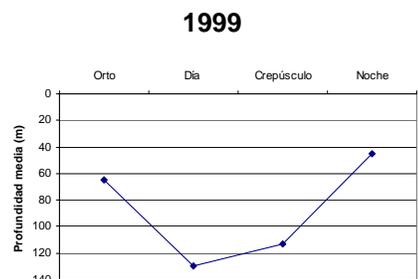
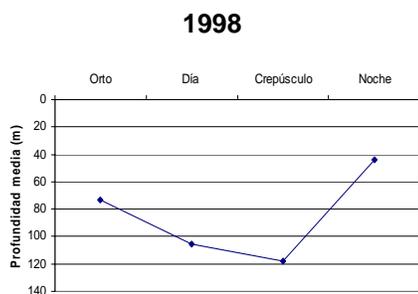


Figura 80. Distribución de zonas de alta densidad de huevos y profundidad promedio de las agregaciones de jurel, noviembre 2005.

Profundidad media durante los periodos



Profundidad media en las macrozonas

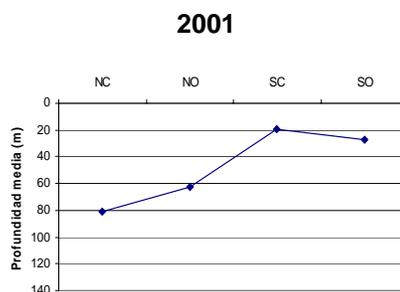
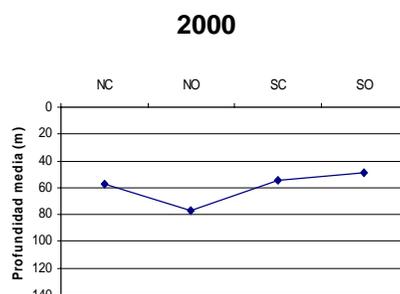
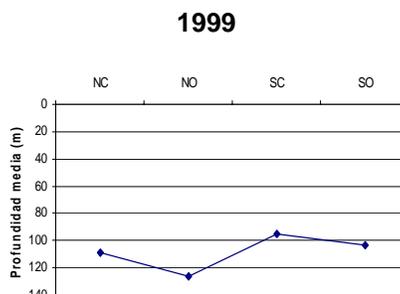
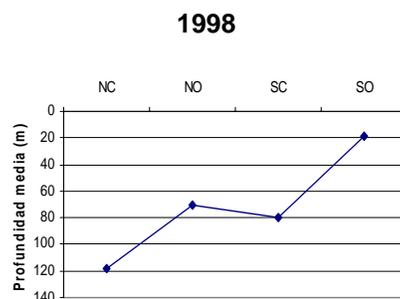
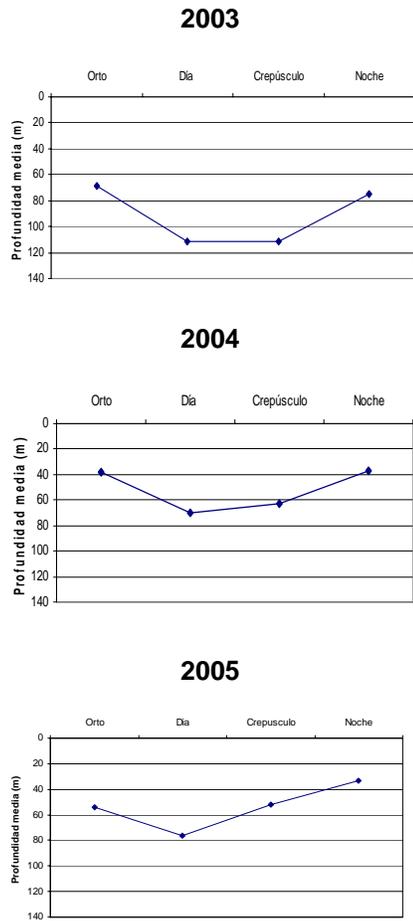


Figura 81. Distribución de la profundidad media durante los periodos del día: Orto (O), Día (D), Crepúsculo (C) y Noche (N). Y por macrozonas: Norte costero (NC), Norte oceánico (NO), Sur costero (SC) y Sur oceánico (SO).

Profundidad media durante los periodos



Profundidad media en las macrozonas

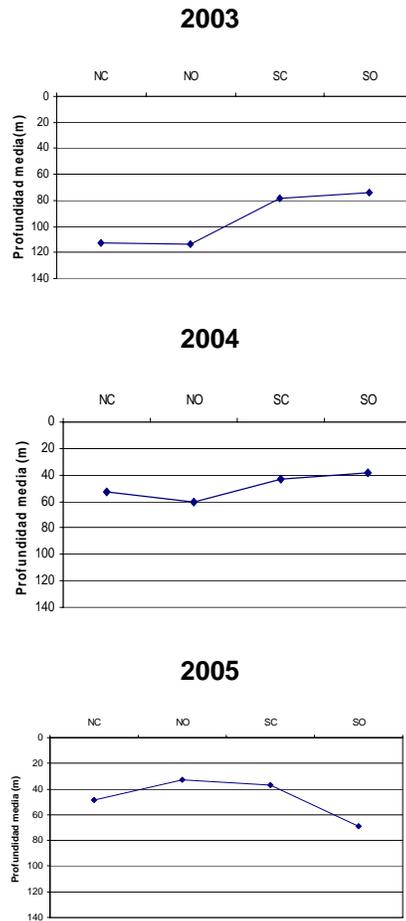


Figura 81. (Continuación) Distribución de la profundidad media durante los períodos del día: Orto (O), Día (D), Crepúsculo (C) y Noche (N). Y por macrozonas: Norte costero (NC), Norte oceánico (NO), Sur costero (SC) y Sur oceánico (SO).

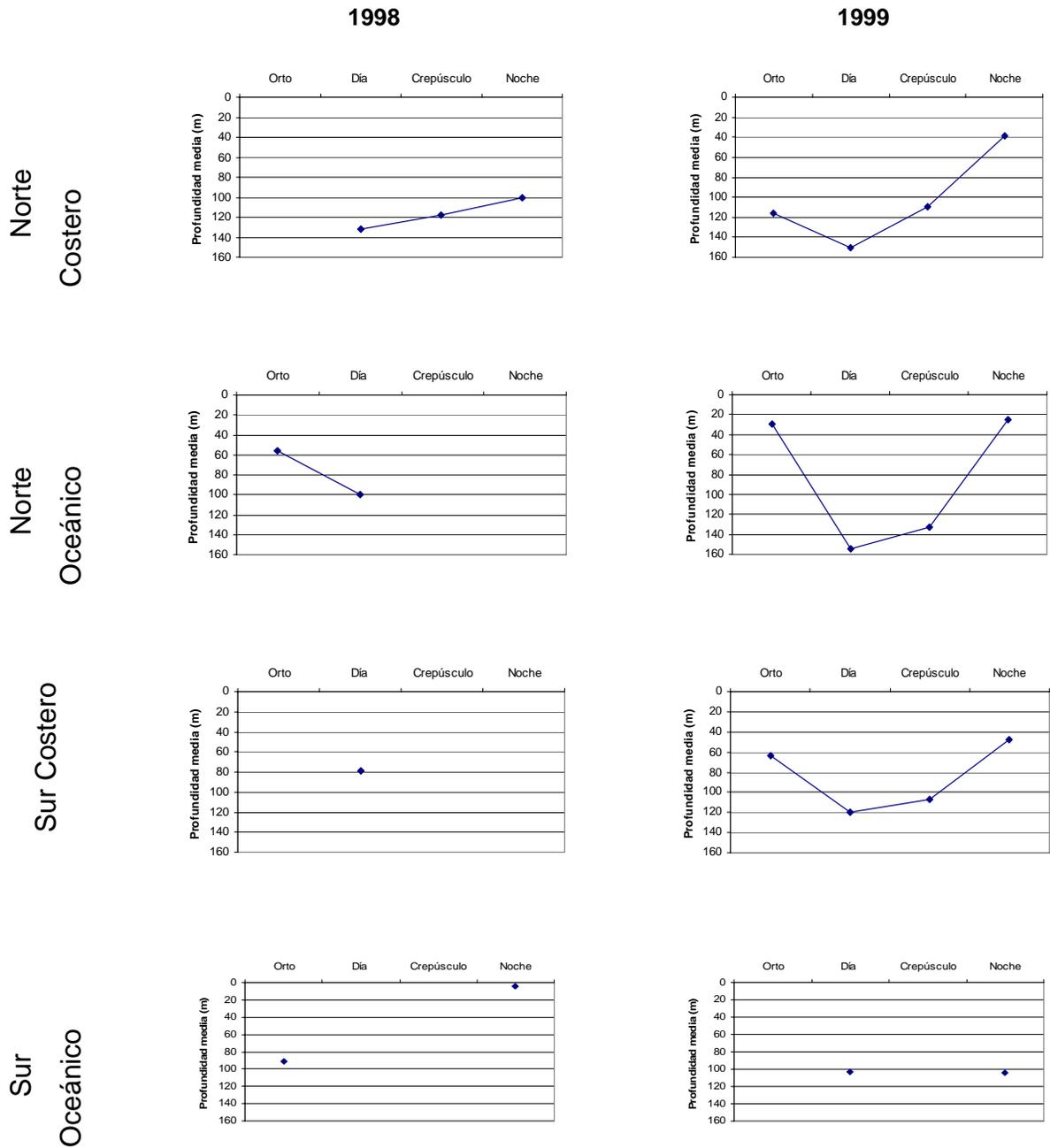


Figura 82. Distribución de la profundidad media durante los periodos del día. Orto (O), Día (D), Crepúsculo (C), Noche (N) en las macro zonas Norte costero (NC), Norte oceánico (NO), Sur costero (SC), Sur oceánico entre 1998-1999.

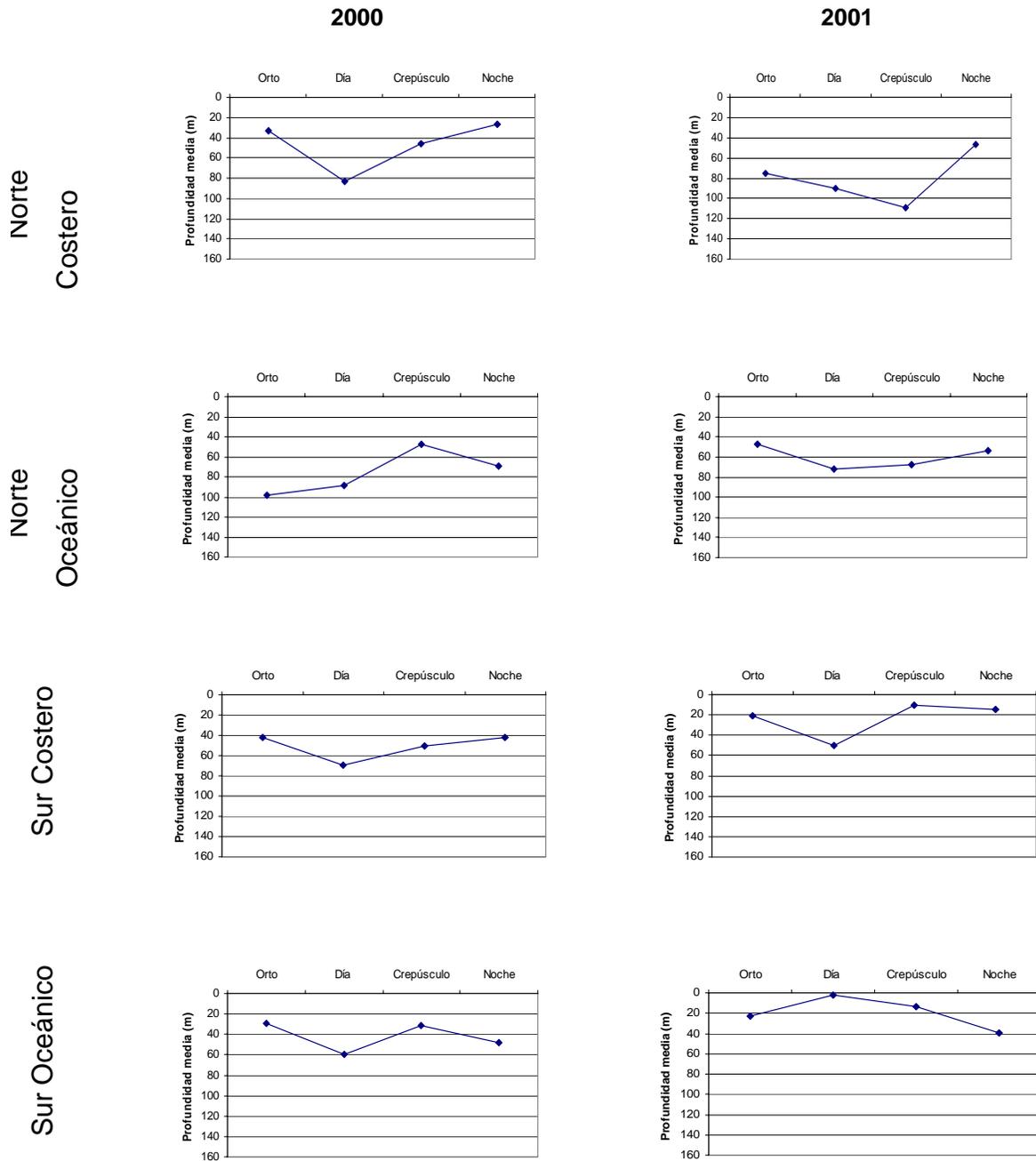


Figura 82 (continuación). Distribución de la profundidad media durante los periodos del día. Orto (O), Día (D), Crepúsculo (C), Noche (N) en las macro zonas Norte costero (NC), Norte oceánico (NO), Sur costero (SC), Sur oceánico entre 2000-2001.

