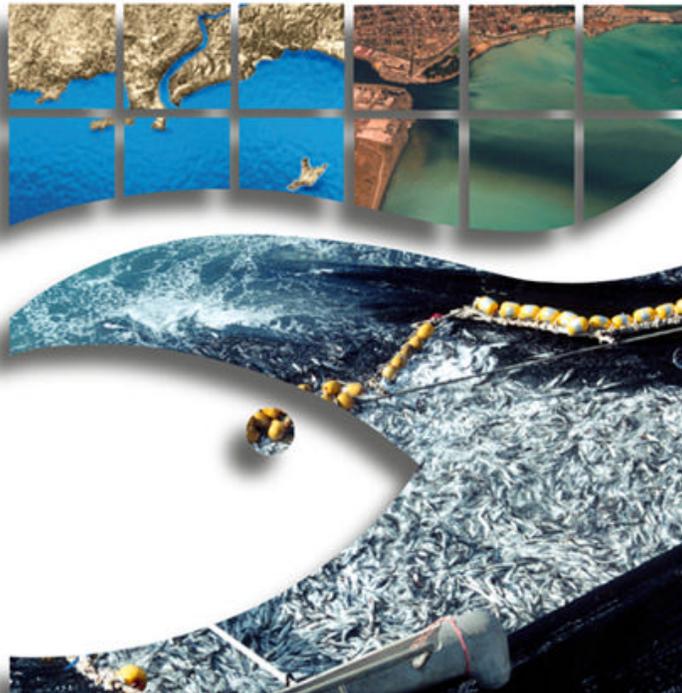


**Instituto de Investigación Pesquera
Octava Región**

INFORME FINAL

**PROYECTO FIP 2001-12
CONDICION BIOLOGICA DEL JUREL EN
ALTA MAR, AÑO 2001**



Enero - 2003

TITULO DEL PROYECTO : Condición biológica del jurel en alta mar, año 2001

REQUIRENTE : Fondo de Investigación Pesquera
Consejo de Investigación Pesquera
Presidente: Felipe Sandoval P.

UNIDAD EJECUTORA : Departamento de Pesquerías
Instituto de Investigación Pesquera
Director: Dagoberto Arcos Rojas

SUBCONTRATOS : Instituto de Fomento Pesquero Dirección Zonal V a
IX Regiones
Director: Guillermo Moreno Paredes

: Universidad de Concepción
Departamento de Oceanografía
Director Departamento: Ciro Oyarzún

JEFE PROYECTO : Luis Cubillos Santander (MSc)
Biólogo Pesquero
Instituto de Investigación Pesquera
Casilla 350, Talcahuano, Chile
Tel.: 56-41-583741
Fax: 56-41-583939
E-mail: lcubillos@inpesca.cl

FIP 2001-12
**CONDICIÓN BIOLÓGICA DEL JUREL EN ALTA MAR,
AÑO 2001**

JEFE DE PROYECTO

LUIS CUBILLOS S.

EDITOR

LUIS CUBILLOS S.

AUTORES

D. Figueroa, E. Navarro

Aspectos oceanográficos en el área de desove de jurel, noviembre de 2001.

F. Vejar

Análisis geoestadístico de la distribución de huevos y larvas de jurel, año 2001

R. Quiñones, R. Wiff

Asociación entre la distribución de huevos y larvas de jurel y la temperatura superficial del mar, 1998-2001

L. Cubillos, P. Ruiz, A. Sepúlveda

Índices de abundancia de huevos y larvas, producción y mortalidad diaria, y estimación de la biomasa desovante de jurel.

C. Oyarzún, S. Gacitúa,

Aspectos reproductivos, fecundidad parcial, y frecuencia del desove del jurel, año 2001.

H. Rebolledo, L. Cubillos, F. Contreras

Alimentación de jurel en alta mar, año 2001.

M. A. Barbieri, M. Espejo, J. Córdova, J. Osses

Caracterización de la distribución espacial de las agregaciones de jurel.



**Instituto de
Investigación
Pesquera
Octava Región**

Talcahuano (Chile), 2003

1. PERSONAL PARTICIPANTE

Nombre	Función
Instituto de Investigación Pesquera	
Luis Cubillos	Jefe de proyecto, coordinación general y estimación de índices de abundancia larval, modelos GAM
Aquiles Sepúlveda	Proceso y análisis información geoestadística, estimadores de varianza
Sergio Núñez	Análisis planctónico y análisis integrado
Héctor Peña	Imágenes TSM satelital y coordinación crucero
Hernán Rebolledo	Crucero PAM Tricahue. Alimentación jurel.
Lidia Vilugrón	Estructura de tallas
Carlos González	Jefe de Crucero PAM Malleco, CTD
Teresa Canales	Ictioplancton y fecundidad
Patricia Ruiz	Crucero PAM Antartic, incubación huevos
Jorge Olea	Análisis ictioplancton
Flor Vejar	Ictioplancton, análisis espacial geoestadístico.
Claudio Gatica	Crucero PAM Vikingo, estimación varianzas.
Cristian Villouta Vergara	Técnico, crucero PAM Tricahue, muestreo
Gustavo Moraga Cid	Técnico, crucero PAM Malleco, muestreo
Claudio Pino	Técnico, crucero PAM Antartic, muestreo
Doris Bucarey Sepúlveda	Crucero PAM Antartic, incubación de huevos
Robinson Torres Valenzuela	Técnico, crucero PAM Cacique I, muestreo
Carolina Alarcón Muñoz	Técnico, crucero PAM Cacique I, muestreo
Gonzalo Padilla Fernández	Técnico, crucero PAM Huachinango, muestreo
German Bravo Mellado	Técnico, crucero PAM Huachinango, muestreo
Roberto Torres Dávila	Técnico, crucero PAM Sta. María II, muestreo
Erik Daza Valdebenito	Técnico, crucero PAM Sta. María II, CTD, muestra a bordo
Francisco Contreras Mejías	Técnico, crucero PAM Arauco I, muestreo
Igor Stack Lara	Técnico, crucero PAM Arauco I, muestreo
Francisco Gomez Ramos	Técnico, crucero PAM Vikingo, muestreo
Alicia Gallardo Gómez	Técnico, crucero PAM Panilonco, muestreo
Eduardo Navarro Vallejos	Técnico, crucero PAM Panilonco, CTD y muestreo
Carlos Pincheira	Técnico, muestreo a bordo vigilancia reproductiva
Juan Carlos Durán	Técnico, muestreo a bordo vigilancia reproductiva

Universidad de Concepción	
Ciro Oyarzún	Análisis integrado – Indicadores reproductivos
Renato Quiñones	Análisis integrado
Dante Figueroa	Interpretación y análisis oceanografía
W. Schneider	Interpretación y análisis oceanografía
Eduardo Navarro	Colaborador oceanografía
Santiago Gacitúa	Análisis reproductivo
Gustavo Aedo	Análisis histológico y reproductivo
Paola Gonzalez	Análisis histológico y reproductivo
Cristian Valero	Colaborador procesamiento muestras
Erik Daza V.	Colaborador procesamiento muestras
Marcelo Gutierrez	Colaborador procesamiento muestras
Patricia Faundez	Colaborador procesamiento muestras
Pamela Toledo	Colaborador procesamiento muestras
Cristian Valero	Colaborador procesamiento muestras
Sergio Neira	Colaborador análisis de resultados

Instituto de Fomento Pesquero	
María Angela Barbieri	Responsable componente ecoprospección
Antonio Aranis	Preparación crucero
Bernardo Leiva	Preparación crucero y procesamiento datos
Solange Brito	Procesamiento de datos
Marco Espejo	Procesamiento de datos
José Córdova	Procesamiento de datos
Jorge Osses	Procesamiento e interpretación datos clorofila
Andres Ruiz Minio	Técnico, crucero PAM Trichahue
Carlos Concha Palza	Técnico, crucero PAM Cacique I
Gustavo Pereira Hernández	Técnico, crucero PAM Malleco
Roberto Escobar Henríquez	Técnico, crucero PAM Huachinango
Rodrigo Muñoz Herrera	Técnico, crucero PAM Sta. María II
Marcelo Candia Oyarce	Técnico, crucero PAM Antartic
Jairo Alvarez Pedreros	Técnico, crucero PAM Arauco I
Cristian Pedreros Alonso	Técnico, crucero PAM Vikingo I
Alvaro Garrido Melo	Técnico, crucero PAM Panilonco.

2. RESUMEN EJECUTIVO

Se analiza la abundancia y distribución de huevos y larvas de jurel, la condición reproductiva de los adultos, y la distribución espacial de las agregaciones en la principal área de desove en aguas oceánicas frente a Chile central. Se planificó un crucero que involucró el aporte y la participación de embarcaciones de la flota de cerco regional.

El crucero se efectuó entre los días 18 y 30 de noviembre de 2001, participando 9 naves de la flota industrial de cerco con autorización para pescar jurel. Las 9 embarcaciones realizaron un muestreo de estaciones de ictioplancton dispuestas a lo largo de 18 transectas que estuvieron dispuestas con una separación de 18 millas náuticas (mn) entre los 31°48' S y 36°54' S. A lo largo de cada transecta las estaciones estuvieron dispuestas sistemáticamente cada 18 mn y se distribuyeron entre los 75° y 92° W.

En cada estación, se realizó un muestreo vertical de huevos y larvas mediante redes tipo WP-2 de 303 μ m y 0,6 m de diámetro de boca, desde los 100 m de profundidad hasta la superficie, registrándose en cada estación la temperatura superficial del mar. La cobertura espacial fue de 252.720 mn^2 , lográndose un total de 780 estaciones de muestreo y 34 lances de pesca con la finalidad de estudiar la condición biológica y reproductiva del recurso en alta mar. La temperatura y salinidad en la columna de agua del área de estudio se realizó con 3 sondas oceanográficas que cubrieron un total de 6 transectas. Los lances oceanográficos consistieron en un muestreo vertical de temperatura desde la superficie hasta los 100 m de profundidad.