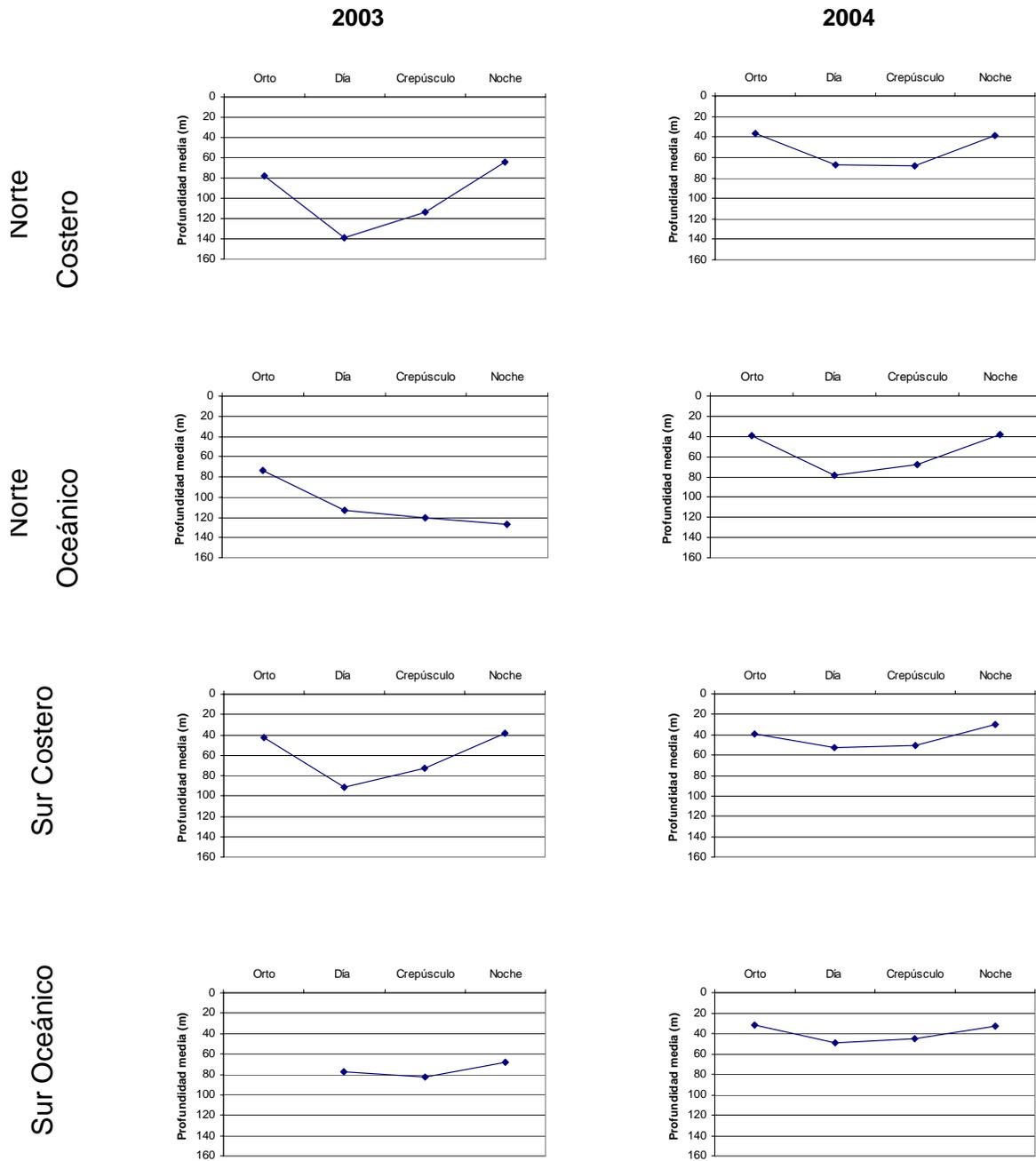


Figura 82 (continuación). Distribución de la profundidad media durante los periodos del día. Orto (O), Día (D), Crepúsculo (C), Noche (N) en las macro zonas Norte costero (NC), Norte oceánico (NO), Sur costero (SC), Sur oceánico entre 2003-2004.

2005

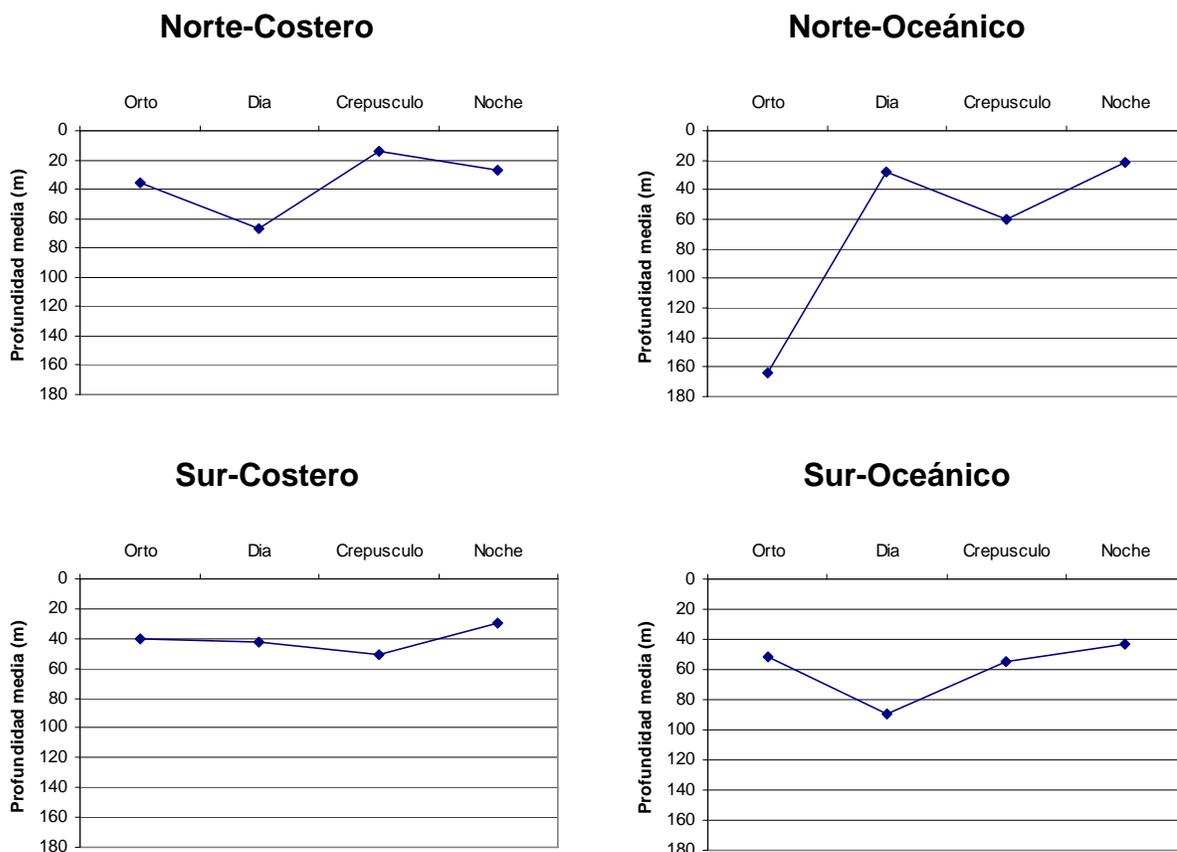


Figura 82 (continuación). Distribución de la profundidad media durante los periodos del día. Orto (O), Día (D), Crepúsculo (C), Noche (N) en las macro zonas Norte costero (NC), Norte oceánico (NO), Sur costero (SC), Sur oceánico (2005).

Altura media de los ecotrazos

La altura promedio de los ecotrazos presentó una variación entre 16,0 m y 31,2 m alcanzándose la mayor altura en el crucero de noviembre del año 2003. La agregación de tipo cardumen varió entre los 16,2 m y los 36,2 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 44**).

En el ciclo de 24 horas se observó la mayor altura media de 36,5 m de profundidad en el año 2003 asociada al periodo crepúsculo y la menor altura durante el periodo día alcanzando un valor de 12,6 m de profundidad el año 1998. En general, las mayores alturas medias durante el periodo de análisis estuvieron asociadas a los periodos de transición, de aguas más profundas a más someras y viceversa, sin embargo el año 2004 mostró la mayor altura de los ecotrazos en el periodo de orto. Una excepción a este comportamiento fue el año 2001 que la mayor altura ocurrió en el periodo día (**Tabla 44b**).

Indice de presencia de ecotrazos (IPE) y clusters (1997-2005)

En los años 1997, 1999, 2003 y 2004 los IC alcanzaron valores de 14,97%, 14,72%, 12,75% y 10,40% (**Tabla 43**) respectivamente, además en esos cruceros los índices de presencia de ecotrazos fluctuaron entre 0,097 y 0,129 agregaciones por milla náutica lineal (IPE), siendo la mayor participación los ecotrazos de clase baja. En cambio para los años 1998, 1999, 2000, 2001 y 2005 el IPE alcanzo valores bajos que fluctuaron entre 0,009 y 0,037 agregaciones por milla náutica lineal (**Tabla 47**). 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 47. Indice de presencia de ecotrazos (IPE; Número de agregaciones por milla náutica lineal) y número de clusters para el período 1997-2005.

Crucero	IPE	N° clusters/10.000 mn²
Nov. 1997	0,120	50
Dic. 1998	0,009	3
Dic. 1999	0,129	55
Nov. 2000	0,037	17
Nov. 2001	0,037	18
Nov. 2003	0,120	49
Nov. 2004	0,097	53
Nov 2005	0,015	23

En los cruceros 1997,1999, 2003 y 2004 se observó la mas alta presencia de clusters expresada en N°clusters/10.000 mn², mientras que los años 1998, 2000, 2001 y 2005 se reportó el más bajo numero de clusters (**Tabla 47**).

7.12.5.3 Índice sintético de presencia de huevos (1997-2005)

Para el período de estudio se observa un índice sintético de presencia de huevos (IA) que fluctuó entre 1,2 y 39,4% (**Figura 83**). En cuanto al índice de cobertura este varió entre 1,88 y 14,72%, observándose 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, mientras que en el año 2005 se obtuvo el IC y el IA más bajos del periodo de estudio.

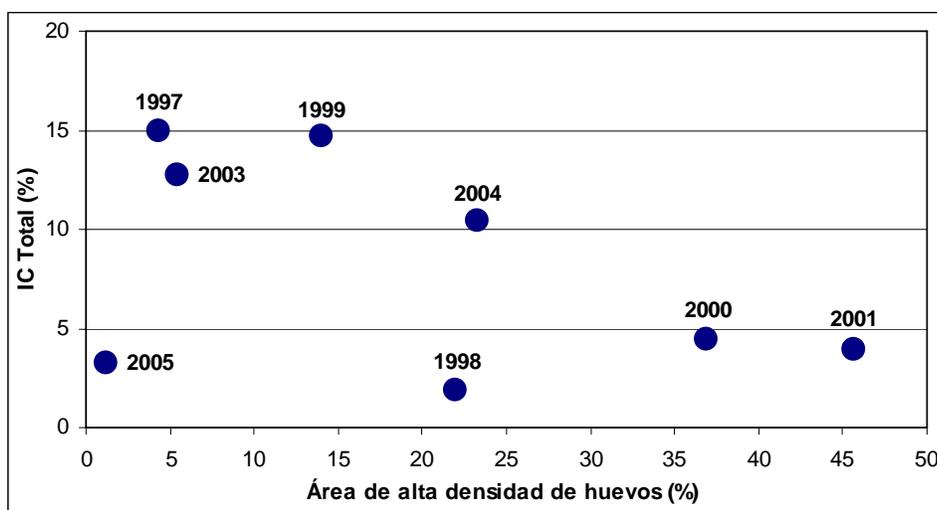


Figura 83. Índice de cobertura total (IC) e índice sintético de la presencia de huevos (IA).

7.12.5.4 Curva de Lorenz e Índice de Gini

Durante el periodo 1997 – 2004 el índice de concentración indicaba que el comportamiento del jurel y los huevos era diferente en cuanto al uso del espacio, las curvas de Lorenz mostraban que el jurel presentaba una distribución más gregaria que los huevos en todos los cruceros realizados.

En los años 1998, 2000 y 2001 el jurel tenía una distribución más gregaria que los años 1997, 1999, 2003 y 2004. En el año 2005 se presenta un variación en la distribución del jurel y sus huevos, con ambos mostrando un comportamiento gregario (**Figura 84**).

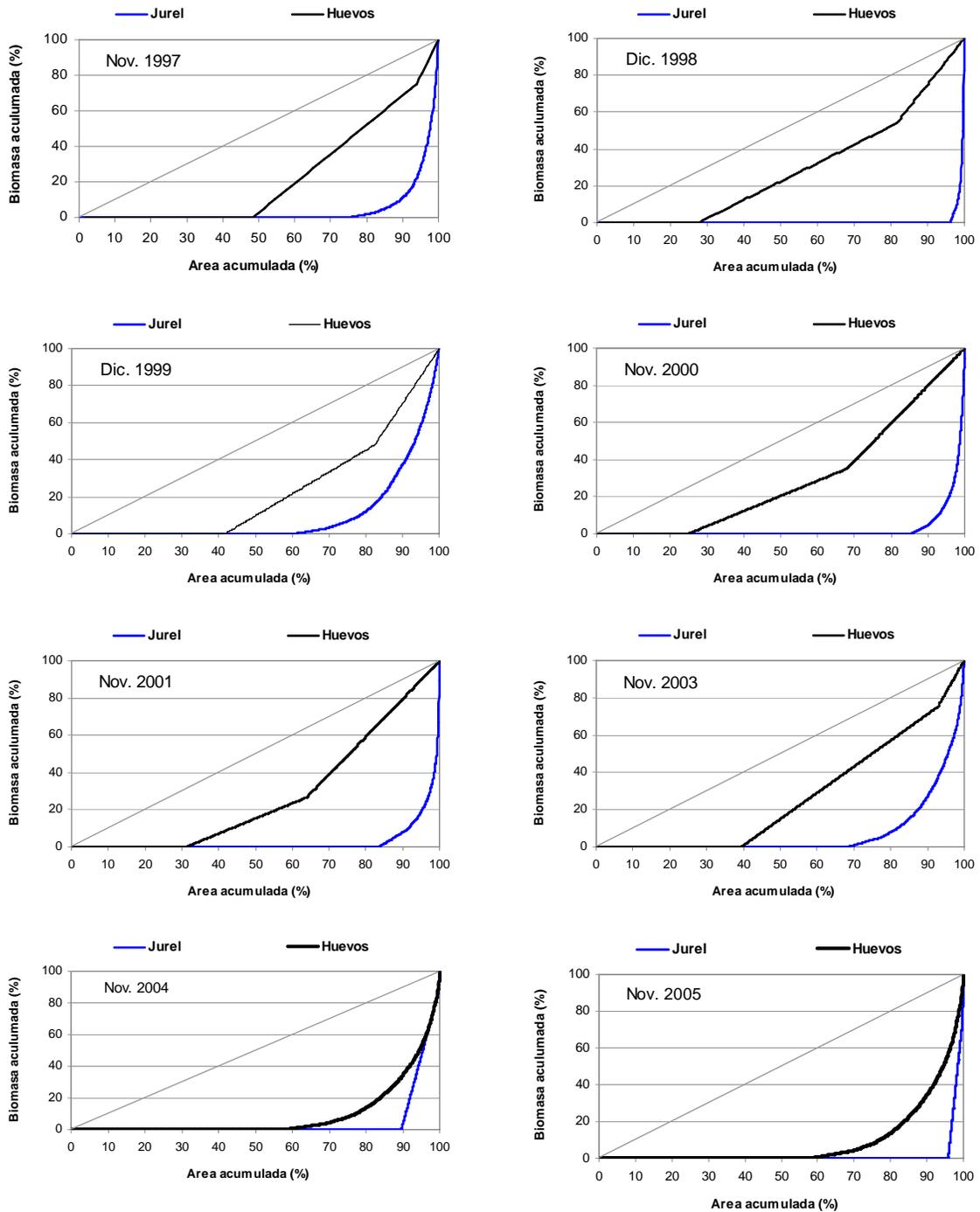


Figura 84. Curva de Lorenz para los cruceros 1997 a 2005

El índice de Gini para el jurel varió entre 0,81 (año 1999) y 0,98 (año 1998) en el año 2005 se alcanzó un valor alto 0,96, para los huevos de jurel el IG fluctuó entre 0,82 (año 1997) y 0,41 (año 2000), en el año 2005 presentó un valor de 0,82. En el periodo 1997-2004 el índice de Gini del jurel y los huevos tenían un comportamiento inverso, indicando que cuando los huevos se presentaban más uniformemente distribuidos el jurel se reportaba más agregado. El año 2005 se presentó un cambio en la tendencia, ambos índices son altos indicando que tiene un comportamiento gregario, existe un cambio en el uso del espacio por parte del jurel y sus huevos (Figura 85).

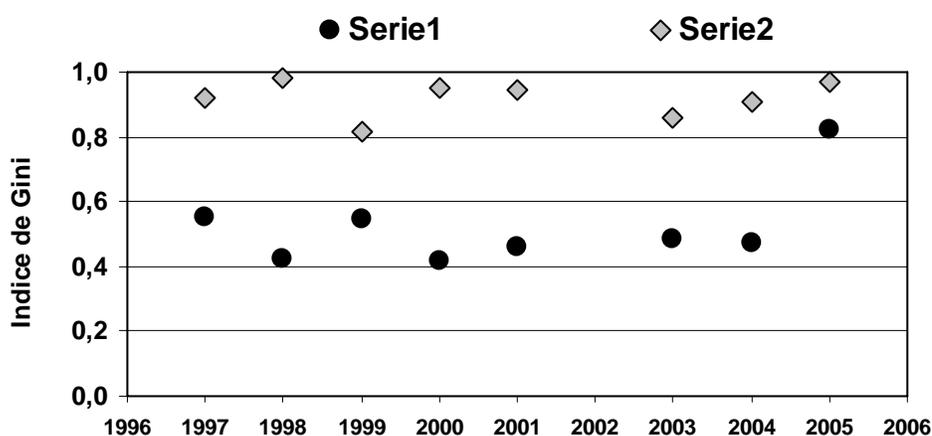


Figura 85. Índice de Gini para jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2005.

7.12.6 Análisis de estructura espacial de jurel y huevos

Para determinar la estructura espacial del jurel se estimó el semivariograma experimental empleando un lag de 0,5 mn, se ajustó un modelo exponencial isotrópico, donde el nugget o efecto pepita es del 33,3% y el sill del 66,7% el modelo presenta macroestructuras de 33 mn (Figura 86a). Para los huevos el lag utilizado es de 23 mn, ajustando un modelo esférico donde el efecto nuggett aporta con el 27% y el sill el 73% (Figura 86b). Para establecer asociaciones se utilizó el variograma cruzado entre huevos y

jurel, indicando que las relaciones se presentan en macroestructuras que tienen una extensión de 194 mn (**Figura 86c**).

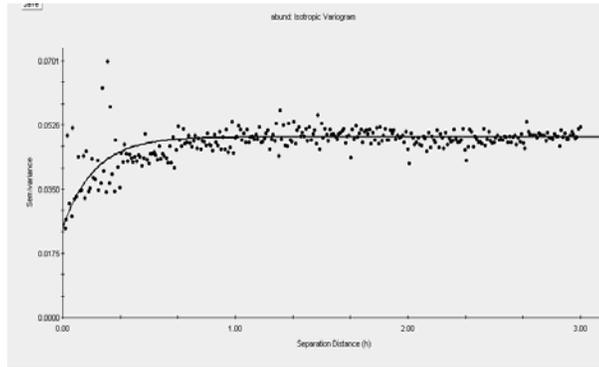
Asimismo, se determinaron los variogramas cruzados entre el jurel, huevos y la temperatura superficial del mar (**Tabla 48**), se estimó una amplitud del rango de correlación de 10,6 grados entre los huevos y la TSM, y de 7,2 grados para el jurel y la TSM, por cuanto se desestiman los resultados.

Tabla 48. Variogramas ajustados para a) jurel y huevos y b) variograma cruzado.

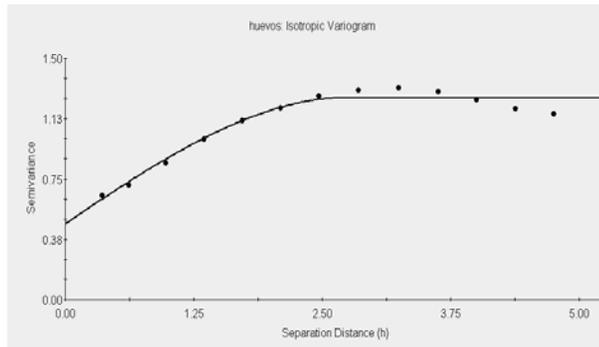
a)	Lag	Modelo	Nugget	Sill	Range
Jurel	0.5 mn	Exponencial	0.024	0.049	0.55
Huevos	23 mn	Esférico	0.0017	1.256	2.74
Jurel y Huevos	23 mn	Esférico	0.47	0.105	3.24

b)	Lag	Modelo	Nugget	Sill	Range
Jurel y Huevos	23 mn	Esférico	0.47	0.105	3.24

a)



b)



c)

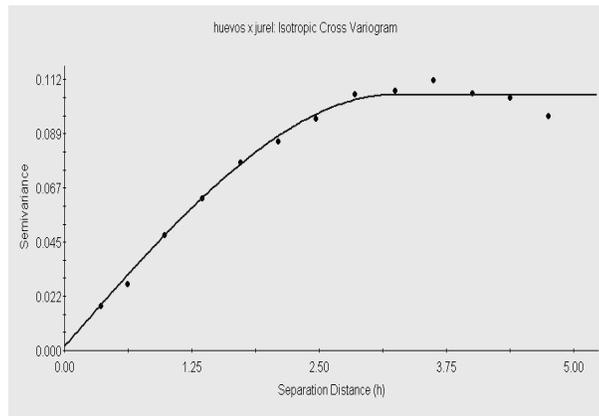


Figura 86. Semivariograma de: a) jurel y b) huevos de jurel c) Variograma cruzado de jurel y huevos.

7.13 ESTIMACION DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL

El año 2005, la estimación de la biomasa desovante de jurel fue de 1.042.706 toneladas, con una varianza de $1,43 \times 10^{11}$ (CV= 36 %). Al comprar este valor con las estimaciones de años anteriores, destaca que esta estimación es la más baja de la serie, siendo muy similar a la reportada el año 2003 (**Tabla 49**). El período 1999-2001, presenta los valores de biomasa más altos de la serie, reportando en promedio 5 millones de toneladas.

Tabla 49. Parámetros reproductivos de jurel y estimación de la biomasa desovante de jurel en aguas alta mar, frente a Chile centro-sur.

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
2005	364,7	40463	0,142	0,466	9,940	773602	1042706

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

La covarianza de los parámetros reproductivos y su correlación (**Tabla 50**), muestran que la menor correlación entre los parámetros ocurre entre la proporción sexual en peso (R) y el peso promedio de la hembra madura (W). La fecundidad y el peso promedio de la hembra madura en cambio, son los parámetros que mejor se asocian.

Tabla 50. Covarianza (COVAR) y correlación (CORREL) entre los parámetros reproductivos de las hembras de jurel

	COVAR	CORREL
F - W	134481,408	0,999
F - R	-31,230	-0,116
F - S	-14,270	-0,310
W - R	-0,252	-0,112
W - S	-0,092	-0,291
R - S	0,000	0,129

En la evaluación de stock de jurel efectuada por INPESCA (Sepúlveda, 2006) se obtienen estimaciones de la biomasa desovante de este recurso sobre la siguiente base de estimación:

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

donde SSB_t es 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 51**, se comparan las estimaciones de biomasa desovante realizadas por el MPDH y las estimaciones de Sepúlveda (2006), 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 68% de la fracción desovante del MPDH está representada en el modelo de evaluación.

Tabla 51. 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 Biomasa Desovante (t)	Razón MPDH /SSB
1999	2751750	5723932	2,08
2000	3402140	4688208	1,38
2001	3566560	5626963	1,58
2002	3549800	S/R	
2003	3956560	1387804	0,35
2004	4802300	3287439	0,68
2005	5188500	1042706	0,20

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

La estimación de la biomasa desovante por MPDH en 2005 es la menos consistente con la biomasa desovante estimada en la evaluación del recurso para ese año.

7.13.1 Análisis de los resultados

Al analizar toda la serie histórica, se pueden verificar dos aspectos importantes. El primero, es que los parámetros reproductivos no han variado significativamente año tras año, manteniéndose sin grandes fluctuaciones. Sólo el peso promedio de la hembra madura ha experimentado una importante alza, la cual es coincidente con la situación actual del recurso. La producción diaria de huevos en cambio, es el parámetro sujeto a mayor incertidumbre, por lo tanto, las fluctuaciones que pueda sufrir, repercuten en forma importante en la estimación de la biomasa desovante.

Lo segundo, y producto de lo anterior, es que se verifica que años con grandes abundancias de huevos (1999-2001) son años que reportan los mayores valores de biomasa, en cambio años con bajas abundancias, se traducen en años con biomazas menores. El valor de biomasa desovante de jurel para el año 2005 es el más bajo de la serie, siendo sólo comparable con el reportado el año 2003. Al comparar este valor con el estimado del año

2004, se verifica una baja significativa de más de un 200%. Al igual que lo reportado para el año 2003, se inferiría que este bajo valor 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**) sino que durante un descenso de la curva de producción.

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. 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.

7.14 COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE

7.14.1 Elaboración de clave edad-talla (CET)

El análisis de otolitos de hembras desovantes permitió generar una Clave edad-talla (CET) con 8 grupos de edad (III - X) en hembras y 9 en machos (III - XI) con rangos de longitud horquilla de 25 a 50 y de 25 – 55 cm, respectivamente. (**Tablas 52 y 53**). Los grupos de edad con mayor presencia en la muestra de otolitos de hembras fueron el IV, V, VI y VII que representaron alrededor del 70%. En los machos, los grupos de edad de mayor relevancia fueron el V, VI y VII con aproximadamente el 66%.

Tabla 52. Composición por edad-talla en la muestra de hembras maduras (EM3- EM4) de jurel (2005).

L.H.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Total
25			1	1							2
26			1	5	3						9
27			4	13	10						27
28			5	14	10	1					30
29				17	4	3					24
30				30		1					31
31				38	19	1					58
32				11	38	15	9				73
33					12	22	15	2	1		52
34					5	19	11				35
35					5	10	9	2	1		27
36					2	9	10	9	1		31
37						4	11	7	4	2	28
38						8	7	5	2	2	24
39							7	18	9	2	36
40							5	5	5	6	21
41						1	6	9	14	2	32
42							3	9	9	5	26
43							1	9	4	2	16
44							1	6	1	6	14
45									3	1	4
46								1	1		2
47										2	2
48									1	1	2
49								1			1
50										2	2
51											
Total			11	129	108	94	95	83	56	33	609
%			1,8	21,2	17,7	15,4	15,6	13,6	9,2	5,4	

Tabla 53. Composición edad-talla en la muestra de machos de jurel (2005).