En el estrato superficial (0 m), la distribución horizontal de la temperatura del mar presentó una estructura homogénea con temperatura que fluctuaron entre 14 y 18 °C. En la mayor parte del área de estudio se observó el predominio de aguas cálidas (> 15 °C) y menores que 17 °C, en especial al norte de los 36° S. Las aguas con temperatura mayor a 17°C prevalecieron en el sector NW, al norte de los 33° S.

Se realizaron 661 lances de ictioplancton, lográndose una cobertura de 72,3 y 76,2% de estaciones positivas con huevos y larvas respectivamente.. La distribución de la abundancia de huevos fue extensa, con una densidad media de 639,4 huevos en 10 m^2 considerando la totalidad de las estaciones. La densidad promedio de huevos fue superior a

igual periodo de los años 1999 y de 2000. Se considera que la distribución norte-sur del desove fue cubierta, excepto por el límite occidental (92° W). Las larvas tendieron a distribuirse hacia el norte del área de estudio, con una densidad promedio de 242,4 larvas en 10 m².

Al analizar la distribución de huevos y larvas con modelos GAM se observa que estos estadios tienden a presentar una mayor abundancia entre los 33° y 36° S, y al oeste de los 85 °W, mientras que en relación con la temperatura se observó una relación no-lineal con mayores abundancias centradas en torno de los 16 °C. El análisis estadístico de asociación con el método de Perry-Smith, sin embargo, no reveló una asociación significativa de los huevos y larvas con la temperatura superficial del mar. Este resultado, se piensa, se debe a la homogeneidad térmica detectada en el área de estudio ya que resultados previos caracterizados con una mayor heterogeneidad térmica reveló siempre una asociación significativa y preferencias por temperaturas superficiales del mar mayor a 15,5 °C.

El análisis estructural de la distribución de huevos con técnica geoestadística revela que la abundancia de huevos se distribuye isotrópicamente con un rango de 810 km. Se observó que la distribución de huevos cubrió prácticamente toda el área de estudio, con una menor abundancia de huevos en el sector noreste y un núcleo de desove importante situado en el área central y situado en sentido E-O.

Los huevos de jurel fueron clasificados según estadios de desarrollo y se asignó edad mediante un modelo que toma en cuenta la temperatura superficial del mar, el estadio, la hora del desove (23:30 hrs) y la hora de colecta de los huevos. Una vez determinada la edad se determinó la producción diaria de huevos en 350,3 huevos por día en 10 m² [IC=296,1; 404,4] y una tasa de mortalidad de 0,383 por día [IC=0,246; 0,522]. El área de desove se consideró como la extensión del número de estaciones positivas (531196 km²), lo que determinó una producción diaria de huevos de $1,86 \times 10^{13}$ huevos por día.

Se realizó un total de 34 lances, de los cuales solo 18 fueron exitosos en términos de generadores de información relevante para la caracterización de la estructura de tallas en la región. De éstos solamente 12 lances generaron información relevante para analizar la condición reproductiva de las hembras. La moda principal de los ejemplares fue de 26 cm LH para machos y hembras, con un rango que fluctuó entre 20 y 57 cm. La proporción de

ejemplares bajo la talla mínima legal fue de 32,8% para toda el área, y el 80% de los ejemplares capturados tenía tallas comprendidas en el rango 20-30 cm LH.

El peso promedio de las hembras maduras se estimó en 223,7 g (CV = 6,7 %), con una longitud promedio de 27,5 cm LH (CV = 19,1 %). La incidencia de estados de madurez macroscópicos reveló que aproximadamente el 50% de las hembras se encontraba madura y un 35% en estado hidratado, y un 15% en maduración. Por otra parte, los estados de madurez microscópicos revelan que el 87,7 % (n = 364 hembras) se encontraba en proceso de desove, ya sea maduros, hidratados o con folículos postovulatorios.

La fecundidad parcial se estimó a partir de 66 hembras hidratadas, utilizando el recuento promedio de 2 submuestras por ovario de 0,14 g. La fecundidad parcial se relacionó linealmente con la longitud horquilla y el peso eviscerado de las hembras. El modelo que describe la relación entre la fecundidad parcial (F) y el peso del cuerpo (PE) es: $F = 131,1 \times PE$ ($r^2 = 0,766$; $p < 0,01$). La fecundidad media poblacional fue estimada en 27150 ovocitos (CV = 7 %).

La fracción de hembras desovantes se estimó en 0,103; lo que implica que una hembra de jurel estaría desovando en promedio una tanda de huevos aproximadamente cada 9,7 días. La proporción de hembras en peso fue de 0,393 (CV = 8,5 %). La mayor incidencia de machos se debe a que la mayoría de los lances se realizaron entre las 20 y 22 horas, muy cerca de la hora del desove estimada a las 23:30 horas.

La alimentación del jurel reveló una similitud entre el 2000 y 2001, donde las presas más importantes fueron los eufáusidos, mictófidios, copépodos y restos de crustáceos.

Se determina y caracteriza de la distribución espacial de las agregaciones de jurel en la zona comprendida entre las latitudes 31° 48' y 36° 54' S, desde la longitud 75° hasta 92° W. Para tal efecto se efectúa una ecoprospección con nueve embarcaciones que operan en la pesquería industrial del jurel.

El índice de cobertura IC de jurel (ubm positivas presentes en la unidad de distancia recorrida) es de 3,90 %. El IC es inversamente proporcional a la extensión de la superficie del área con alta presencia de huevos de jurel. En las áreas de alta distribución de huevos de jurel se observa una baja presencia del recurso.

La profundidad promedio de las agregaciones es de 69,0 m y el alto promedio de 17,1 m el 74,1% de los ecotrazos se encuentran entre la superficie y los 100 m de profundidad.

Indice de presencia de ecotrazos (IPE) reportados por el ecosonda presenta una media de 0,0376 ecotrazos por mn, con un rango de 0,0036 a 0,1144 ecotrazos por mn. el IPE es mas alto para los ecotrazos tipo individual con un IPE de 0,013 y él más bajo para los cardúmenes con un IPE de 0,0007. Indice de presencia de ecotrazos (IPE) reportados por el sonar presenta una media de 0,0142 ecotrazos por mn, con un rango de 0,00139 a 0,06038 ecotrazos por mn

El 93,1 % de los clusters es de tipo simple (menos de 1,5 cardúmenes por milla náutica) y sólo el 6,9% de tipo complejo. El número de clusters por milla m^2 jurel es inversamente proporcional a la extensión de la superficie del área con alta presencia de huevos.

Se estimó una biomasa desovante de jurel de 3,8 millones de toneladas para el 2001, la que fue superior a la del 2000 (2,1 millones de toneladas) y similar a la de 1999 (3,5 millones de toneladas). Las estimaciones de biomasa desovante con el método de la producción diaria de huevos fueron comparables con las estimaciones realizadas con métodos de evaluación indirecta, en términos de su magnitud. Se concluye que el método de la 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. Sin duda, las estimaciones de biomasa desovante serán cada vez mejores con cada repetición anual de este proyecto.

3. INDICE GENERAL

1. PERSONAL PARTICIPANTE	II
2. RESUMEN EJECUTIVO	IV
3. INDICE GENERAL	VIII
4. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	X
4.1. TABLAS.....	X
4.2. FIGURAS	XIII
5. OBJETIVO GENERAL.....	1
6. OBJETIVOS ESPECIFICOS	1
7. ANTECEDENTES	1
7.1. EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROBLEMA	1
7.2. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	2
7.2.1. <i>Con respecto a la distribución y zonas de producción de huevos:</i>	2
7.2.2. <i>Con respecto a la distribución y agregaciones del recurso</i>	3
7.3. ANTECEDENTES SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS DE JUREL EN ALTA MAR	3
7.4. ANTECEDENTES SOBRE EL COMPORTAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL EN ALTA MAR.....	4
8. METODOLOGIA DE TRABAJO	8
8.1. PERÍODO Y ÁREA DE ESTUDIO	8
8.2. DISEÑO DE MUESTREO	8
8.2.1. <i>Diseño y número de estaciones de muestreo</i>	11
8.2.2. <i>Muestras planctónicas</i>	12
8.2.3. <i>Muestreo Oceanográfico</i>	13
8.2.4. <i>Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar</i>	15
8.2.5. <i>Campos de temperatura superficial del mar interpolados de varias fuentes</i> 15	
8.2.6. <i>Campos de vientos obtenidos mediante escaterómetro</i>	15
8.2.7. <i>Datos de viento costero</i>	16
8.3. BIOMASA FITOPLANCTÓNICA	16
8.4. HUEVOS Y LARVAS DE JUREL	16
8.4.1. <i>Abundancia de huevos y larvas</i>	16
8.4.2. <i>Índices de abundancia de huevos y larvas</i>	18
8.5. RELACIÓN ENTRE HUEVOS Y LARVAS Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR	20
8.6. PRODUCCIÓN DE HUEVOS.....	22

8.6.1.	<i>Experimentos de incubación de huevos</i>	22
8.6.2.	<i>Modelo para asignar la edad a los huevos</i>	23
8.6.3.	<i>Hora del desove y corrección de la edad</i>	23
8.6.4.	<i>Producción diaria y mortalidad de huevos</i>	24
8.7.	MODELOS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA DE HUEVOS	25
8.7.1.	<i>Análisis geoestadístico</i>	25
8.7.2.	<i>Modelos GAM</i>	28
8.8.	CARACTERIZACIÓN DE LA CONDICIÓN REPRODUCTIVA Y FRACCIÓN DESOVANTE ..	29
8.8.1.	<i>Muestras de ejemplares adultos</i>	29
8.8.2.	<i>Relaciones y variables biológicas</i>	31
8.8.3.	<i>Vigilancia histológica del período reproductivo</i>	35
8.8.4.	<i>Condición reproductiva del jurel en alta mar</i>	36
8.9.	BIOMASA DESOVANTE	42
8.10.	ANÁLISIS DE LA ALIMENTACIÓN	43
8.11.	CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL 46	
8.11.1.	<i>Ecoprospección</i>	46
8.11.2.	<i>Distribución espacial y morfología de las agregaciones</i>	47
8.11.3.	<i>Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel</i>	50
9.	RESULTADOS	52
9.1.	CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS ASOCIADAS AL CRUCERO.....	52
9.1.1.	<i>Temperatura superficial del mar mediante datos IGOSS</i>	53
9.1.2.	<i>Temperatura superficial del mar</i>	56
9.1.3.	<i>Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar</i>	56
9.1.4.	<i>Vientos superficiales durante el crucero</i>	58
9.1.5.	<i>Distribuciones de las variables hidrográficas</i>	63
9.2	VARIABLES DERIVADAS Y RELACIONES ENTRE ELLAS.....	65
9.2.1	<i>Cuantificación de la mezcla vertical</i>	65
9.2.	DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS.....	75
9.3.	PRODUCCIÓN DE HUEVOS.....	84
9.3.1.	<i>Distribución de edades</i>	84
9.3.2.	<i>Mortalidad de huevos y Producción diaria promedio</i>	85
9.4.	MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE HUEVOS Y LARVAS.....	86
9.4.1.	<i>Modelo GAM</i>	86
9.4.2.	<i>Análisis geoestadístico</i>	87
9.5.	CARACTERIZACIÓN CONDICIONES BIOLÓGICAS ADULTOS	94
9.5.1.	<i>Lances de pesca</i>	94
9.5.2.	<i>Estructura de tallas</i>	95
9.5.3.	<i>Relación longitud-peso y factor de condición</i>	96
9.5.4.	<i>Condición reproductiva</i>	99
9.5.5.	<i>Alimentación</i>	118
9.6.	DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL	122
9.6.1.	<i>Índice de cobertura y morfología de las agregaciones</i>	122
9.6.2.	<i>Altura y profundidad de las agregaciones</i>	124
9.6.3.	<i>Distribución espacial y batimétrica</i>	125

9.6.4.	<i>Índice de presencia de ecotrazos (IPE)</i>	130
9.6.5.	<i>Presencia y distribución de cluster</i>	134
9.6.6.	<i>Distribución de ecotrazos por zonas de presencia de huevos</i>	135
9.6.7.	<i>Distribución de la temperatura superficial, la biomasa fitoplanctónica, los ecotrazos y los huevos</i>	135
9.6.8.	<i>Análisis multitemporal de los cruceros 1997 al 2001</i>	138
9.7.	ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL.....	151
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	154
10.1.	CONDICIONES AMBIENTALES	154
10.2.	DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS.....	154
10.3.	PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS Y MORTALIDAD.....	156
10.4.	CONDICIÓN REPRODUCTIVA	156
10.5.	ALIMENTACIÓN	158
10.6.	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGREGACIONES DE JUREL	158
10.7.	BIOMASA DESOVANTE DE JUREL	159
11.	CONCLUSIONES	160
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	164
13.	ANEXOS	169
13.1.	ANEXO I. TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	170
13.2.	ANEXO II. MUESTREO ESTRATIFICADO DE HUEVOS Y LARVAS.....	177
13.3.	ANEXO III. RE-ANÁLISIS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS FIP 2000-10“CONDICIÓN BIOLÓGICA DE JUREL EN ALTA MAR, AÑO 2000”	179
13.4.	ANEXO IV. ANÁLISIS DE LA PROPORCIÓN SEXUAL POR LONGITUD, ZONA Y LANCE DE PESCA.	184

4. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

4.1. Tablas

TABLA 1.	LISTADO DE NAVES PARTICIPANTES Y PERSONAL EMBARCADO (CRUCERO 2000).....	9
TABLA 2.	TRANSECTAS DE INICIO Y DE RETORNO ASIGNADAS A LOS BARCOS PARTICIPANTES PROYECTO FIP 2001-12.....	10
TABLA 3.	ESCALA EMPÍRICA DE MADUREZ SEXUAL PARA HEMBRAS DE ESPECIES DESOVANTES PARCIALES (ADAPTADA DE HOLDEN Y RAITT, 1975).	34
TABLA 4.	ESCALA DE MADUREZ MICROSCÓPICA.....	35
TABLA 3.	NOMBRE DE LA EMBARCACIÓN, NÚMERO, HORA, Y LOCALIZACIÓN DEL LANCE (PROMEDIO), MODA, LONGITUD PROMEDIO, NÚMERO DE ESTÓMAGOS TOTALES, Y PORCENTAJE DE ESTÓMAGOS CON CONTENIDO.	44
TABLA 4.	GRUPOS DE TAMAÑO DE JUREL, DEFINIDOS CADA 5 CM DE LONGITUD HORQUILLA (LH).	44
TABLA 5.	RESUMEN DE LOS CRUCEROS 9711, 9812, 9912, 2000-10, 2001-12.....	51

TABLA 6. ESTADÍSTICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS DE JUREL ENTRE 1997 Y 2001 (D= DENSIDAD TOTAL, VAR(D) = VARIANZA, EE(D) ERROR ESTÁNDAR, DPOS = DENSIDAD EN ESTACIONES POSITIVAS, DE(DPOS) = DESVIACIÓN ESTÁNDAR DATOS; VAR(DPOS) = VARIANZA DE LA DENSIDAD MEDIA EN ESTACIONES POSITIVAS), EE(DPOS) = ERROR ESTÁNDAR; DMIN = DENSIDAD MÍNIMA, DMAX = DENSIDAD MÁXIMA, Y = PROMEDIO DENSIDAD TRANSFORMADA A LOGARITMO, S2 = VARIANZA DENSIDAD TRANSFORMADA A LOGARITMO, FS = ESTIMADOR FINNEY-SICHEL, VAR(FS) = VARIANZA FINNEY-SICHEL, EE(FS) = ERROR ESTÁNDAR).....	76
TABLA 7. ESTADÍSTICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LARVAS DE JUREL ENTRE 1997 Y 2001 (D= DENSIDAD TOTAL, VAR(D) = VARIANZA, EE(D) ERROR ESTÁNDAR, DPOS = DENSIDAD EN ESTACIONES POSITIVAS, DE(DPOS) = DESVIACIÓN ESTÁNDAR DATOS; VAR(DPOS) = VARIANZA DE LA DENSIDAD MEDIA EN ESTACIONES POSITIVAS), EE(DPOS) = ERROR ESTÁNDAR; DMIN = DENSIDAD MÍNIMA, DMAX = DENSIDAD MÁXIMA, Y = PROMEDIO DENSIDAD TRANSFORMADA A LOGARITMO, S2 = VARIANZA DENSIDAD TRANSFORMADA A LOGARITMO, FS = ESTIMADOR FINNEY-SICHEL, VAR(FS) = VARIANZA FINNEY-SICHEL, EE(FS) = ERROR ESTÁNDAR).....	78
TABLA 8. DISTANCIA MÁXIMA (S) ENTRE F(T) Y G(T) Y SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA (P) EN LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PERRY Y SMITH (1994) PARA HUEVOS Y LARVAS DE JUREL DURANTE LA PROSPECCIÓN DEL AÑO 2001.	79
TABLA 10. DISTANCIA MÁXIMA (S) ENTRE F(T) Y G(T) Y SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA (P) EN LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PERRY Y SMITH (1994) PARA HUEVOS Y LARVAS DE JUREL COMBINANDO LA DATA CORRESPONDIENTE A LOS CINCO CRUCEROS DE PROSPECCIÓN DE JUREL EN ALTAMAR QUE SE HAN REALIZADO DURANTE LA PRIMAVERA (1998, 1999, 2000, 2001).....	83
TABLA 11. PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS Y COEFICIENTE DE MORTALIDAD TOTAL DE HUEVOS DE JUREL EN NOVIEMBRE DE 1999, 2000, Y 2001.....	85
TABLA 12. PARÁMETROS OBTENIDOS DEL AJUSTE DEL MODELO EXPONENCIAL CON LA G 600 KM PARA EL LN DE LA ABUNDANCIA DE HUEVOS DE JUREL (R ² : AJUSTE DEL MODELO; R ² (B) AJUSTE VALIDACIÓN CRUZADA).....	89
TABLA 13. PARÁMETROS OBTENIDOS DE LOS AJUSTES DEL MODELO EXPONENCIAL CON LAG 300 KM PARA EL LN DE LA ABUNDANCIA DE LARVAS DE JUREL (R ² : AJUSTE DEL MODELO; R ² (B) AJUSTE VALIDACIÓN CRUZADA).....	92
TABLA 14. RESUMEN DE LOS LANCES DE PESCA REALIZADOS DURANTE EL CRUCERO DE NOVIEMBRE DE 2001. NOMENCLATURA: S/P= SIN PESCA, JRL = JUREL.....	95
TABLA 15. PARÁMETROS DE LA RELACIÓN LONGITUD – PESO.....	97
TABLA 16. RESUMEN DE LOS DATOS DEL LANCE. PROMEDIOS DE LAS PRIMERAS HEMBRAS MADURAS (HM, N) DE: LONGITUD HORQUILLA (LH, CM), PESO TOTAL (PT, G).	98
TABLA 17. ESTADOS DE MADUREZ MICROSCÓPICA EN JUREL. SE INDICAN LAS CANTIDADES DE INDIVIDUOS EN CADA ESTADO (N= TOTAL).	112
TABLA 18. ESTADOS DE MADUREZ MICROSCÓPICOS DE JUREL, NOVIEMBRE 2001.	113
TABLA 19. ESTIMACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE HEMBRAS CON FOLÍCULOS POSTOVULATORIOS (FPO) OBTENIDAS POR BARCO Y LANCE (HM= HEMBRAS MADURAS; HH = HEMBRAS HIDRATADAS).	114
TABLA 20. ESTIMACIÓN DE HEMBRAS MADURAS DESOVANTES POR LANCE (S ₁) (HM = HEMBRAS MADURAS, HH: HIDRATADAS, M _{y,t} : HEMBRAS MADURAS CORREGIDAS, M _{At} = HEMBRAS QUE NO ESTÁN DESOVANDO, S _{1,1} FRACCIÓN DE HEMBRAS DE DÍA 1, S _{2,1} : FRACCIÓN DE HEMBRAS DE DÍA 2).....	115