L.H.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total
25			1									1
26			2	5								7
27			5	16	14	1						36
28			2	4	13	4						23
29				1	17	11	2					31
30				1	9	9	6					25
31					3	24	5	1				33
32					7	22	5	2				36
33					5	10	1	1				17
34					8	12	4	1				25
35					1	12	10	6				29
36					1	8	10	1				20
37						1	8	4	3			16
38						5	10	4	1			20
39						4	10	6	1			21
40						3	5	3	1			12
41						4	12	10	6	2		34
42							7	5	5	3		20
43							5	15	4	2		26
44								5	1	3		9
45									2	1		3
46										3		3
47										2	3	5
48										9	1	10
49										3	1	4
50											1	1
51											1	1
52												
53											1	1
Total			10	27	78	130	100	64	24	28	8	468
%			2,1	5,8	16,7	27,8	21,4	13,7	5,1	6,0	1,7	

7.14.2 Proporción a la edad (Pa)

La proporción a la edad o frecuencia relativa es de un 37,6% para el GE IV (CV=0,272) seguido por un 24,2% y 16,4% para los GE V (CV= 0,365) y VI (CV= 0,365), respectivamente (**Tabla 54**).

Tabla 54. Parámetros estimados para el stock desovante de jurel por grupo de edad en noviembre 2005. (Pa: Proporción a la edad, Wa: Peso medio a la edad Ba: Biomasa a la edad y Na: Abundancia a la edad).

	GRUPOS DE EDAD										Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Pa			0,006	0,376	0,242	0,164	0,113	0,046	0,031	0,018	
E. estándar			0,0482	0,7311	0,4215	0,2392	0,1607	0,0727	0,0551	0,0388	
CV			1,4014	0,2720	0,3652	0,3650	0,3827	0,3797	0,3826	0,3625	
Wa (g)			217,0	281,1	317,6	361,1	407,0	595,0	658,0	731,6	
E. estándar			12,7366	22,3114	30,3021	36,2775	42,7718	60,3631	72,2127	74,3860	
CV			0,0587	0,0794	0,0954	0,1005	0,1051	0,1015	0,1098	0,1017	
Ba			4478,32	302412,16	220027,98	169126,36	131926,85	78194,70	59605,64	40276,62	1006048,64
%			0,45	30,06	21,87	16,81	13,11	7,77	5,92	4,00	
Na (x10 ⁶)			20,64	1.075,89	692,79	468,36	324,11	131,42	90,59	55,05	2858,84
E. estándar			0,219	23,982	11,094	5,177	2,893	0,834	0,524	0,288	
CV			0,276	0,580	0,416	0,287	0,232	0,165	0,151	0,136	

Tabla 55. Biomasa de machos presentes en el área del stock desovante de jurel (2005).

	GRUPOS DE EDAD										Total	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		XI
Na (x10 ⁶)			36,27	94,26	363,42	606,00	261,21	108,86	27,23	19,05	5,94	1522,24
Ba (t)			12946,5	33647,9	129733,1	216329,0	93248,5	38860,9	9722,3	6799,3	2121,8	543409,3
%			2,38	6,19	23,87	39,81	17,16	7,15	1,79	1,25	0,39	

7.14.3 Abundancia por grupo de edad (Na)

De la población desovante de jurel que fue estimada en $2.858.844,73 \times 10^3$ millones, de los cuales 1.076 millones corresponden al GE IV (CV = 0,58), 692,7 millones al GE V (CV = 0,416) y 468 millones al GE VI (CV = 0,287) (**Tabla 54, Figura 87**). El total de machos presentes en el área de desove fue de 1522 millones, siendo los GE más importantes el VI (606×10^6) y el V ($363,4 \times 10^6$) (**Tabla 55**).

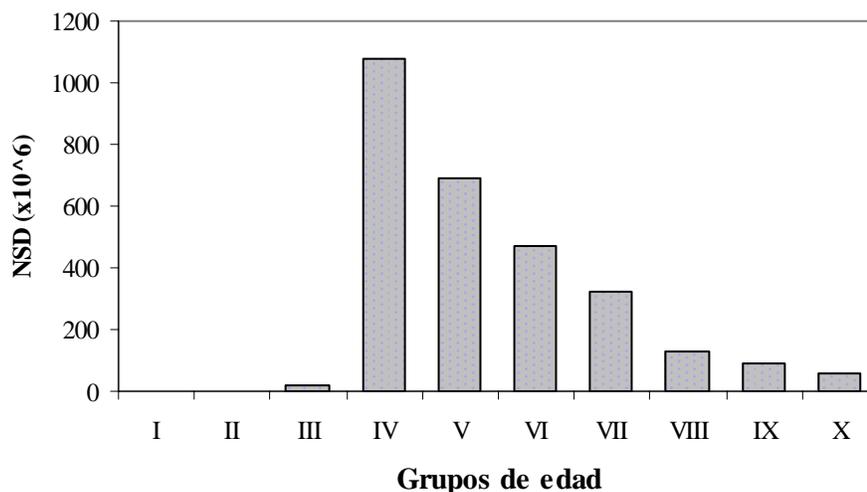


Figura 87. Estructura en número del stock desovante de jurel (NSD) en 2005.

7.14.4 Peso medio por grupo de edad (Wa)

Para la estimación de los pesos promedios por talla (W_t) se empleó la relación longitud – peso estimada para la fracción desovante de hembras de jurel cuya expresión es:

$$W_t = 0,020 \cdot LH^{2,8} \quad r^2 = 0,925$$

Para los machos esta relación es:

$$W_t = 0,024 \cdot LH^{2,75} \quad r^2 = 0,936$$

Los pesos promedios (W_a) para los GE III a X se presentan en la **Tabla 54** con los errores estándar y coeficientes de variación correspondientes. El error estándar se incrementa con la edad y el coeficiente de variación es más alto para las edades IV (7,9%) y V (9,5%).

7.14.5 Biomasa del stock desovante por grupo de edad (B_a)

La biomasa desovante total estimada es de 1.006.048 ton, correspondiendo 302 mil ton (30%) al GE IV, 220 mil t (21,8%) y 169 mil ton al GE VI (16,8%) (**Tabla 54, Figura 88**).

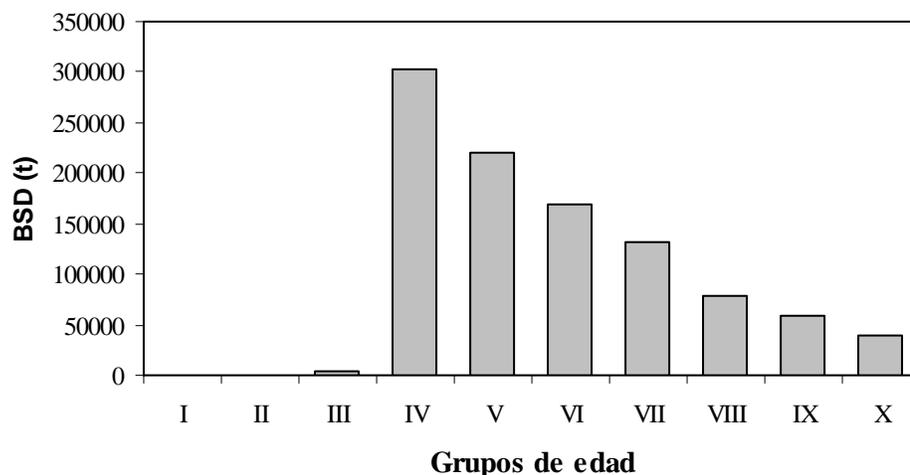


Figura 88. Estructura por grupo de edad de la biomasa desovante (BSD en toneladas) en 2005.

7.14.6 Biomasa de machos presentes en el área del stock desovante

La biomasa de machos estimada en el área de desove fue de 543,4 mil t correspondiendo casi un 40% al GE VI y un 23,9% al GE V. El GE VIII es importante ya que su biomasa alcanza a un 17% del total (**Tabla 55**).

8 DISCUSION

Al igual que en años anteriores, hacia fines de noviembre se presentaron al interior del área de estudio las condiciones ambientales adecuadas para desarrollar el crucero de evaluación. Estas determinadas a través de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), indicaron un rango térmico entre los 13,4 y los 20,7°C, encontrándose con aguas con TSM superiores a los 17°C restringidas al norte de los 36°S y al igual que otros años, la TSM evidenció un marcado gradiente meridional. Este hecho obligó a establecer la grilla de evaluación entre los 33° y 38° 40'S.

Las estaciones positivas para huevos de jurel representaron un 41,6% de las estaciones realizadas, porcentaje inferior al reportado para el crucero anterior (2004), constituyendo el valor más bajo reseñado para el período histórico evaluado (1997-2005). La densidad de huevos en las estaciones totales (98,4 huevos /10m²) y positivas (236,7 huevos/10m²), también fueron menores a las informadas para cruceros anteriores. Para el caso de las larvas, las estaciones positivas representaron un 46,8%, porcentaje inferior a lo informado para 2004, pero sin constituir el valor más para la serie analizada. La densidad de larvas correspondió a 86,9 larvas /10m² y 185,8 larvas/10m², para las estaciones totales y positivas, respectivamente. Las densidades fueron inferiores a las informadas para el período 1998-2001, mayores a lo reportado para 1997 y 2003, y similar a la del año 2004.

Durante este crucero se efectuaron 47 lances de pesca, siendo sólo 17 de ellos positivos muestreándose un total de 2.789 ejemplares para el muestreo biológico. El rango de tamaño fue bastante amplio y presentó una buena cobertura en términos de frecuencia con una presencia considerable de ejemplares sobre los 30 cm LH, con una moda centrada en los 31 cm LH y un porcentaje reducido de ejemplares bajo los 26 cm LH (0,1 %). El número de hembras de jurel obtenidas durante el crucero de prospección fue de 835, cantidad que corresponde a un medio y a un tercio de las examinadas en 2003 y 2004, respectivamente, lo que indica una baja presencia y disponibilidad del recurso, también asociado a condiciones de tiempo desfavorables.

El rango de tallas de las hembras de jurel en noviembre de 2005 es muy semejante a lo informado para los últimos años (2003 y 2004), pero muestra una estructura unimodal centrada en los 31 cm, con una mayor frecuencia entre los 25 y 35 cm de LH, cosa que es diferente a los años últimos donde presentó una estructura bimodal.

Los estados de madurez macroscópicos en 2005 muestran valores porcentuales muy semejantes a 2004, hecho que también sucede con el comportamiento del IGS con la talla de las hembras, asociado al crecimiento de la gónada en su proceso de maduración con la edad o talla de los ejemplares.

El examen microscópico de la condición reproductiva de las hembras mediante análisis histológicos, muestran que un gran porcentaje (57%) del total de la muestra se encuentra en estado maduro (E4), pero particularmente en los últimos tres días (28 a 30) donde éstos (E4) presentan valores que van desde 67% a 89%, al interior de los cuales la presencia de FPO aumenta desde 33% a 67% y los hidratados se elevan desde 9% a 20%, respectivamente. Esta situación sería representativa de un evento de desove al término del crucero de prospección, semejante a lo registrado durante el periodo de 2004, pero diferente a éste por la baja frecuencia de folículos atrésicos (13%).

La fracción de FPO 1 y 2 estimados fluctuó entre 0,00 y 0,500 con una media de 0,142, lo que permite señalar que un 14 % de la población desova diariamente, valor de aproximadamente la mitad registrada en el 2004, pero muy cercano a los determinados en los proyectos anteriores (2002, 2003). Las notorias diferencias registradas en la fracción de FPO durante los años de estudio en las hembras de jurel, particularmente el año 2004 no son de extrañar pues han sido informadas para otras especies de *Trachurus*, así como en Clupeidos y Engraulidos.

Al respecto, Karlou-Riga & Economidis (1997) y Abaunza *et al.* (2003) señalan que en *Trachurus trachurus* la frecuencia de desove no permanece constante a través de un período reproductivo, con valores muy altos durante el peak de 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. Además, Macewicz & Hunter (1993) indican para *T. symmetricus* de las costas del sur de California, que la mayor parte de las hembras maduras presentan una frecuencia de desove del 20%.

La frecuencia de desove también varía de acuerdo la clase de ovocitos y folículos que se usen, 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 fluctuando desde un mínimo de 1,0 a un máximo de 20,6% (Dickerson et al., 1992).

Variaciones interanuales en la frecuencia de desove se han descrito para 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). También latitudinalmente, esta especie presenta variaciones en la frecuencia de desove, así en poblaciones del sur (26°38'-30°25') la frecuencia es de 0,233 en comparación a un 0,107 en poblaciones del norte (31°35'-33°59'), lo que ha sido explicado como un efecto del final del periodo de desove en los cuales se determinaron la fracción desovante, encontrándose las hembras de la población del norte en una condición post reproductiva (Macewicz, et al., 1996).

El modelo que entregó el mejor ajuste para las relaciones entre la fecundidad parcial y los pesos de las hembras (PT, PC y PE) fue el de tipo lineal con valores de R^2 significativos (entre 0,67 y 0,69), superiores al año 2004 (0,53 – 0,58). Además, aunque se determinó una fecundidad media poblacional semejante a la del año 2004, la fecundidad parcial durante el año 2005 presentó una fecundidad superior en las hembras de tallas mayores, lo que podría estar asociado con un mejor estado de bienestar de los peces.