TABLA 21. ESTIMACIÓN DE HEMBRAS MADURAS DESOVANTES PROMEDIO POR DÍA (\bar{S}), VARIANZA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV).	116
TABLA 22. ESTIMACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE HEMBRAS (EN PESO) DE JUREL, NOVIEMBRE DE 2001 (L= LANCE, M=MACHOS, PTM=PESO PROMEDIO MACHOS, H=HEMBRAS, PTH=PESO PROMEDIO HEMBRAS, RI =PROPORCIÓN EN PESO DE HEMBRAS).....	117
TABLA 23. NÚMERO (N%), PESO (P%), FRECUENCIA DE APARICIÓN (F%) E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA (IIR) PARA LAS PRINCIPALES PRESAS DE JUREL, NOVIEMBRE DE 2001.	119
TABLA 24. ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA POR GRUPOS DE TAMAÑO DE JUREL (VER TABLA 26 PARA LA NOMENCLATURA DE LOS ITEM PRESA).	120
TABLA 25. ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA (IIR) ENTRE AÑOS (NOVIEMBRE).	121
TABLA 26. ÍNDICE DE COBERTURA (IC) POR TIPO DE ECOTRAZOS. CRUCERO NOVIEMBRE 2001.	122
TABLA 27. ALTURA Y PROFUNDIDAD PROMEDIO DE LAS AGREGACIONES	124
TABLA 28. PRESENCIA DE ECOTRAZOS (%) EN LA COLUMNA DE AGUA A UNA PROFUNDIDAD SUPERIOR E INFERIOR DE LOS 100 M, POR CATEGORÍA Y TIPO DE ECOTRAZOS.	125
TABLA 29. PRESENCIA DE ECOTRAZOS (%) POR MACROZONA.	126
TABLA 30. ÍNDICE DE PRESENCIA DE ECOTRAZOS (IPE) EXPRESADO EN NÚMERO DE AGREGACIONES POR MN LINEAL, POR CATEGORÍA Y TIPO DE ECOTRAZOS	130
TABLA 31. ÍNDICE DE PRESENCIA DE ECOTRAZOS (IPE) EXPRESADO EN NÚMERO DE AGREGACIONES POR MN LINEAL, POR TRANSECTA PARA ECOTRAZOS REPORTADOS POR LOS ECOSONDA Y SONARES.	132
TABLA 32. NÚMERO Y PORCENTAJE DE CLUSTER SIMPLES (CS) Y CLUSTER COMPLEJOS (CC) POR TIPO Y CATEGORÍA DE ECOTRAZOS.....	134
TABLA 33. ÍNDICE DE COBERTURA DE TIPO DE ECOTRAZOS (CARDUMEN, ESTRATO, DISPERSO E INDIVIDUAL) Y NIVELES DE ABUNDANCIA* DE JUREL (MALA , REGULAR Y TOTAL) EN ÁREAS CALIFICADAS SIN PRESENCIA DE HUEVOS DE JUREL, REGULAR Y ALTA.	135
TABLA 34. ÍNDICE SINTÉTICO DE LA PRESENCIA DE HUEVOS (IA), DONDE SAH ES LA SUPERFICIE (MN ²) DE ESTRATO DE ALTA DENSIDAD DE HUEVOS Y ST SUPERFICIE TOTAL (MN ²).	147
TABLA 35. ÍNDICE DE PRESENCIA DE ECOTRAZOS IPE (NÚMERO DE AGREGACIONES POR MILLA NÁUTICA LINEAL) EN LOS CRUCEROS Nov. 1997, Dic. 1998, Dic.1999, Nov 2000 Y Nov.2001.	148
TABLA 36. PROFUNDIDAD MEDIA Y ALTO PROMEDIO DE LAS AGREGACIONES Y PORCENTAJE DE AGREGACIONES ENTRE LA SUPERFICIE Y LOS 100 M DE PROFUNDIDAD.	149
TABLA 37. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE JUREL Y ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL EN AGUAS ALTA MAR, FRENTE A CHILE CENTRO-SUR.	152
TABLA 38. COMPARACIÓN ENTRE LA BIOMASA DESOVANTE DEL JUREL ESTIMADA POR EL MODELO DE EVALUACIÓN Y EL MÉTODO DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS.	153

4.2. Figuras

FIGURA 1. GRILLA DE ESTACIONES REALIZADAS DURANTE EL CRUCERO FIP 2001-12, ENTRE EL 18 Y 30 DE NOVIEMBRE DE 2001.	10
FIGURA 2. POSICIONES DE LAS ESTACIONES CON CTD DURANTE EL CRUCERO.	14
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS TRANSECTAS ACÚSTICAS, NOVIEMBRE DEL 2001.	46
FIGURA 4. TIPOS DE ECOTRAZOS DE JUREL.	48
FIGURA 5. COMPARACIÓN DE LA TSM ENCONTRADA EN LA ZONA DEL CRUCERO CON PROMEDIOS CLIMÁTICOS (1982-2001). ZONAS OCCIDENTAL, CENTRO Y ORIENTAL DEL CRUCERO. LA LÍNEA NEGRA ES EL PROMEDIO CLIMÁTICO, MIENTRAS QUE LAS LÍNEAS GRISES MUESTRAN UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÁS ARRIBA Y MÁS ABAJO DEL PROMEDIO CLIMÁTICO. LAS DOS SEMANAS DEL CRUCERO SE MUESTRAN COMO CÍRCULOS.	53
FIGURA 6. TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR SEGÚN IGOSS DURANTE.	54
LAS SEMANAS DEL CRUCERO Y EN LAS DOS SEMANAS PREVIAS. LAS LÍNEAS GRUESAS MUESTRAN LA POSICIÓN DE LOS TRANSECTOS.	54
FIGURA 7. ANOMALÍA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR SEGÚN IGOSS DURANTE LAS SEMANAS DEL CRUCERO Y EN LAS DOS SEMANAS PREVIAS. LAS LÍNEAS GRUESAS MUESTRAN LA POSICIÓN DE LOS TRANSECTOS.	55
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (°C). CRUCERO NOVIEMBRE DE 2001.	57
FIGURA 9. IMAGEN SATELITAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DEL DÍA 10 DE NOVIEMBRE DE 2001.	57
FIGURA 10B. VIENTOS DE ESCATEROMETRÍA Y COSTERO DURANTE EL CRUCERO. DÍAS 22 Y 23 DE NOVIEMBRE DEL 2001.	60
FIGURA 10C. VIENTOS DE ESCATEROMETRÍA Y COSTERO DURANTE EL CRUCERO. DÍAS 24 Y 25 DE NOVIEMBRE DEL 2001.	61
FIGURA 10D. VIENTOS DE ESCATEROMETRÍA Y COSTERO DURANTE EL CRUCERO. DÍAS 26 Y 27 DE NOVIEMBRE DEL 2001.	62
FIGURA 11. DISTRIBUCIONES HORIZONTALES DE TEMPERATURA A 5, 20, 50 Y 90 METROS DE PROFUNDIDAD. TRANSECTOS COSTA–OCÉANO.	64
FIGURA 12A. DISTRIBUCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA A 33.03°S Y 33.901S. TRANSECTOS COSTA–OCÉANO.	66
FIGURA 12B. DISTRIBUCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA A 35.06°S (COSTA–OCÉANO) Y A 36.54°S (OCÉANO–COSTA).	67
FIGURA 13. DISTRIBUCIONES HORIZONTALES DE SALINIDAD A 5, 20, 50 Y 90 METROS DE PROFUNDIDAD. TRANSECTOS COSTA–OCÉANO.	68
FIGURA 14. PROFUNDIDAD DE LA CAPA DE MEZCLA EN LOS TRANSECTOS COSTA–OCÉANO (ARRIBA) Y OCÉANO–COSTA (ABAJO).	69
FIGURA 15. ESTRATIFICACIÓN DE LA COLUMNA DE AGUA ENTRE 5 Y 90 METROS DE PROFUNDIDAD EN LOS TRANSECTOS COSTA–OCÉANO (ARRIBA) Y OCÉANO–COSTA (ABAJO).	71
FIGURA 16. INTENSIDAD DEL VIENTO (EN M/S) A LO LARGO DEL RECORRIDO DEL PANILONCO OCÉANO–COSTA. LA POSICIÓN DEL BUQUE EN LOS DISTINTOS DÍAS SE MUESTRA MEDIANTE PUNTOS.	72