Las prospecciones en el periodo 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 2005

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 nictermeral, 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 es un índice aditivo, que Castillo y Robotham (2004) emplean para corregir la cpue, pero este índice presenta limitaciones cuando se usa para comparar en periodo del ciclo nictermeral que tienen diferente duración para ese caso el IC que denominamos IC_t se estandariza a un periodo de 24 horas. En los siete años estudiados, el orto reporta el IC_{est} mas bajo, para los mas altos se presenta una variabilidad interanual: en los años 1999 y 2003 cuando el IC_t es alto estos se reportan en el día, en el 1998 y 2000 cuando el IC_t es bajo se reportan en el crepúsculo, en los años 2001 y 2004 cuando los IC_t es bajo e intermedio respectivamente la mayor presencia de ecotrazos se observa en la noche, mientras que en el año 2005 esta es en el orto. Lo anterior no permite indicar que existe un periodo del día más apropiado para efectuar la prospección, el diseño empleado actualmente de una ecoprospección con 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, éstos son más altos en las área clasificas sin presencia y regular presencia de huevos asimismo en esas se presentan esotrazos tipo cardumen y estratos, mientras que en el área clasificada con alta presencia de huevos el IC es incipiente, no detectándose ecotrazos tipos cardúmenes (**Barbieri et al. 1998, Sepúlveda et al. 2001, Cubillos et al. 2004**). Mientras que en los años 1998, 2000, 2001 y 2005 se presentan bajos índices IC, no presentandose cardúmenes y en forma incipiente ecotrazos tipo estratos en las zonas de alta presencia de huevos (**Cubillos et al. 2002, 2003, Sepúlveda et al. 2005**).

Al comparar la distribución del jurel y los tipos ecotrazos de jurel se ratifica lo propuesto en el proyecto anterior que los huevos se presentan en áreas donde la presencia de huevos es baja o incipiente.

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 84,0 m y más del 65% de los ecotrazos se encuentran entre la superficie y los 100 m de profundidad, en el año 2005 el jurel se encuentra a una profundidad media baja (56 m) y el 85% de los ecotrazos en los primeros 100 m de la columna de agua (**Tabla 42**). 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 (**Figura 80**).

Al analizar los diversos índices se observa que en el año 2005 se produce un cambio en la distribución de los huevos y jurel. En el periodo 1997-2004 (**Cubillos et al. 2004**, **Sepúlveda et al. 2005**) en estudios anteriores señalan que los cruceros realizados en noviembre 1997, diciembre 1999, noviembre 2003 se caracterizaban por la alta presencia de jurel (**Tabla 43**) y baja presencia de huevos con una densidad total era de 108,5; 266,3 y 131,5 ind/10m², mientras que en diciembre 1998, noviembre 2000 y 2001 se presentaba una situación inversa: una baja presencia de jurel y una alta densidad total de huevos 317,9, 444 y 639,4 ind/10m². El año 2004 se situaba en una situación intermedia con una presencia media alta de jurel con un IC de 10,38%, índice de Gini de 0,907 y una densidad total de huevos de 373,5 ind/10m². Mientras que en el año 2005 se presenta una baja presencia de jurel IC de 3,29, una baja área de presencia de huevos 1,2, con baja densidad de estos alcanzando sólo 98,56 ind/10m², además de altos índices de Gini 0,821 para los huevos y 0,967 para el jurel.

Los resultados obtenidos en el año 2005 indican un cambio en la distribución del jurel y sus huevos en el área de estudio, al disminuir la presencia de estos su comportamiento se torna más gregario, siendo un comportamiento típico de los recursos pelágicos cuando decrece su presencia. Se confirma lo sostenido en los estudios anteriores que al desovar el jurel forma agregaciones de baja densidad en una amplia área, de características oligotróficas, esta estrategia del jurel puede responder a un comportamiento de reducción de la competencia interespecíficas entre las larvas y reducir el riesgo de predación en huevos y larvas.

Al analizar toda la serie histórica, se pueden verificar dos aspectos importantes. El primero, es que los parámetros reproductivos no han variado significativamente año tras año, manteniéndose sin grandes fluctuaciones. Sólo el peso promedio de la hembra madura ha experimentado una importante alza, la cual es coincidente con la situación actual del recurso. La producción diaria de huevos en cambio, es el parámetro sujeto a mayor incertidumbre, por lo tanto, las fluctuaciones que pueda sufrir, repercuten en forma importante en la estimación de la biomasa desovante.

Lo segundo, y producto de lo anterior, es que se verifica que años con grandes abundancias de huevos (1999-2001) son años que reportan los mayores valores de biomasa, en cambio años con bajas abundancias, se traducen en años con biomazas menores. El valor de biomasa desovante de jurel para el año 2005 es el más bajo de la serie, siendo sólo comparable con el reportado el año 2003. Al comparar este valor con el estimado del año 2004, se verifica una baja significativa de más de un 200%. Al igual que lo reportado para el año 2003, se inferiría que este bajo valor 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](#)).

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 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.

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.

Este estudio constituye la segunda oportunidad de estimación de la estructura etaria del stock desovante de jurel, para lo cual ha sido necesario aplicar con algunas adaptaciones, la metodología desarrollada por **Uriarte (2001)** y que básicamente ha sido aplicada en el MPDH de la anchoveta del Golfo de Biscaya (*Engraulis encrasicolus*), no obstante hay que señalar que es necesario revisar la fórmulas propuestas para la estimación de algunos

estadístico de los parámetros, tales como la varianza del peso medio por grupo de edad (W_a) y varianzas de la abundancia (NSD) y biomasa desovante (BSD) por grupo de edad.

La clave edad talla (CET) para hembras maduras (gónadas en estados de madurez 3 y 4) se construyó con lecturas de edad en otolitos sagitales, sin embargo también se construyó una CET para machos para obtener una estimación de la abundancia de machos presentes en el área de desove, suponiendo estados de madurez similares que hembras. La estructura etaria resultante es diferente a la de hembras, ya que el GE más relevante es el VI con 39,8% seguido por el V con un 23,9% (**Figura 89**). Cuando se aplica la CET correspondiente a hembras específicamente a su abundancia en número (1334,5 millones), la estructura por edades que presenta es similar a la del stock desovante total (**Figura 90**), lo que señala que no obstante las hembras representan sólo el 46,7% marcan la tendencia etaria del stock desovante total. Sin embargo, es probable que la importante presencia de machos de los GE VI y V contribuya mayormente en asegurar el proceso de fecundación de los huevos.

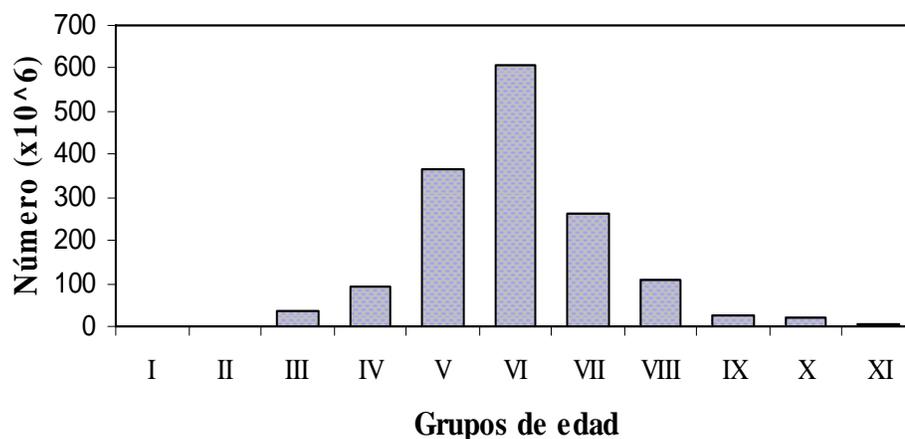


Figura 89. Estructura etaria del stock de machos presentes en el área de desove.

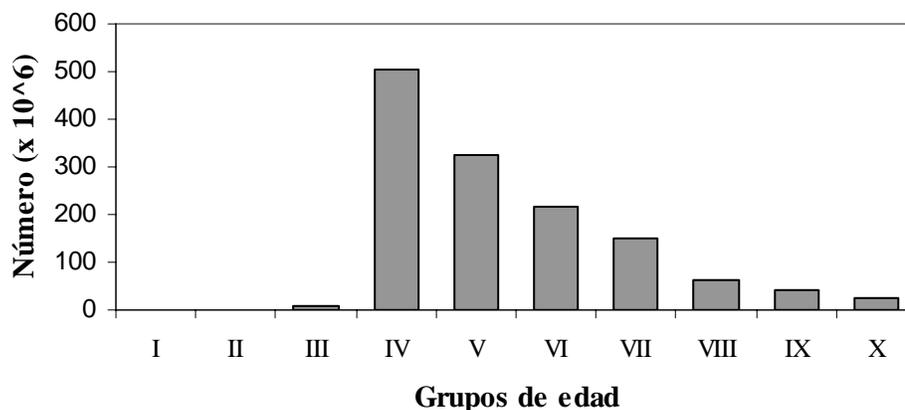


Figura 90. Estructura por grupo de edad del stock desovante de hembras.

En el MPDH del 2004 se comparó con los años 2001 y 2003 aproximando una estructura etaria para estos años, para lo cual se utilizó el método de claves de edad-talla iterado (CLEITER) propuesto por Höening & Heisay (1987). La CET empleada fue la 2004, la distribución de frecuencias de longitudes correspondiente y las distribuciones de frecuencias de longitudes de los años señalados.

Al comparar la estructura etaria de la fracción desovante del 2005 con años anteriores se observa que con respecto al 2004 no hay presencia del GE II y es muy escasa para el GE III (0,7% versus 15,3%), el GE IV es similar (37% versus 35%), pero la importancia relativa de los GE V, VI y VII es mayor en el 2005. En general, la estructura es parecida a la del año 2003, donde también se observó una baja presencia de juveniles. Por otra parte, es muy diferente a la estructura del año 2001 donde casi un 50% correspondió a individuos de los GE II y, III que refleja la juvenilización que se produjo en el stock de jurel, lo que manifestó en las capturas (**Tabla 55**). Al comparar la estructura de los años 2001, 2003, 2004 y 2005 se observa que las cohortes es posible seguirlas y que en particular la mayor abundancia del GE II (clase anual 1999) presente el año 2001 se mantiene hasta el año 2005 aportando una importante abundancia. También el GE III (clase anual 2000) en el 2003 presenta aportes importantes en los años siguientes (**Figura 91**). La escasa presencia de individuos del GE III en el año 2005 podría estar asociada a un menor reclutamiento en años anteriores, sin descartar el efecto de una menor disponibilidad de estos GE.

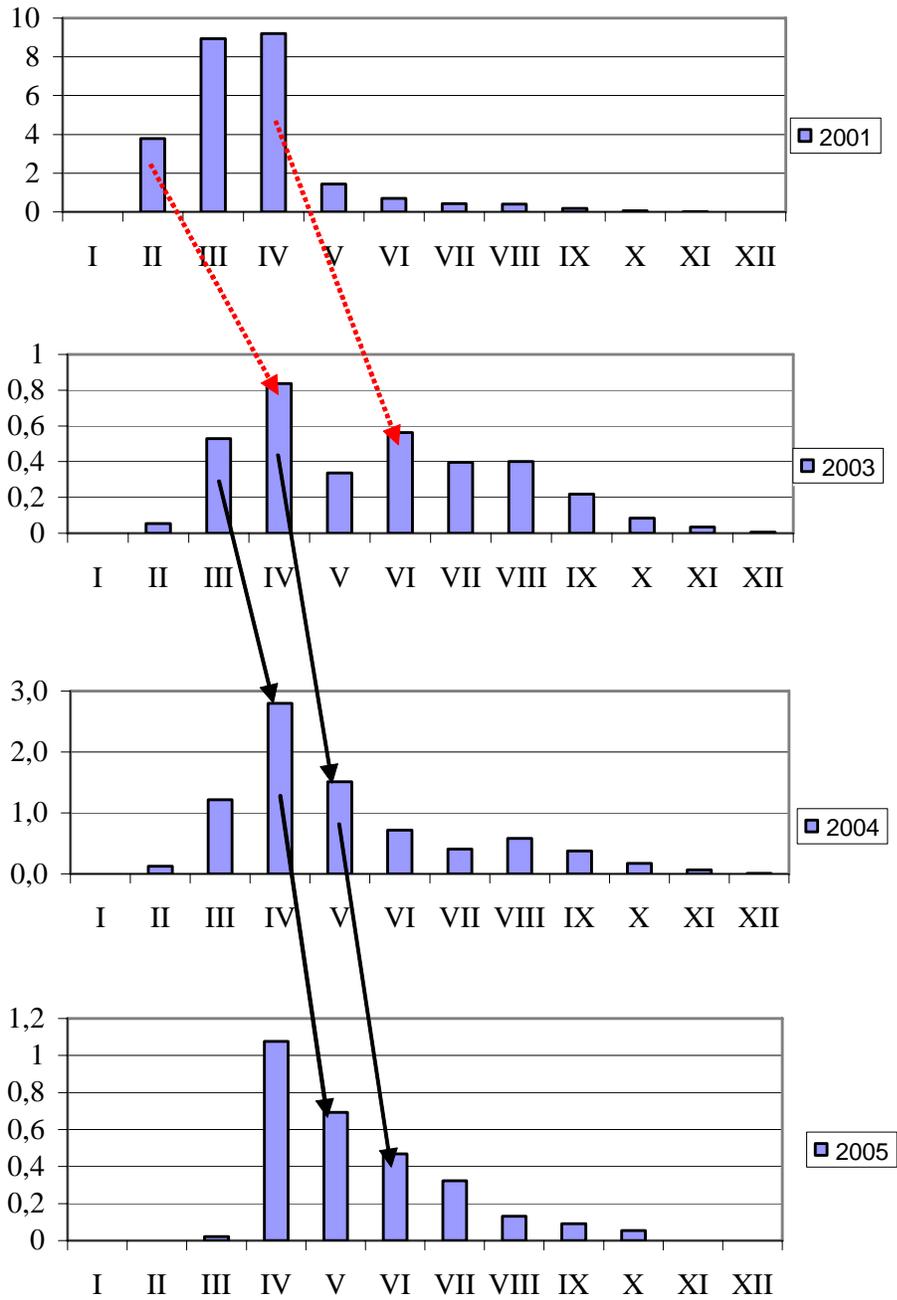


Figura 91. Estructura etaria de la abundancia del stock desovante (período 2001-2005).

En base a los antecedentes hasta ahora expuestos, se puede adelantar que el crucero fue realizado en un área relevante de distribución de huevos y larvas de jurel, así como con la presencia de jurel en la zona; sin embargo, su densidad pudo ser baja o en una condición más dispersa y extendida en comparación a otros años. La ocurrencia importante de larvas en estados de pre- y postflexión y de más de 2,5 mm de longitud total, sugieren que al menos el recurso ya había iniciado el proceso de desove (**Figura 92**). A partir del análisis de reconstrucción y estimación de las fechas de nacimiento de las larvas de jurel colectadas durante el crucero, se evidencia una mayor contribución en los nacimientos de los días 12 a 16 de noviembre. Este resultado permite inferir que el crucero fue realizado con posterioridad a un máximo importante de desove.

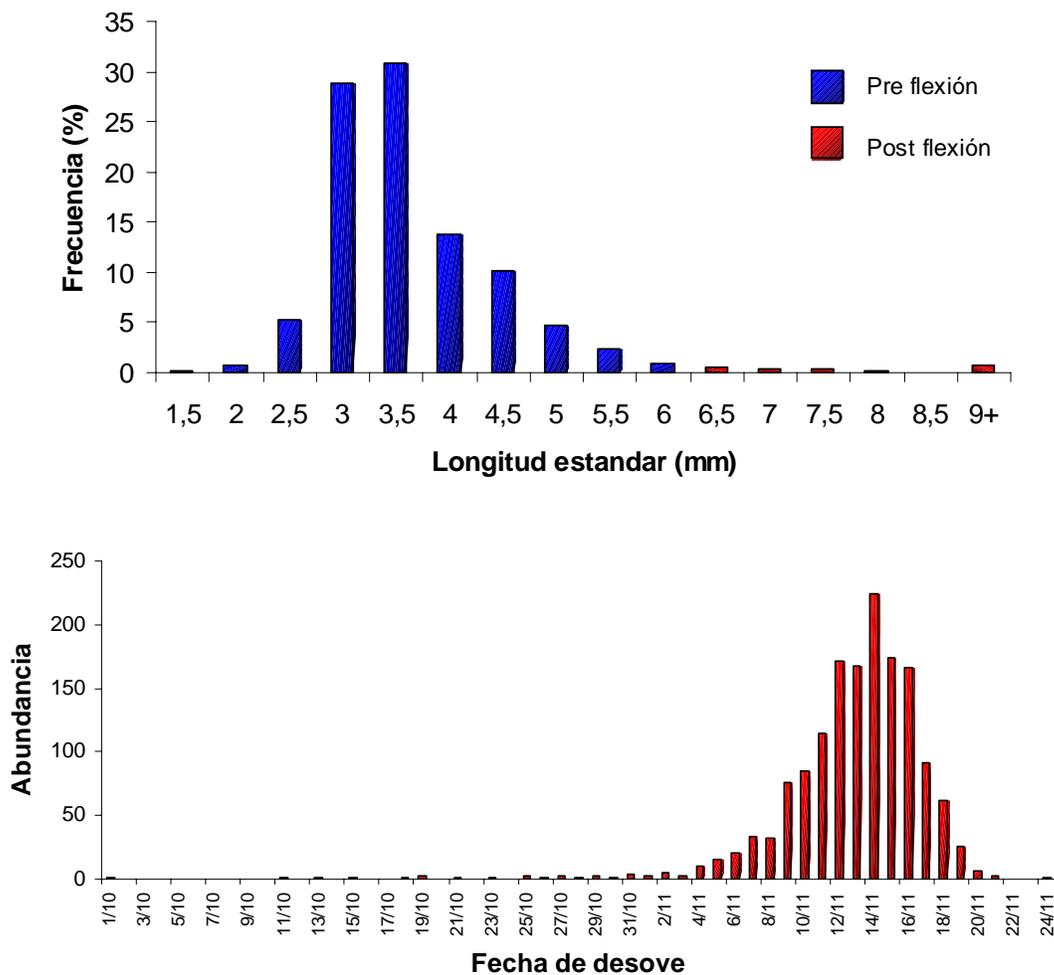


Figura 92. a) Distribución de tallas larvas de jurel, b) Distribución de fechas de desove (n=1517).

9 CONCLUSIONES

Para el área prospectada, la TSM reveló un rango térmico entre los 13,4 y los 20,7 °C. Aguas más cálidas (> 18°C) fueron detectadas al norte de los 34°S y al oeste de los 84°W.

La distribución horizontal de la TSM evidenció aguas más cálidas hacia el sector noroccidental (al norte de los 34°S y al oeste de los 84°W), evidenciando TSM superiores a 18°C. Las isotermas de 17°C y 16°C se verificaron hacia los 35°S y 37°S de latitud, respectivamente, expresándose a lo ancho del toda el área de prospección sin evidenciar gradientes zonales de importancia. Destaca el dominio de variaciones meridionales con presencia de aguas cálidas en gran parte del sector norte (<37°S), y aguas más frías (< 14,5°C) restringidas hacia el sector suroccidental (al sur de los 38°S).

La anomalía de la TSM comparada en el período 1998-2005, revela para el mes de noviembre de 2005, la presencia de anomalías positivas (aguas más cálidas, 0,2-0,4 °C) dominando gran parte del sector de estudio, patrón de distribución rompe la tendencia de dominio de anomalías negativas (aguas más frías) en la región de estudio, que se venía verificando desde al menos desde el mes de noviembre de 2001.

El comportamiento espacial de los vientos durante el crucero de prospección muestran, aunque con alta variabilidad, un patrón de rotación anticiclónico (especialmente los días 23, 24, 25 y 26 de noviembre), expresado generalmente al norte de los 36°S y entre la costa y los 90°W. En el sector central del área de prospección se observó magnitudes bajas en la mayoría de los casos. Por su parte, la turbulencia evaluada en noviembre de 2005 reveló un patrón similar a lo informado para los años 1999, 2003 y 2004, con valores menores a 300 m³ s⁻³ en gran parte del área prospectada, lo que contrasta con las variaciones zonales importantes informadas para el período 2000-2002 que presentaron valores mayores hacia la costa.

El campo de velocidades geostróficas muestra un gran número de corrientes de meandros vinculadas principalmente a la zona cercana a la costa (74° - 77°W), intensificándose al norte de los 34°S y al sur de los 37°S con velocidades superiores a 25 cm/s. La zona oceánica (>77°W) presenta flujos perpendiculares con velocidades medias de 8–10 cm/s y gran presencia de giros ciclónicos y anticiclónicos que pueden contribuir a los procesos de mezcla somera y enriquecimiento en el sector oceánico.

La distribución espacial de clorofila-a evidenció alta variabilidad zonal debido a la banda costera de concentraciones mayores a 3 mg m⁻³, presencia de filamentos de clorofila-a que se extienden desde la costa y hasta aproximadamente las 60-80 mn, un rango intermedio, situado entre las 60 y las 360 mn desde la costa, de concentraciones entre 1 y 2 mg m⁻³, y, bajos valores en el sector oceánico (>80°W) con concentraciones menores a 0,5 mg m⁻³, donde no se verifican variaciones zonales ni meridionales.

El campo vertical de la temperatura mostró un leve gradiente zonal, con aguas más cálidas (> 17,5°C) en los primeros 30 m de la columna de agua a partir de los 87°W y hacia el oeste. Aguas levemente más frías (< 17°C) fueron sólo detectadas en el sector oriental. Estos resultados contrastan con lo descrito para 2004 que evidenció un gradiente zonal más intenso. La termoclina se situó entre los 20 m (sector costero) y los 40 m de profundidad (sector oceánico). Bajo los 60 m se verificó un claro gradiente zonal con aguas más frías (< 12,5°C) hacia el sector oriental (trayecto s 35°S).

La distribución vertical de la salinidad mostró gradientes zonales, con aguas más salinas hacia el sector occidental de los trayectos. Se verificó la ausencia de haloclinas. En los 33°40'S se evidenció salinidades más altas (>34,5 psu) hacia el oeste de los 84°W, y menores a los 34,2 psu al Este de los 78°W. El campo vertical de densidad mostró la ausencia de gradientes zonales, a excepción de aguas menos densas (< 24,8 σ_t) hacia el extremo costero de ambos trayectos. La pycnoclina se situó entre los 20 (sector costero) y los 60 m de profundidad (sector oceánico).

El área de desove alcanzó a 208.180 mn², siendo 32,3% menor que el área de desove observada en el año 2004 (=307.400 mn²), para similar período de evaluación (noviembre). La zona de mayor ocurrencia de huevos y de larvas se registró hacia el sur de los 35° S, lo que justifica la decisión de desarrollar este trayecto más al sur que en años anteriores.

Según el enfoque geoestadístico, la densidad de huevos de jurel ocuparon el 61,0% del área total de evaluación, no difiriendo sustancialmente de la proporción de área ocupada en noviembre de 2004 (= 62%). En el caso de las larvas de jurel, el área ocupada alcanzó a 62,1% del área estudiada, porcentaje superior al informado para noviembre de 2004 (= 57,8%).

La distribución espacial de huevos de jurel presentó una amplia cobertura, disminuida respecto del año 2004, con núcleos de mayor densidad al sur de los 35°30'S y hacia el oeste de los 80°W.

Destacó también un núcleo costero centrado en los 35°30'S y los 76°40'W, con densidades superiores a 1000 huevos 10 m^{-2} . Por el contrario, el sector situado al norte de los 35°S y al oeste de los 81°W, evidenció la virtual ausencia de huevos de jurel, contrastando con el patrón de distribución informado para cruceros anteriores. Para el caso de las larvas, la cobertura espacial fue similar, con núcleos de mayor densidad (>800 larvas 10 m^{-2}) hacia el borde occidental del área prospectada, frente a los 36° de latitud. A diferencia de los huevos, destaca la presencia de tres núcleos (>500 larvas 10 m^{-2}) en el sector noroccidental.

Las estaciones positivas para huevos de jurel representaron un 41,6% de las estaciones realizadas, porcentaje inferior al reportado para el crucero anterior (2004), constituyendo el valor más bajo reseñado para el período histórico evaluado (1997-2005). La densidad de huevos en las estaciones totales (98,4 huevos 10 m^{-2}) y positivas (236,7 huevos/ 10 m^{-2}), también fueron, en general, menores a las informadas para cruceros anteriores. Para el caso de las larvas, las estaciones positivas representaron un 46,8%, porcentaje inferior a lo informado para 2004, pero sin constituir el valor más para la serie analizada. La densidad de larvas correspondió a 86,9 larvas / 10 m^{-2} y 185,8 larvas/ 10 m^{-2} , para las estaciones totales y positivas, respectivamente. Las densidades fueron inferiores a las informadas para el período 1998-2001, mayores a lo reportado para 1997 y 2003, y similar a la del año 2004.

Para el crucero de noviembre de 2005, se encontró ausencia de asociación significativa ($p>0,05$) entre la densidad de huevos y larvas de jurel con la temperatura superficial del mar y la velocidad de corrientes en el. Por el contrario, se verificó un grado de preferencia ambiental (asociaciones significativas) por intensidades de viento superiores a 6,3 m/s y 6,7 m/s para huevos y larvas, respectivamente, y valores de turbulencia superiores a $350\text{ m}^3/\text{s}^3$ (sólo para el caso de las larvas)

El análisis histórico (1998- 2005) revela un rango de preferencia ambiental para la TSM indicando, con información de siete cruceros en el área de desove frente a Chile central, que huevos y larvas de jurel muestran preferencia por aguas cálidas, con TSM superiores a 16,2°C (para huevos) y mayores a 16,9°C (para larvas). Los datos integrados para el período 1998-2005 revelaron, por otra parte, asociaciones no significativas con las variables intensidad de viento e índice de turbulencia.

Durante este crucero se efectuaron 47 lances de pesca, siendo sólo 17 de ellos positivos muestrándose un total de 2.789 ejemplares para el muestreo biológico. El rango de tamaño fue amplio (23 a 52 cm LH), con moda centrada en los 31 cm LH y un 0,1% de ejemplares bajo los 26 cm LH.

Si bien se contó con una muestra reducida de lances positivos, los parámetros reproductivos pudieron ser estimados adecuadamente. Para verificar la continuación del proceso de desove y actividad reproductiva en este recurso, se realizó una segunda etapa de recolección de material biológico abordo (12 al 20 de diciembre), para asegurar una cantidad suficiente de hembras potenciales para determinar fecundidad.

Se destaca el potencial existente para poder desarrollar experimentos de datación del proceso de desarrollo y degeneración de los folículos post-ovulatorios. Este tipo de experimentación contribuirá de sobremana en el procedimiento de estimación de la fracción desovante en este recurso.

Se encontró 9 ítem presa en el contenido estomacal del jurel a partir de muestras de estómagos ($n = 1.231$ ejemplares) colectados a bordo de naves industriales.

El rango de tamaños de los ejemplares utilizados en el estudio de la composición de la dieta fluctuó entre 25 y 51 cm. de longitud horquilla (LH), con el grupo modal centrado en los 32 cm. y una longitud media de 32,3 cm. La proporción de estómagos con contenidos alcanzó a los 53,2 %.

El principal ítem presa encontrado fueron los eufáusidos con un valor de (IIR = 3,59), dominando tanto en número (67,6 %), peso (74,8 %) como en frecuencia de aparición (27,5), seguido por la fuerte presencia de salpas, copépodos y mictófidios.

El IIR por año revela a los eufáusidos como la presa dominante dentro del espectro de presas que componen la alimentación del jurel.

Los resultados del análisis de similitud trófica para 6 grupos de tamaño revelan un porcentaje de similitud promedio de 46,7 %. El análisis de conglomerados muestra una unión entre los grupos 2, 3 y 4 y entre los grupos 5 y 6. En el primer grupo la dieta esta dominada por los eufáusidos, mientras que en el segundo las presas dominantes fueron eufausidos, mictofidos y salpas.