FIGURA 17. INTENSIDAD DEL VIENTO (EN M/S) (EJE IZQUIERDO) Y PROFUNDIDAD DE LA CAPA DE MEZCLA (EJE DERECHO). LOS VIENTOS SON DEL MISMO DÍA EN QUE SE MIDió LA CAPA DE MEZCLA.	73
FIGURA 18. INTENSIDAD DEL VIENTO (EN M/S) (EJE IZQUIERDO) Y ESTRATIFICACIÓN DE LA COLUMNA DE AGUA (EJE DERECHO). LOS VIENTOS SON DEL MISMO DÍA EN QUE SE MIDió LA ESTRATIFICACIÓN.	74
FIGURA 19. DENSIDAD DE HUEVOS DE JUREL (HUEVOS EN 10 M ²) EN EL CRUCERO 2001.	75
FIGURA 20. CAMBIOS INTERANUALES DE LA ABUNDANCIA TOTAL DE HUEVOS DE JUREL CONSIDERANDO LAS ESTACIONES POSITIVAS Y EL TOTAL DE ESTACIONES.	76
FIGURA 21. DENSIDAD DE LARVAS DE JUREL (LARVAS EN 10 M ²) EN EL CRUCERO 2001.	77
FIGURA 22. CAMBIOS INTERANUALES DE LA ABUNDANCIA DE LARVAS DE JUREL CONSIDERANDO LAS ESTACIONES POSITIVAS Y EL TOTAL DE ESTACIONES.	78
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA DETERMINAR ASOCIACIÓN ENTRE LARVAS (IND/10 M ² ; A) O HUEVOS (HUEVOS/M ² ; B) DE JUREL Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DURANTE EL AÑO 2001 DE ACUERDO AL MÉTODO DE PERRY Y SMITH (1994). SÍMBOLOS : LÍNEA SÓLIDA = FRECUENCIA ACUMULADA DE LA VARIABLE AMBIENTAL (F(T)); -•-•- = FRECUENCIA ACUMULADA DE LA VARIABLE AMBIENTAL X LA DENSIDAD DE HUEVOS O LARVAS (G(T)); - - - = DIFERENCIA ENTRE G(T) Y F(T).	79
FIGURA 24. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN LAS ÁREAS DE ALTA MAR DONDE SE HAN REALIZADO PROSPECCIONES DE LARVAS Y HUEVOS DE JUREL. A =AÑO 1998; B = NOVIEMBRE DE 1999; C = DICIEMBRE DE 1999; D = AÑO 2000; E = AÑO 2001; F = FRECUENCIA AGREGADA DE TODOS LOS CRUCEROS.	80
FIGURA 25. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA DETERMINAR ASOCIACIÓN ENTRE LARVAS (A) O HUEVOS (B) DE JUREL Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DURANTE EL AÑO 2000 DE ACUERDO AL MÉTODO DE PERRY Y SMITH (1994). SÍMBOLOS : LÍNEA SÓLIDA = FRECUENCIA ACUMULADA DE LA VARIABLE AMBIENTAL (F(T)); -O-O- = FRECUENCIA ACUMULADA DE LA VARIABLE AMBIENTAL X LA DENSIDAD DE HUEVOS O LARVAS (G(T)); - - - = DIFERENCIA ENTRE G(T) Y F(T).	81
FIGURA 26. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA DETERMINAR ASOCIACIÓN ENTRE LARVAS O HUEVOS DE JUREL Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DURANTE LOS CRUCEROS REALIZADOS LOS AÑOS 98 Y 99 DE ACUERDO AL MÉTODO DE PERRY Y SMITH (1994). (A) LARVAS 1998, (B) HUEVOS 1998, (C) LARVAS NOVIEMBRE 1999, (D) HUEVOS NOVIEMBRE 1999, (E) LARVAS DICIEMBRE 1999, (F) HUEVOS DICIEMBRE 1999. SÍMBOLOS: LÍNEA SÓLIDA = FRECUENCIA ACUMULADA DE LA VARIABLE AMBIENTAL (F(T)); -λ-λ- = FRECUENCIA ACUMULADA DE LA VARIABLE AMBIENTAL X LA DENSIDAD DE HUEVOS O LARVAS (G(T)); - - - = DIFERENCIA ENTRE G(T) Y F(T).	82
FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA DETERMINAR ASOCIACIÓN ENTRE LARVAS O HUEVOS DE JUREL Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR AGRUPANDO LOS DATOS DE LOS CRUCEROS REALIZADOS LOS AÑOS 1998, 1999 Y 2000, DE ACUERDO AL MÉTODO DE PERRY Y SMITH (1994). SÍMBOLOS : LÍNEA SÓLIDA = FRECUENCIA ACUMULADA DE LA VARIABLE AMBIENTAL (F(T)); -λ--λ- = FRECUENCIA ACUMULADA DE LA VARIABLE AMBIENTAL X LA DENSIDAD DE HUEVOS O LARVAS (G(T)); - - - = DIFERENCIA ENTRE G(T) Y F(T).	83
FIGURA 28. DISTRIBUCIÓN DE EDADES DE HUEVOS DE JUREL CADA 0,25 Y 0,5 DÍAS, NOVIEMBRE DE 2001.	84

FIGURA 29. DENSIDAD DE HUEVOS DE JUREL EN RELACIÓN CON LA LATITUD, LONGITUD Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR. NOVIEMBRE DE 2001.	86
FIGURA 30. DENSIDAD DE LARVAS DE JUREL EN RELACIÓN CON LA LATITUD, LONGITUD Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR. NOVIEMBRE DE 2001.	87
FIGURA 31. VARIOGRAMA EXPERIMENTAL (CUADRADOS) Y TEÓRICO (LÍNEA CONTINUA) PARA LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL LN DE LA ABUNDANCIA DE HUEVOS DE JUREL AÑO 2001.	88
FIGURA 32. VARIOGRAMA OMNIDIRECCIONAL PARA LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL LN DE LA ABUNDANCIA DE HUEVOS DE JUREL, AÑO 2001.	89
FIGURA 33. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA DE HUEVOS DE JUREL AÑO 2001 RESULTANTE DEL MAPEO POR <i>KRIGING</i>	90
FIGURA 34. VARIOGRAMA EXPERIMENTAL (CUADRADOS) Y TEÓRICO (LÍNEA CONTINUA) PARA LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL LN DE LA ABUNDANCIA DE LARVAS DE JUREL AÑO 2001.	91
FIGURA 35. VARIOGRAMA OMNIDIRECCIONAL PARA LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL LN DE LA ABUNDANCIA DE LARVAS DE JUREL AÑO 2001.	92
FIGURA 36. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA DE LARVAS DE JUREL AÑO 2001 RESULTANTE DEL MAPEO POR <i>KRIGING</i>	93
FIGURA 37. DISTRIBUCIÓN DE LOS LANCES DE PESCA TOTALES, SIN PESCA Y CON PESCA DE JUREL. CRUCERO DE NOVIEMBRE DE 2001.	94
FIGURA 38. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE TALLAS DE JUREL DURANTE EL CRUCERO DE NOVIEMBRE DE 2001.	96
FIGURA 39. RELACIÓN LONGITUD-PESO DE MACHOS, HEMBRAS Y AMBOS SEXOS DE JUREL. CRUCERO NOVIEMBRE DE 2001.	97
FIGURA 40. FACTOR DE CONDICIÓN DEL JUREL EN FUNCIÓN DE LA TALLA. CRUCERO NOVIEMBRE DE 2001.	99
FIGURA 41. UBICACIÓN DE LOS LANCES DE MUESTREO (L) REALIZADOS DURANTE EL CRUCERO DE INVESTIGACIÓN EN LAS EMBARCACIONES: TRICAHUE (T), VIKINGO (V), ARAUCO I (A), ANTARCTIC (AN), MALLECO (M), SANTA MARÍA II (SM).	99
FIGURA 42. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE TALLA PARA EL TOTAL DE HEMBRAS UTILIZADAS A) EN LA CARACTERIZACIÓN DE LOS EMS Y B) EN LOS CÁLCULOS DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS).	100
FIGURA 43. HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS DE TALLA PARA LAS HEMBRAS UTILIZADAS EN LOS CÁLCULOS DE IGS PARA CADA LANCE DE PESCA REALIZADO POR CADA EMBARCACIÓN.	101
FIGURA 43. CONTINUACIÓN.	102
FIGURA 44. FRECUENCIA EN PORCENTAJE (%) DE LOS DISTINTOS ESTADOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) PARA LAS HEMBRAS DE JUREL EN EL ÁREA TOTAL PROSPECTADA.	103
FIGURA 45. FRECUENCIA EN PORCENTAJE (%) DE LOS DISTINTOS ESTADOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) PARA EL TOTAL DE HEMBRAS ANALIZADOS POR CADA BARCO.	104
FIGURA 46. FRECUENCIA EN PORCENTAJE (%) DE LOS DISTINTOS ESTADOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) PARA HEMBRAS DE JUREL EN EL TOTAL DE LOS LANCES EFECTUADOS POR CADA EMBARCACIÓN.	105
FIGURA 47. VARIACIÓN DEL IGS PROMEDIO PARA EL TOTAL DE HEMBRAS DE JUREL CON LA LONGITUD HORQUILLA DE LOS PECES DURANTE EL CRUCERO DE PROSPECCIÓN.	106

FIGURA 48. INDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) PROMEDIO POR LANCE PARA LAS HEMBRAS DE JUREL ANALIZADAS. A) IGS VERSUS LATITUD DEL LANCE Y B) IGS VERSUS LONGITUD DEL LANCE.	107
FIGURA 49. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PARA LA LONGITUD HORQUILLA PARA LAS HEMBRAS DE JUREL UTILIZADAS EN LOS CÁLCULOS DE LA FECUNDIDAD (N=66).	108
FIGURA 50. RELACIÓN ENTRE LA FECUNDIDAD PARCIAL (N° DE OVOCITOS) Y LA LONGITUD HORQUILLA (CM.) PARA LAS HEMBRAS HIDRATADAS DE JUREL MEDIANTE AJUSTE LINEAL (N=66).	109
FIGURA 51. RELACIÓN ENTRE LA FECUNDIDAD PARCIAL (N° DE OVOCITOS) Y EL PESO EVISCERADO (G.) PARA LAS HEMBRAS HIDRATADAS DE JUREL MEDIANTE AJUSTE LINEAL (N=66).	109
FIGURA 52. RELACIÓN ENTRE LA FECUNDIDAD RELATIVA (N° DE OVOCITOS/ GRAMO DE PEZ) Y LA LONGITUD HORQUILLA (CM.) PARA LAS HEMBRAS HIDRATADAS DE JUREL MEDIANTE AJUSTE NO-LINEAL (N=66).	110
FIGURA 53. RELACIÓN ENTRE LA FECUNDIDAD RELATIVA (N° DE OVOCITOS/ GRAMO DE PEZ) Y EL PESO EVISCERADO (G.) PARA LAS HEMBRAS HIDRATADAS DE JUREL MEDIANTE AJUSTE NO-LINEAL (N=66).	111
FIGURA 54. PROPORCIÓN EN QUE SE PRESENTAN LOS DISTINTOS ESTADOS DE MADUREZ HISTOLÓGICA EN LAS DISTINTAS SEMANAS DE MUESTREO.	113
FIGURA 55. HISTOGRAMA DE LA PROPORCIÓN DE FOLÍCULOS POSTOVULATORIOS (FPO) PARA HEMBRAS DE JUREL, EN CADA UNO DE LOS LANCES DE PESCA POR BARCO (M=MALLECO, T=TRICAHUE, V=VIKINGO, AR=ARAUCO I, SM = SANTA MARÍA, A=ANTARTIC)...	115
FIGURA 56. PROPORCIÓN SEXUAL DE HEMBRAS DE JUREL EN FUNCIÓN DE LA HORA DEL LANCE.	118
FIGURA 57. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE TALLAS DE JUREL A LOS QUE SE REALIZÓ ANÁLISIS DEL CONTENIDO ESTOMACAL.....	118
FIGURA 58. DENDOGRAMA DE SIMILITUD TRÓFICA EN JUREL, SEPARADOS POR GRUPOS DE TAMAÑO.	120
FIGURA 59. DENDROGRAMA DE SIMILITUD TRÓFICA EN JUREL, SEPARADO ENTRE AÑOS.	121
FIGURA 60. NÚMERO DE OBSERVACIONES EN EL SONAR POR CADA UBM.	123
FIGURA 61. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL DETECTADAS CON ECOSONDA, NOVIEMBRE DEL 2001.....	126
FIGURA 62. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL DETECTADAS CON SONAR, NOVIEMBRE DEL 2001.	127
FIGURA 63 DISTRIBUCIÓN DE LAS AGREGACIONES POR CLASE DE ABUNDANCIA. CRUCERO JUREL NOVIEMBRE 2001.	128
FIGURA 64. DISTRIBUCIÓN BATIMÉTRICA DE JUREL POR CLASE DE ABUNDANCIA Y TIPO DE AGREGACIONES, NOVIEMBRE DEL 2001.	129
FIGURA 65. INDICE DE PRESENCIA DE ECOTRAZOS (IPE) EXPRESADO POR EL NÚMERO DE AGREGACIONES POR MILLA NÁUTICA LINEAL TOTAL PROSPECTADO.	131
FIGURA 66. INDICE DE PRESENCIA DE ECOTRAZOS (IPE) EXPRESADO EN NÚMERO DE AGREGACIONES POR MN LINEAL, POR TRANSECTA PARA ECOTRAZOS REPORTADOS POR LOS ECOSONDA Y SONARES.	133
FIGURA 67. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (CLOA, NG/L) Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (°C), NOVIEMBRE DE 2001.	136
FIGURA 68. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA BIOMASA FITOPLANTÓNICA (CLOT, NG/L)	138

FIGURA 69. DISTRIBUCIÓN DE: A) ABUNDANCIA DE HUEVOS Y B) PRESENCIA DE ECOTRAZOS ACÚSTICOS DE JUREL. CRUCERO NOV. 1997.	139
FIGURA 70. DISTRIBUCIÓN DE: A) ABUNDANCIA DE HUEVOS Y B) PRESENCIA DE ECOTRAZOS ACÚSTICOS DE JUREL. CRUCERO DIC. 1998.	140
FIGURA 71. DISTRIBUCIÓN DE: A) ABUNDANCIA DE HUEVOS Y B) PRESENCIA DE ECOTRAZOS ACÚSTICOS DE JUREL. CRUCERO DIC. 1999.	141
FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN DE: A) ABUNDANCIA DE HUEVOS Y B) PRESENCIA DE ECOTRAZOS ACÚSTICOS DE JUREL. CRUCERO NOV. 2000.	142
FIGURA 73. DISTRIBUCIÓN DE: A) ABUNDANCIA DE HUEVOS Y B) PRESENCIA DE ECOTRAZOS ACÚSTICOS DE JUREL. CRUCERO NOV. 2001.	143
FIGURA 74. INDICES DE COBERTURA (IC) POR TIPO DE AGREGACIÓN, POR CLASE DE ABUNDANCIA DE ECOTRAZOS ACÚSTICOS Y POR PRESENCIA DE HUEVOS.	145
FIGURA 75. A) ÍNDICE DE COBERTURA TOTAL (IC) SEGÚN LA PRESENCIA DE HUEVOS Y B) RELACIÓN ENTRE EL IC TOTAL (%) Y EL ÍNDICE SINTÉTICO DE ÁREA DE ALTA DENSIDAD DE HUEVOS (IA) (%)	146
FIGURA 76. NÚMERO DE CLUSTERS SIMPLES Y COMPLEJOS POR CADA 10.000 MN ² (100 * 100 MN) EN LOS CRUCEROS DE NOV.1997, DIC.1998, DIC. 1999, NOV. 2000 Y NOV. 2001.	150

5. 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.

6. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Estimar índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio.
- b) Caracterizar la condición reproductiva de jurel en la zona de estudio y determinar el área de desove.
- c) Determinar y caracterizar la distribución espacial de las agregaciones de jurel en la zona de estudio.

7. ANTECEDENTES

7.1. Exposición general del problema

La pesquería del jurel ha estado sometida a regulaciones desde 1997, cuando una alta incidencia de juveniles se presentó en las capturas de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile. Las diversas medidas de administración han tenido por objeto minimizar el impacto de la intensidad por pesca sobre la fracción juvenil. Sin embargo, la incidencia de ejemplares de tamaño inferior a la talla mínima legal de 26 cm se ha mantenido hasta la actualidad. Es probable que un efecto combinado entre la intensa actividad pesquera desarrollada antes de 1997 y la manifestación de El Niño 1997-98 hayan determinado la situación actual del recurso (Arcos et al., 2001, Serra et al., 2001, Cubillos, 2001).

Con el objeto de minimizar la incertidumbre biológica, y con el objeto de disponer de indicadores independientes de la pesquería que permitan analizar la situación del recurso en el mediano plazo, el presente proyecto pretende evaluar los cambios de abundancia de huevos y larvas de jurel en la alta mar fuera de Chile centro-sur durante el período de desove.

Para estos efectos, la industria pesquera de la zona centro-sur de Chile ha contribuido con la participación de naves industriales, abordo de las cuales se desarrollan la toma de muestras biológicas y de datos oceanográficos, así como de registro de los instrumentos de detección del recurso, de tal forma que durante un período corto de tiempo se pudiera disponer de una evaluación casi instantánea de la abundancia de huevos y larvas de jurel.

En este marco de referencia, 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. La extensión y localización de los núcleos de desove en esta área, son principalmente moduladas por la distribución de masas de agua con temperaturas características (entre 15 y 18°C), las que manifiestan desplazamientos interanuales según se registren períodos fríos o cálidos en este sistema.

7.2. Hipótesis de trabajo

7.2.1. Con respecto a la distribución y zonas de producción de huevos:

Se considera que el área de desove principal de jurel está 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. La hipótesis de trabajo se basa en 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 (entre 15 y 18°C), que manifiestan desplazamientos interanuales según se registren períodos fríos o cálidos en este sistema o bien por la intensificación o no de la Corriente de Deriva del Oeste.

7.2.2. Con respecto a la distribución y agregaciones del recurso

La hipótesis sobre la distribución del jurel y su condición reproductiva sostiene que el jurel al desovar forma agregaciones de baja densidad. Las áreas de desove están condicionadas por rasgos ambientales, por lo que las agregaciones formadas por el jurel durante la fase reproductiva no son susceptibles de ser capturadas con redes de cerco y son de difícil detección por los equipos acústicos empleados de manera convencional.

7.3. Antecedentes sobre la distribución de huevos y larvas de jurel en alta mar

En 1998 se prospectó en menos de 7 días y con 5 naves industriales de manera casi-sinóptica un área total de 831.954 km². Esto permitió caracterizar importantes núcleos de desove del recurso. La extensión del máximo núcleo de desove registrado en diciembre de 1998 permite suponer la existencia de una importante área de congregación de recurso en su fase reproductiva. Este antecedente, más estimaciones de producción anual de huevos por parte de estudios rusos sugieren la posibilidad de que la fracción desovante de la población pueda ser estimada a partir de la producción de huevos en esa región y a su vez se logre disponer de un índice de abundancia de esa fracción.

En 1999 se efectuaron 2 cruceros de prospección. Entre los días 15 y 30 de noviembre de 1999, se efectuó un primer estudio utilizando 9 naves industriales, las que prospectaron el área de mar entre los 75° W hasta los 91° W a lo largo de 18 transectas separados cada 18 millas náuticas entre sí y dispuestos entre los 33°06' y 38°12' S. El primero de estos cruceros permitió cubrir una extensa zona de desove del recurso, lográndose un total de 750 estaciones planctónicas. El segundo crucero se realizó manteniendo exactamente las condiciones de operación y equipamiento de muestreo del primer crucero, utilizando 6 embarcaciones de la flota regional y fue realizado entre los días 15 y 20 de diciembre. El área cubierta fue de 380.000 km² y se efectuó un total de 363 estaciones de muestreo, sin lograr lances de pesca de cerco para la obtención de ejemplares adultos.

En el 2000, entre los días 24 de noviembre y 5 de diciembre de 2000, se realizó un crucero en el que participaron 13 naves de la flota industrial de cerco de la Octava Región.