Al comparar la similitud trófica entre años, este revela un porcentaje de similitud de 74,8 %, lo que demuestra patrones alimenticios similares, destacando a los eufáusidos como la presa principal en toda la serie de tiempo.

La distribución espacial de jurel muestra que este se ubicó ampliamente en toda la zona de estudio, predominando los ecotrazos de abundancia "baja", en tanto los ecotrazos caracterizados por niveles de abundancia "media" y "alta" 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 $IC = 3,29\%$. Predominaron los ecotrazos de abundancia clase "baja" (captura esperada menor a 20 toneladas).

El área sur ($36^{\circ}01'$ a $38^{\circ}40'$ LS) presenta un incremento del IC hacia el sector oceánico, situación que también es observada a través del Índice de presencia de ecotrazos (IPE).

La altura media de los ecotrazos fue de 17,6 m y fluctuó entre los 17,3 m para la clase "baja" y los 22,6 m para la clase "media", mientras que para los tipos de agregaciones, la altura media varió desde 15,1 m para el tipo individual a 19,3 m para las agregaciones tipo disperso.

La profundidad media de los ecotrazos alcanzó los 55,5 m, con un rango que fluctuó entre los 13,4 m para la categoría "alta" y de 58,3 m para la categoría "media". Los ecotrazos tipo cardumen estuvieron más someros a 21,3 m profundidad promedio y los de tipo estratos, disperso e individual bajo los 43 m promedio de profundidad.

En áreas de alta densidad de huevos las agregaciones de jurel se encuentran a mayor profundidad en relación a zonas de baja densidad de huevos, estos resultados son consistentes con los encontrados en el periodo 1997 -2004, lo que permite ratificar la distribución del jurel y sus huevos en la pequeña escala.

El índice de Gini (IG) de los huevos de jurel es 0,821 y del jurel 0,967, indicando que en el año 2005 la distribución de los huevos y del jurel es gregaria. El índice sintético del área de alta densidad de huevos (IA) es bajo sólo alcanza a 1,2 y la densidad total de huevos es de sólo 98,56 ind/10m² estos valores indican baja presencia de huevos y una baja presencia de áreas de alta densidad. Estos indicadores presentan un cambio importante en el patrón de distribución del jurel y sus huevos obtenidos en el periodo 1997 – 2004, lo que permite sugerir que a nivel de mesoescala existe un cambio en la distribución del jurel en el área prospectada.

La biomasa desovante en el año 2005, no obstante la ninguna o baja presencia de individuos de los GE III y menores, tiende a mantener la estructura etaria de los adultos que se observó en el 2004.

Los machos desovantes contribuyen al proceso reproductivo presentando una mayor participación de GE adultos (VI y V) cuya fecundidad es más alta..

En el año 2005 se siguen manteniendo con respecto al 2004 clases anuales relevantes como la 2001 (GE IV), 2000 (GE V), 1999 (GE VI) y 1998 (GE VII).

Es necesario realizar a futuro un análisis de los algoritmos empleados para estimar las varianzas de algunos parámetros.

A partir del análisis de reconstrucción y estimación de las fechas de nacimiento de las larvas de jurel que fueron colectadas durante el crucero, se evidencia una mayor contribución en los nacimientos de los días 12 a 16 de noviembre. Este resultado permite inferir que el crucero fue realizado con posterioridad a un máximo importante de desove.

En este sentido, se recomienda continuar 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. Hay que destacar que en España existe la intención de incorporar el estudio del MPDH de jurel (Uriarte 2006, comunicación personal), lo cual de concretarse permitirá potenciar la investigación que se ha estado realizando en Chile.

10 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 & E. Gallo.** Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae). Reviews in Fish Biology and Fisheries 13: 27-61.
- Aguayo, M. 2005.** Estructura de longitud-edad de la población desovante de jurel. En: Informe Final Proyecto FIP N° 2004_33 "Condición biológica de jurel en alta mar, año 2004": 240-254.
- 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.
- 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.** Cluster análisis: The use of a simple statistical method in the identification of groups. ICES. C.M./D:12 Statistics cttee., Ref. Demersal Fish Cttee., 19p.
- 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., J. Córdova, S. Lillo, J. Castillo, G. Bohm, J. L. Blanco, E. Yáñez, V. Catasti, H. Robotham, H. Arancibia, O. Guzmán y F. Gerlotto. 1998.** Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la zona centro-sur (fase crucero metodológico). Informe de avance al FIP. IFOP, Chile. 52 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., 2002.** Global fish abundance estimation from regular sampling: the geostatistical transitive method. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science*. 59: 1921-1931
- Bez, N. & J. Rivoirard. 2001.** Transitive geostatistics to characterize spatial aggregations with diffuse limits: an application on mackerel ichthyoplankton. *Fish. Res.* 50: 41–58.
- Bloom, S.A. 1981.** Similarity indices in community studies: potential pitfalls. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5: 125-128.
- Bray, J. R. y J. T. Curtis. 1975.** An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- 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.
- 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. 219 p.
- 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., M. Espejo. 2002.** Evaluación hidroacústica de jurel en la ZEE de Chile. FIP 2002-02. Instituto de Fomento Pesquero. 204 pags + figs.
- Cressie, N.A.C. 1993.** Statistics for spatial data. 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., Sepúlveda, A. 2003.** Indices 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. 2005.** The oceanic spawning of Chilean Jack Mackerel: daily egg production, spawning biomass, and habitat conditions. *In:* Castro, L. R., P. Fréon, C. D. van der Lingen and A. Uriarte. (eds.)

- Report of the SPACC Meeting on Small Pelagic Fish Spawning Habitat Dynamics and the Daily Egg Production Method (DEPM). GLOBEC Report 22, xiv, 28-31.
- Dejnik T. V., M. M. Nevinskiy, G. Z. Galaktionov, A. A. Nesterov & G. P. Rudometkina. 1994.** Estimación de la fracción desovante del stock de jurel según estudios ictioplanctónicos. En Arcos, D. (ed.) *Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur*. 161 – 166.
- Dickerson, T., B. J. Macewicz & 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., 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. & 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* 31, 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.
- Höening, J.M. y D.M. Heisay. 1987.** Use of a log-linear model with the EM algorithm to corrects estimates of stock composition and to convert length to age. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 116:232-243.
- Holden, M.J., Raitt, D.F. 1975.** Manual de ciencia pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *Doc. Téc. FAO. Pesca* (115), Rev. 1, 211 pp.
- Hormazábal, S., S. Núñez, D. Arcos, F. Espíndola y G. Yuras 2004.** Meso-scale eddies and pelagic fishery off central Chile (33°-40°). *Pan Ocean Remote Sensing*

- Conference – 2004. Remote Sensing of Oceans, Coasts and the Atmosphere: Developments and Applications. Gayana 68(2). Vol. I Proceedings, p: 291-296. J. Stuardo (Invited editor), A. Valdenegro, R. Abarca & S. Torres (Co-editors).
- Hormazábal, S., S. Núñez, D. Arcos, F. Gómez y G. Yuras (submitted).** Mesoscale eddies and jack mackerel (*Trachurus murphyi*) distribution in the eastern South Pacific. Submitted to Fisheries Oceanography.
- Hosmer, D.W. & S. Lemeshows. 1989.** Applied logistic regression. John Wiley and Sons, New York.
- Hynes, H.B.N. 1950.** The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitus*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. J. Anim. Ecol. 19(1): 36-58.
- 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. y S. Goldberg. 1980.** Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin, 77(3): 641-652.
- 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. Ozeanografika 2, 41-69.
- Hunter, J. R., N. C. H. Lo and R. J. H. Leong. 1985.** Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 67 - 77.
- Hunter, 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
- Hyslop, E. 1980.** Stomach contents analysis. A review of methods and their application. J. Fish. Biol., 17: 411-429.

- Isaaks, E.H. y R.M. Srivastava. 1989.** An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York. 561 p.
- Journel, A.G. y C.J. Huijbregts. 1978.** Mining geostatistics. Academic Press, London.
- Karlou-Riga, C & 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.
- 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. Coterro-Altamirano & 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.** La théorie des variables regionalices et ses applications. Fasc. 5 Ecole Nat. Sup. des Mines. Paris

- McConnaughey, R.A. & P.A. Conquest. 1993.** Trawl survey estimation using a comparative approach based on lognormal theory. *Fish. Bull. (U.S.)* 91:107-118.
- 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.
- 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. N° 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., J. Bañarados y M. 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., 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. & 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. and G. Stauffer.** 1985. Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. In: R. Lasker (ed.), *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 7-15.
- Pinkas, L.; M. Oliphant & I. Iverson.** 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fish. Bull.*, U.S. 152, 1-105.
- Roa R. & 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.
- Rojas, O., 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., 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.
- Serra, R.** 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Invest. Pesq. (Chile)*, 36: 67-83.

- Sepúlveda, A., L. Cubillos., S. Núñez., T., Canales., D. Bucarey., M.A. Barbieri., J. Córdova., 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., 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., M. Espejo. 2004.** Condición Biológica de jurel en Alta Mar, año 2003. 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., 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.
- 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.
- 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.
- Sneath, P. & 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 the fish schools and clusters of schools: a spatial análisis of multibeam sonar images of schools in the mediterranean sea. ICES, CM 1998/J:8 Fish aggregation, 15 pp.
- 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 Commision of Projet 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 and 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 Projeet 00/013.
- Wu, J. 1982.** Wind-stress coefficients over sea surface from breeze to hurricane. J. Geophys. Res. 82:9704-9706.

11 ANEXOS

(Página en blanco)

11.1 TALLER CONDICION BIOLOGICA DE JUREL EN ALTA MAR, AÑO 2005

FIP 2005-11



Instituciones Participantes

- 1) Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA)
- 2) Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
- 3) Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC)

Lugar: Auditorio Instituto de Investigación Pesquera

Martes 30 de mayo de 2006

1. - 15:00 - 15:20 Inscripciones

2. - 15:20 - 15:40 Presentación FIP 2005 - 11 "Condición biológica del jurel en alta mar, año 2005"

Expositor Sr. Aquiles Sepúlveda O. (INPESCA)

3. - 15:40 - 16:20 Distribución de huevos y larvas de jurel y condiciones ambientales del hábitat de desove.

Expositor Sr. Sergio Nuñez E. (INPESCA)

4. - 16:20 - 16:40 Caracterización biológica de la población de jurel en el área de desove.

Expositor Sr. Ruben Alarcón M. (INPESCA)

PAUSA - CAFÉ 16:40 - 17:00

5. - 17:00 - 17:30 Indicadores reproductivos de jurel en el área de desove frente a Chile central.

Expositor *Sr. Javier Chong L. (UCSC)*

6. - 17:30 - 17:50 Resultados experimentales de la datación de folículos post - ovulatorios en jurel.

Expositor *Sr. Hernán Rebolledo F. (INPESCA)*

Miercoles 31 de mayo de 2006

7. - 09:30 - 10:15 Charla Experto Internacional. "Datación de folículos post - ovulatorios y estimación de la frecuencia de puesta para la anchoa del Golfo de Vizcaya".

Expositor *Dr. Andrés Uriarte (AZTI, España)*

8. - 10:15 - 10:50 Estimación de la producción diaria de huevos y de la biomasa desovante de jurel en el área de desove.

Expositor *Srta. Patricia Ruiz O. (INPESCA)*

PAUSA - CAFÉ 10:50 - 11:10

9. - 11:10 - 11:50 Estructura de edad del stock desovante de jurel en la época de desove 2005.

Expositor *Sr. Mario Aguayo. (INPESCA)*

10. - 11:50 - 12:20 Distribución espacial y estructura de las agregaciones de jurel en el área de desove.

Expositor *Sr. Roberto Bahamonde (IFOP)*

11. - 12:20 - 13:20 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES FINALES DEL TALLER

Moderador *Sr. Aquiles Sepúlveda O. (INPESCA)*

Lista de Participantes en Taller de Difusión FIP2005-11

Nombre	Institución	Email
1.- Andrés Uriarte	AZTI, España	auriarte@pas.azti.es
2.- Rubén Pinochet P.	Fondo Investigación Pesquera (FIP)	rpinochet@subpesca.cl
3.- Silvia Hernández	Subsecretaría de Pesca	shernandez@subpesca.cl
4.- Alejandro Klenner	Pesquera Landes	aklener@landes.cl
5.- Pedro Irigoyen	Pesquera Landes	pirigoyen@landes.cl
6.- Luis Cubillos S.	Universidad de Concepción	lucubillos@udec.cl
7.- Patricio Herrera	Pesquera Bio Bío	pherrera@pesbio.cl
8.- Roberto Bahamonde	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)	rbahamon@ifop.cl
9.- Javier Chong L.	Universidad Católica de la Santísima Concepción	jvchong@ucsc.cl
10.- Paola González	Universidad Católica de la Santísima Concepción	paogonza@udec.cl
11.- Claudio Castillo	Universidad de Concepción	clacastillo@udec.cl
12.- Milton Pedraza	Universidad de Concepción	mipedraz@udec.cl
13.- Carolina Alarcón	Universidad de Concepción	caroalarcon@udec.cl
14.- Katty Riquelme	Universidad de Concepción	kriquelm@udec.cl
15.- Marcel Moene	Pesquera El Golfo	m_moenne@elgolfo.cl
16.- Hernán Rebolledo	Instituto de Investigación Pesquera	hrebolledo@inpesca.cl
17.- Claudio Gatica	Instituto de Investigación Pesquera	cgatica@inpesca.cl
18.- Sergio Núñez	Instituto de Investigación Pesquera	snunez@inpesca.cl
19.- Patricia Ruiz	Instituto de Investigación Pesquera	pruiz@inpesca.cl
20.- Aquiles Sepúlveda	Instituto de Investigación Pesquera	asepulveda@inpesca.cl
21.- Ruben Alarcón M.	Instituto de Investigación Pesquera	ralarco@inpesca.cl
22.- Mario Aguayo	Instituto de Investigación Pesquera	maguayo@inpesca.cl
23.- Luis Bustos E.	Instituto de Investigación Pesquera	lbustos@inpesca.cl
24.- Patricio Torres	Instituto de Investigación Pesquera	ptorres@inpesca.cl
25.- José Ortiz	Instituto de Investigación Pesquera	jortiz@inpesca.cl
26.- José Giacaman	Instituto de Investigación Pesquera	jgiacaman@inpesca.cl
27.- Eduardo Navarro	Instituto de Investigación Pesquera	enavarro@inpesca.cl
28.- Lidia Vilugrón	Instituto de Investigación Pesquera	lvilugron@inpesca.cl

Recomendaciones emanadas del trabajo efectuado durante el Taller

Marco conceptual:

El presente taller forma parte de las actividades del Proyecto FIP 2005-11, con el objeto de analizar y discutir acerca de la condición biológica de jurel en la época y área de desove principal de este recurso durante el período de desove en noviembre de 2005, comparado con los resultados obtenidos en cruceros anteriores.