De éstas, 10 embarcaciones realizaron un muestreo de estaciones de plancton dispuestas a lo largo de 20 transectas que estuvieron dispuestos con una separación de 18 millas náuticas entre los 32°06' y 37°48'S. Este crucero cubrió una extensa zona, en la cual se colectaron 880 muestras planctónicas. Se determinó una densidad media de 444,2 huevos en 10 m² considerando el total de estaciones. La cobertura de estaciones positivas fue de 75% (660 estaciones positivas), y en éstas la densidad media fue de 592,2 huevos en 10 m². La densidad promedio fue inferior al crucero de noviembre de 1999 (772,6 huevos en 10 m² en las estaciones positivas). Se consideró que la distribución de huevos de jurel fue cubierta por el crucero, situación que también ocurrió con la distribución de las larvas.

Estos antecedentes, más las estimaciones realizadas de la producción anual de huevos por parte de [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. Esta estimación tendría un origen independiente de la pesquería que se desarrolla próxima a las costas de Chile centro-sur, y podría constituirse en un indicador o calibrador de la abundancia del recurso de manera directa e independiente.

7.4. Antecedentes sobre el comportamiento y distribución espacial de las agregaciones de jurel en alta mar

[Grechina \(1998\)](#) describe la distribución espacial y la ecología del jurel de alta mar en el Pacífico sur. En la zona centro-sur de Chile, se han efectuado varios cruceros hidroacústicos y de ecoprospección en la década de los años 90. Los resultados indican que el recurso jurel presenta desplazamientos variables en el área de estudio, tanto interanual como intranual. El patrón general de comportamiento del jurel indica que en primavera el recurso tiene un desplazamiento del este hacia el oeste y en dirección sur-oeste en el área sur prospectada. A fines del verano el jurel presenta el movimiento desde el oeste hacia el este y desde el sur del área de estudio hacia el norte-este, para concentrarse en invierno en sectores costeros. En primavera el recurso presenta una distribución oceánica intermedia, mientras que en verano la distribución es oceánica de altura y una fracción se distribuye hacia el sur frente a la isla de Chiloé, lo que puede ser reflejo de una componente estacional (existen indicios de capturas de jurel en el verano en la zona de Chiloé). En invierno el jurel presenta una

posición más costera (Barbieri *et al.* 1998a). Según Storozhuk *et al.* (1994), en el ciclo anual del jurel se pueden caracterizar períodos donde existe un claro predominio de la actividad de desove entre los meses de noviembre a febrero–marzo.

En la temporada en que el jurel se encuentra cerca en la costa (fines de otoño e inicios de invierno) el jurel tiene una distribución más somera en la columna de agua, cubriendo entre la superficie y los 230 m de profundidad, y donde entre el 39 y el 90 % del jurel se encuentra entre la superficie y los 100 m de profundidad. En primavera y fines de verano, el jurel presenta una distribución más oceánica, encontrándose ampliamente distribuido en la columna de agua hasta los 300 m de profundidad, donde 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 y en verano (Barbieri *et al.* 1998).

Para estudiar la distribución del jurel oceánico en la zona central de Chile en primavera, se han efectuado siete cruceros: dos cruceros de eointegración (1991 y 1992) y cuatro cruceros de ecoprospección (1997, 1998, noviembre y diciembre de 1999) (Serra *et al.*, 1994; Barbieri *et al.*, 1998, 1999; Sepúlveda *et al.* 2001; Cubillos *et al.*, 2002). Los primeros cruceros se realizaron a bordo del B/I Abate Molina, mientras que los segundos a bordo de embarcaciones de la flota industrial que opera en la pesquería del jurel en la zona centro-sur. Además, en el crucero de 1997 simultáneamente con la ecoprospección se efectuó eointegración en las áreas de abundancia con el B/I Abate Molina.

Los resultados señalaron que los índices de cobertura (IC), que indica el área de ocupación del recurso, y de densidad (ID) como la distribución batimétrica del jurel presentan variabilidad intra e interanual. Sin embargo, muestran una clara estacionalidad, los IC e ID son más altos, en el sector costero hacia fines de otoño e inicios del invierno (meses de mayo junio) y bajos en primavera (Barbieri *et al.* 1998).

En las evaluaciones hidroacústicas, que se efectuaron en el área oceánica en las primaveras de 1991 y 1992, se estimaron IC de 14,85 y 29,69 % respectivamente (Serra *et al.*, 1994). En las primaveras de 1997, 1998 y diciembre de 1999 eran de 15,99; 1,98 y 14,72 % respectivamente. En primavera de 1991 y 1997 –en que se manifestaron las fases precursoras del fenómeno de El Niño en el océano Pacífico de 1992 y 1998–, se observó que existen índices de cobertura similares (14,85 y 15,99 %, respectivamente), mientras que el

índice de primavera de 1998 fue el más bajo de la serie histórica. Los resultados indicaron que la disponibilidad del recurso jurel había disminuido en el área, pero cabe señalar que este resultado pudo verse influenciado por el diseño de la prospección debido a que las transectas estaban distanciadas cada 75 millas náuticas (Barbieri *et al.* 1999).

En la primavera de 1991 el jurel se presentó en dos dorsales, una situada desde 100 millas náuticas de la costa en el área norte (36° S) y 200 millas náuticas en el área sur (40° – 41° S) y la otra situada al oeste, paralela y a 100 millas náuticas de la anterior. En la primavera de 1992, el recurso se encontraba más ampliamente distribuido en la zona de estudio con una vasta distribución al sur de los 37° S, y con clara proyección fuera del área prospectada. Esta amplia distribución, en 1992, se refleja en el alto índice de cobertura que alcanzó el jurel, de 29,69 % (Serra *et al.* 1994).

En la primavera de 1997, el jurel se encontró distribuido preferentemente entre los 36° y $37^{\circ}30'$ S, desde 120 hasta 300 millas náuticas de la costa. Además desde los $39^{\circ}30'$ hasta los 40° S se ubicó entre las 180 y las 300 millas náuticas de la costa. En la primavera de 1998 la distribución del jurel se presentó en forma de cuña, con la base en la latitud 33° S, desde 100 millas náuticas de la costa hasta el oeste del archipiélago de Juan Fernández y el vértice localizado en 37° S. A su vez, se presentó una distribución más oceánica entre los $35^{\circ}30'$ y $36^{\circ}30'$ S (Barbieri *et al.* 1998). En diciembre de 1999 el recurso jurel se encontró ampliamente distribuido en el área prospectada, los ecotrazos de categoría buena (con una captura esperada superior a 200 t) se presentaron en el área situada entre los 35° y $37^{\circ}10'$ S y $76^{\circ}20'$ y $81^{\circ}30'$ W.

Respecto de la morfología de las agregaciones, en la primavera de 1997 el recurso se encontraba disperso, y sólo en el 5,3% de las observaciones positivas (con presencia de jurel) se presentaron agregaciones tipo cardumen, y formando pequeñas macro estructuras que no superaban 3 millas náuticas. Este valor es similar al de primavera de 1991 (5 %) y más alto que el encontrado en primavera de 1992 donde sólo alcanzó el 3,45 %.

En primavera 1997, el ancho promedio de las agregaciones fue de 79,9 m, mientras que a fines de verano de 1998 fue de 48,2 m. Por otro lado, se puede señalar en general, que en los cruceros se observó un bajo número de focos con autocorrelaciones significativas y que el tamaño de las macroestructuras fue pequeña (0,5 a 3 millas náuticas). Esto difiere de lo encontrado en los cruceros de primavera de 1991 y 1992, donde el rango de las

macroestructuras varió entre 2 – 18 y 2 – 14 millas náuticas, respectivamente (Barbieri *et al.* 1998). Estos resultados indican que las agregaciones espaciales en el crucero de primavera de 1997 y fines del verano de 1998 no difieren entre sí, pero son más pequeñas que las encontradas en los años 1991 y 1992, además indican que las concentraciones de jurel tienen un tamaño pequeño.

En diciembre de 1999 se observa una alta participación de la categoría de ecotrazos del tipo disperso con un 5,13 % y con una presencia de 0,038 agregaciones por milla náutica, mientras que la participación más baja corresponde a la categoría cardúmenes con 0,021 agregaciones por milla náutica. Asimismo se observa que la participación de las agregaciones más compactas, que son los tipos cardumen, disminuyen su presencia en el sentido longitudinal, desde la costa hacia sectores más oceánicos. Esta misma tendencia la presentan las agregaciones tipo buena (captura esperadas mayor a 200 t). Asimismo en diciembre de 1999 en las áreas de presencia de huevos de jurel y presentan agregaciones de tipo disperso de la categoría mala. En el año 2000 se encontró un bajo índice de cobertura.

8. METODOLOGIA DE TRABAJO

8.1. Período y área de estudio

Con el objeto de evaluar la condición biológica del recurso jurel en regiones oceánicas frente a Chile, y particularmente durante la época de mayor actividad reproductiva, se planificó un crucero entre el 18 y 30 de noviembre de 2001.

La selección del área y período de estudio se basó en investigaciones previas (Sepúlveda et al., 2001, Cubillos et al., 2002) que señalan que durante noviembre existe una mayor probabilidad de encontrar agregaciones desovantes de jurel a distancias de entre 200 y 1200 millas náuticas de la costa, frente a Chile centro-sur.

De acuerdo con la hipótesis planteada y los argumentos contenidos en la Oferta Técnica, los límites norte y sur del área de estudio se delimitaron considerando la ubicación espacial de las isotermas de 17 – 18° C por el norte, y 14 –15° C por el sur. Los resultados del FIP 99-14 (Sepúlveda et al., 2001) y FIP 2000-10 (Cubillos et al., 2001) indican claramente que en temperaturas superficiales (TSM) menores de 14° C prácticamente no hay presencia de huevos de jurel, situación que también se verificó en este estudio. La carta de temperatura de días previo al crucero acusó condiciones frías extremas, con una clara dominancia de aguas con temperatura menor o igual a 14° C al sur de los 35° S. En este sentido el área de estudio fue definida por la distribución de la TMS, por la distancia entre transectas, y por el número de naves disponibles para desarrollar el crucero.