Dentro de los participantes del Taller, se contó con el aporte y asistencia de un experto internacional, el Dr. Andrés Uriarte, profesional perteneciente al AZTI España, y especialista en la aplicación del Método de la Producción Diaria de Huevos en pequeños pelágicos. Su participación, no sólo se enmarcó asociada a los días de Taller, sino que también se realizó durante los días previos a la realización del Taller, mediante discusiones con el grupo de trabajo del proyecto. Del mismo modo, este experto estuvo verificando el desarrollo metodológico, desde el inicio de este estudio, de las metodologías de estructuración por edades de la biomasa desovante.

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 la clasificación y datación de los folículos postovulatorios, estimaciones de la fracción de hembras desovantes y en la estructuración por edades de la biomasa desovante.

Participación de Andrés Uriarte en el Taller (Experto Internacional):

El experto internacional participó activamente durante el desarrollo del taller como observador de las presentaciones, y también con una presentación denominada: "Datación de folículos post - ovulatorios y estimación de la frecuencia de puesta para la anchoa del Golfo de Vizcaya".

Con esta presentación, se aclararon numerosas dudas relativas a experiencias de clasificación de estadios de desarrollo folicular y de datación de la edad de los folículos

post-ovulatorios. Se destaca que este aspecto reviste uno de los tópicos más actuales que se están desarrollando en la investigación y permanente mejora a que es sometido el método de estimación de la biomasa desovante basado en la producción diaria de huevos, no sólo en nuestro país sino que también en los grupos de trabajo ligados a la Comunidad Europea.

Dentro de los tópicos abordados en la presentación efectuada por el Dr. Uriarte se destaca:

- a) Establecimiento de una clave de descripción morfológica de los estadios de desarrollo folicular de los ovocitos de anchoveta para el Golfo de Vizcaya.

Esta clave describe 8 estadios de desarrollo que dan cuenta del grado de degeneración del folículo post-ovulatorio. De experimentos en ejemplares de anchoveta mantenidos en cautiverio, se fueron colectando ejemplares desde horas cercanas a la hora de desove conocida para esta especie, y con toma de muestras para análisis histológico de las gónadas de hembras, cada 2 horas. Estos experimentos tuvieron una duración de hasta 80 horas de iniciados los experimentos.

Con esta información se determinó el tiempo medio de duración de los estadios y se establecieron criterios morfológicos para luego proceder a la:

- b) Datación de los folículos post-ovulatorios.

Bajo este esquema de clasificación, en una segunda etapa se asignó edades a las muestras de folículos y así se mejoraron los criterios de asignación de la edad a los folículos, se reducen posibles arbitrariedades en la asignación y se tiene claridad en cuanto a la variabilidad asociada a estas determinaciones.

Este esquema reduce fuentes de error asociados a la estimación de uno de los parámetros de mayor fuente de variabilidad y sensible en la ecuación de estimación de la biomasa desovante después de Pzero, la fracción de hembras desovantes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

TALLER EN DISCUSION AMPLIADA

Se ratifica nuevamente 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 número de lances de pesca, lo que si bien no permitió obtener un número ideal de muestras, éste fue satisfactorio como para obtener estimados de los parámetros reproductivos.

Aún persiste la necesidad de mejorar el modelo de asignación de edad de los huevos de jurel. Si bien se han explorado dos modelos alternativos al modelo paramétrico, 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, se deben continuar los esfuerzos por llevar a cabo los experimentos de datación en función de diferentes temperaturas.

En lo correspondiente a la estimación de la producción diaria de huevos, se ha mejorado en la problemática del corte de las colas en la curva de producción, tanto en las edades aún "no reclutadas" completamente y en cuanto a las edades terminales o más viejas cercanas a la eclosión. Se recomienda mejorar en la precisión de la estimación de la curva de producción, una forma es a través de la aplicación de GAMs para disminuir la alta varianza observada en el método tradicional, además de la obtención de una distribución espacial de la producción.

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 del crucero fue tardía con respecto al posible máximo de actividad reproductiva. Debido a la alta ocurrencia y densidades de larvas en pre-flexión y flexión notocordal en diversas zonas del área de estudio, se presentó evidencia proveniente de la estimación de las fechas de nacimientos reconstruidas a partir de la longitud y estimaciones de edad de

estas larvas que permite inferir la mayor contribución en los nacimientos de los días 12 a 16 de noviembre con respecto a los de la fecha de realización del crucero. Esta metodología permite al menor caracterizar y evaluar pos-crucero el grado de acoplamiento con el máximo reproductivo del recurso. Este sólo ponderador de la situación o estado bajo la cual se efectuó el crucero debe ser tenido en cuenta para ponderar los estimados de biomasa desovante en cuanto a su magnitud y valor al ser incorporados como índices auxiliares en la evaluación del stock de jurel mediante modelos indirectos.

En especial, el jefe de proyecto es de la idea que esta información de calibración en los modelos de evaluación no debieran ser utilizados como estimadores de tendencia central o biomasa desovante medias, sino que como valores mínimos observados, más aún si existe evidencia de que el stock desovante no fue evaluado en su totalidad, ya sea por que no se cubre el período de máxima actividad reproductiva y que parte del stock a emigrado de la zona de evaluación o que existan áreas no cubiertas durante el proceso de desove.

En este sentido, persiste la falta de indicadores de seguimiento "previo" al máximo de desove que permitan objetivamente definir la época de ejecución del crucero de evaluación. Claramente, los indicadores reproductivos que provienen de zonas más costeras no necesariamente reflejan la condición del stock desovante en la Alta Mar. Se debe desarrollar alguna estrategia alternativa que permita que con anterioridad al crucero se realice una vigilancia en la Alta Mar. Este es un aspecto difícil de resolver, debido a que se requeriría de importante presupuesto para efectuar este seguimiento previo.

En el presente proyecto se intentó determinar la Talla de Primera Madurez Sexual del jurel sobre la base de los EMS determinados por exámen 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. Esta situación no ha sido sólo observada durante la ejecución del crucero de evaluación, sino que también en la pesquería que actúa sobre este recurso.

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 clasificación de estadios de desarrollo folicular y posterior 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 la temperatura en experimentación. El procedimiento, 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 continuar el esfuerzo iniciado en ese sentido de realizar experimentos donde se obtengan ejemplares adultos, a los cuales se les seguiría el desarrollo de los FPO, esta experiencia debe ser realizada por medio de la mantención de especímenes en cautiverio, para lo cual debiera implementarse a bordo las condiciones necesarias. Dentro de la discusión general sobre esta materia, se recomendó evitar experimentos utilizando medios de inducción del desove (i.e. ocitocina u otras hormonas), debido a que si bien estos medios ayudan a establecer una hora de inicio de desove, ésta será artificialmente generada y cambiar el proceso degenerativo de los folículos post-ovulatorios, principal aspecto que se desea determinar.

Se recomendó poner mayor atención en los posibles cambios de los indicadores que caracterizan la distribución y agregación del jurel en esta época (i.e. Índice de Gini) y si esto ayuda a comprender posibles cambios de disponibilidad del recurso a través de la serie temporal obtenida.

Con respecto a la estructura de edad del stock desovante, se observa que esta sólo información ya es de mucho valor para apoyar la modelación y evaluación indirecta del recurso. 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.

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, en especial hacia el oeste del área de estudio, tal como fue el caso del crucero del año 2004 y de otros años anteriores, se propuso la necesidad de evaluar una estrategia permita que dos o más naves puedan extender las transectas hacia las zonas descritas anteriormente para próximos cruceros. En este sentido, se debe discutir con la industria pesquera y con capitanes de las naves participantes, acerca de las necesidades que permitan mejorar su disposición y entendimiento de los muestreos en futuros cruceros.

Debido a la importancia para el MPDH de muestrear la población desovante completa, se deben analizar la 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.

La incorporación 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. 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.

11.2 PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

En relación al cumplimiento del Cronograma de actividades comprometido en la Oferta Técnica, se incluye en el presente informe, la distribución de horas dedicadas del personal del proyecto en asociación a las actividades desarrolladas desde el inicio del proyecto hasta la completación del presente Informe.

11.2.1 Asignación Horas Hombre del equipo de trabajo utilizadas hasta este Informe

a) Instituto de Investigación Pesquera

PERSONAL	ACTIVIDADES					Total
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
Aquiles Sepúlveda O.	20	0	0	57	38	115
Dagoberto Arcos R.	20	0	32	24	24	100
Claudio Gatica	0	202	36	27	27	292
Sergio Núñez E.	5	0	16	12	12	45
Patricia Ruíz	0	202	28	21	21	272
Rubén Alarcón	0	202	42	32	31	307
Mario Aguayo	5	0	26	19	20	70
Francisco Contreras	5	0	10	8	7	30
Flor Vejar D.	0	202	10	7	8	227
Hernán Rebolledo	0	202	20	12	8	242
Carlos Gonzalez	0	202	15	10	0	227
Samuel Hormazábal	5	0	17	16	8	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	372	325	204	4396

b) Instituto de Fomento Pesquero

PERSONAL	ACTIVIDADES					TOTAL
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
M. A. Barbieri	14		155	150	95	414
J. Córdova	5		100	68	45	218
R. Bahamonde	5		96	56	73	230
C. Lang	45		60	8	11	124
B. Leiva			60	46	18	124
R. Serra			22	26		48
C. Barraza			45		47	92
G. Pino	16	96				112
Técnicos		368				368
TOTAL	85	464	538	354	289	1640

c) Universidad Católica de la Sma Concepción

PERSONAL	ACTIVIDADES					Total
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
Javier Chong L	20	-	60	60	10	150
Paola Gonzales K	-	-	170	60	20	250
María C. Pardo G	10	-	160	60	20	250
Christian Ibañez	10	-	340	-	-	350
Ricardo Chong F		-	350	-	-	350
NN 1	-	-	150	-	-	150
TOTAL	40	0	1230	180	50	1500

11.2.2 Detalle de muestreos realizados y personal participante

a) Zarpe Crucero FIP 2005-11: Primera Etapa

PAM	Personal	Fecha /Hora Zarpe	Fecha /Hora Recalada
1. Chivilingo	Luis Bereniel Bustos Espinoza Nataly Edith Terrada Fuentes Larry Eduardo Lawrence Navarrete (IFOP)	22/11/05 03:30	02/12/05 14:30
2. Javier	Paulina del Rosario Barraza Barraza Alejandro Andrés Santibáñez Jones Alex Gabriel López Marileo (IFOP)	22/11/05 01:50	02/12/05 04:40
3. Yagan	Carlos Eduardo González Ayamante Marcos Antonio Arteaga Vásquez Carlos Concha Palza (IFOP)	22/11/05 20:20	01/12/05 00:15
4. Francisco	Francisco Alejandro Gómez Ramos Julio Enrique Reyes Aguillón David Isidoro Mena Valdivia (IFOP)	22/11/05 02:00	01/12/05 00:15
5. Santa María II	Robinson Adrián Carrasco Morales María Andrea Pinilla Norambuena Lino Alberto Muñoz Aguayo (IFOP)	22/11/05 12:30	01/12/05 05:30
6. Libas	Eduardo Campos Marcelo Eduardo Peralta Espinoza Carlos Mendoza (IFOP)	22/11/05 13:30	02/12/05 07:30
7. Marpro I	Hernán Patricio Rebolledo Fernández Arturo Navarrete Cristóbal Marcelo Quintana Alvear (IFOP)	22/11/05 15:30	30/11/05 12:30
8. Don Mauro	Marcia Elizabeth Neira Silva Germán Alonso Hernández Sáez Aurelio Pino (IFOP)	22/11/05 03:30	01/12/05 07:30
9. Matías	Alejandra Antonieta Vera Concha Claudio Ignacio Carocca Sepúlveda Patricio Yañez Vidal (IFOP)	22/11/05 10:00	29/11/05 18:50
10. Malleco	Patricia Del Carmen Ruiz Opazo Ximena Andrea Rodríguez Henríquez Patricio Daza	22/11/05 19:15	01/12/05 22:30

(Se indica entre paréntesis el personal adscrito a IFOP)

b) Zarpe Crucero FIP 2005-11: Segunda Etapa

PAM	Personal	Fecha /Hora Zarpe	Fecha /Hora Recalada
1. Malleco	Luis Bereniel Bustos Espinoza Patricia Del Carmen Ruiz Opazo	12/12/05 09:30	17/12/05 15:00
2. Marpro I	Hernán Patricio Rebolledo Fernández Arturo Navarrete	12/12/05 15:35	17/12/05 12:30
3. Toltén	Roberto Torres	12/12/05 05:45	20/12/05 14:00
4. Don Telesforo	Carlos Pincheira	12/12/05 04:50	19/12/05 16:00
5. Coral I	Patricio Daza	12/12/05 08:30	16/12/05 10:15