8.2. Diseño de muestreo

Se contó con nueve naves para desarrollar el crucero. En términos administrativos, se contó con las correspondientes autorizaciones por parte de la Subsecretaría de Pesca para operar bajo la modalidad de pesca de investigación, de acuerdo a lo establecido en el punto 5.2.5 de los términos básicos de referencia del proyecto. Cabe señalar que no se inscribieron naves con red de media agua para participar en el crucero.

Las embarcaciones participantes y el personal responsable de las actividades de muestreo que fue asignado a cada nave se resumen en la **Tabla 1**, incluyéndose además la fecha de operación. En la **Tabla 2** se resume la posición geográfica de las transectas de ida y de retorno de la grilla de muestreo, en tanto que la grilla de estaciones realizadas se presenta en la **Figura 1**.

Tabla 1. Listado de naves participantes y personal embarcado (cruce 2000).

PAM	Personal	CTD	Lupa	Institución
1. Tricahue	Hernán Patricio Rebolledo Fernández Cristian Ramiro Villouta Vergara Andrés Enrique Ruiz Minio		Lupa	Inpesca Udec IFOP
2. Cacique I	Robinson Roberto Torres Valenzuela Carolina Andrea Alarcón Muñoz Carlos Manuel Concha Palza		Lupa	Inpesca Inpesca IFOP
3. Malleco	Carlos Eduardo González Ayamante(*) Gustavo Alonso Moraga Cid Gustavo Alejandro Pereira Hernández	CTD	Lupa	Inpesca Udec IFOP
4. Huachinango	Gonzalo Andrés Padilla Fernández German Enrique Bravo Mellado Roberto Andrés Escobar Henríquez			Inpesca Inpesca IFOP
5. Santa María II	Roberto Alexis Torres Dávila Erik Bernardo Daza Valdebenito Rodrigo Eduardo Muñoz Herrera	CTD		Inpesca Udec Ifop
6. Antartic	Patricia Del Carmen Ruiz Opazo Doris Antonieta Bucarey Sepulveda Claudio Andrés Pino Inostroza Marcelo José Candia Oyarce		Lupa	Inpesca Inpesca Inpesca Ifop
7. Arauco I	Francisco Javier Contreras Mejías Igor Horacio Stack Lara Jairo Aaron Alvarez Pedreros			Inpesca Udec IFOP
8. Vikingo	Francisco Alejandro Gómez Ramos Claudio Esteban Gatica Molina Cristian Orlando Pedreros Alonso		Lupa	Inpesca Udec IFOP
9. Panilonco	Alicia Irene Gallardo Gómez Eduardo Emiliano Navarro Vallejos Alvaro Garrido Melo	CTD		Inpesca Udec IFOP

(*) Jefe de Crucero

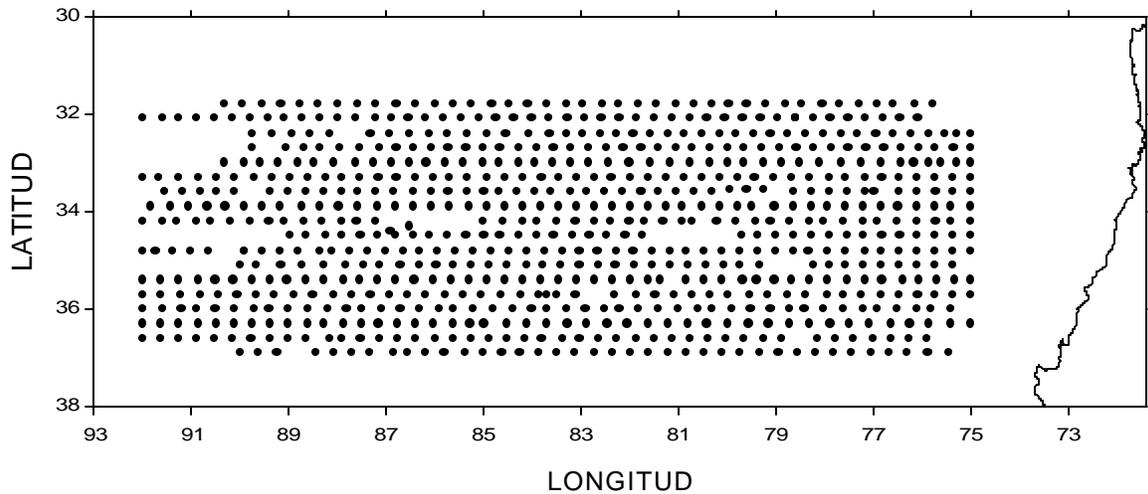


Figura 1. Grilla de estaciones realizadas durante el crucero FIP 2001-12, entre el 18 y 30 de noviembre de 2001.

Tabla 2. Transectas de inicio y de retorno asignadas a los barcos participantes proyecto FIP 2001-12.

Transecta	Posición inicial(*) Latitud	Posición de retorno		Barco
		Latitud	Longitud	
1		31°48'S	90°20'W	Cacique
2		32°06'S	92°00'W	Malleco
3		32°24'S	89°44'W	Tricahue
4	32°42'S			Tricahue
5	33°00'S			Cacique
6	33°18'S			Malleco
7	33°36'S			Huachinango
8	33°54'S			Sta. María II
9	34°12'S			Antartic
10	34°30'S			Arauco
11	34°48'S			Vikingo
12	35°06'S			Panilonco
13		35°24'S	92°00'W	Huachinango
14		35°42'S	92°00'W	Sta. María II
15		36°00'S	92°00'W	Antartic
16		36°18'S	92°00'W	Arauco I
17		36°36'S	92°00'W	Vikingo
18		36°54'S	90°00'W	Panilonco

(*) La longitud de inicio se localizó en los 75°W para todas las transectas, y también como punto final de retorno.

8.2.1. Diseño y número de estaciones de muestreo

El diseño que ha demostrado ser más adecuado para este tipo de estudio es el de transectas rectilíneas, los cuales fueron dispuestos sistemáticamente con una separación de 18 millas náuticas. Esta separación permite una buena estrategia de búsqueda de las agregaciones de recurso y también permite lograr una cobertura meridional adecuada de las naves participantes. Longitudinalmente, se optó por cubrir el área de mar existente desde los 75° hasta 92° W, lo que implica 18 transectos de más de 850 millas náuticas de longitud. Latitudinalmente, las transectas totales cubrieron desde 31°48' hasta 36°54'S (**Figura 1**).

A lo largo de cada transecto se dispusieron estaciones de muestreo de ictioplancton cada 18 millas náuticas. Esta disposición sistemática de las estaciones de muestreo y las coordenadas correspondientes fueron ingresada en los sistemas “plotter” de cada una de las embarcaciones, equipo que se encontraba conectado tanto al navegador satelital como a la corredera, girocompás y piloto automático.

La estrategia de operación contempló que las nueve naves iniciaran su recorrido cubriendo el área central de distribución de huevos de jurel, para luego en forma adaptativa decidir el número de naves que retornarían completando las transectas ya sea por el norte o sur del área inicialmente prospectada. Para tomar esta decisión también se tomó en cuenta la autonomía de las naves en términos de cantidad de combustible y aprovisionamiento de agua dulce.

El diseño permitió que tras la observación de indicadores de abundancia o presencia de huevos obtenidos a bordo, durante el crucero, y con el apoyo de las imágenes satelitales provistas por el Programa Sinóptico del Instituto de Investigación Pesquera, el jefe de crucero, a bordo del PAM Malleco, evaluara antecedentes para decidir hacia que región dedicar un mayor esfuerzo de muestreo.

Los antecedentes disponibles para el jefe de crucero fueron: (i) la temperatura superficial del mar tomada a bordo, (ii) cartas satelitales disponibles antes y durante el crucero, (iii) la presencia de marcas de recurso en los equipos acústicos; y (iv), la abundancia relativa de huevos de jurel presentes en cada estación de muestreo. Esto último, consideró el conteo de una submuestra de las muestras de plancton que fueron tomadas en

ocho de las embarcaciones participantes. Personal asignado a estas naves tenía la experiencia necesaria para el reconocimiento de estados tempranos de jurel, y contó con estereomicroscopios para clasificar la abundancia de huevos en cuatro categorías, i.e.

Clasificación	N° de huevos	N° Promedio (en 3 submuestras de 100 ml)
Ausencia	0	0
Poco abundante	1-5	1
Abundante	6-20	2-4
Muy abundante	> 20	> 4

Se instó a que todas las naves participantes estuviesen provistas de redes de cerco y operativas como para obtener muestras de ejemplares de jurel para evaluar la estructura de tallas del recurso y disponer a su vez de muestras de ejemplares para análisis de fecundidad y de contenido estomacal en el laboratorio (ver más adelante).

8.2.2. 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 WP2 de 303 μ de abertura de poro. Todas las redes fueron confeccionadas utilizando las mismas medidas de abertura de boca (0,6 m de diámetro), número de porciones de red filtrante, longitud de éstas y 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 % tamponada con bórax. A partir de este diseño sistemático de muestreo se obtuvo un total de 660 muestras de plancton.

a) Determinación de la distribución vertical de huevos y larvas

En la Oferta Técnica se estipuló la participación de al menos diez naves industriales, de las cuales 2 de ellas debían contemplar operación con redes de media agua. Estas naves serían utilizadas tanto para realizar pesca de adultos como para realizar los lances

planctónicos estratificados, ya que dichas naves con un mayor poder de autonomía podrían fácilmente movilizarse al interior del área de estudio y visitar *a posteriori* las zonas con mayor distribución de huevos detectada *in situ* durante la primera fase de transectas (track de navegación de ida, hacia el océano). Lamentablemente, en la convocatoria de pesca de investigación no se inscribió ninguna nave con red de pesca de media agua para adjudicarse la licitación de la pesca de investigación, y solamente se contó con nueve naves para realizar el crucero.

El hecho de no contar con las dos naves adicionales determinó un cambio en el diseño de muestreo para los lances estratificados. Se consideró que solamente en una de las naves (PAM Malleco) se realizara lances de plancton estratificados en áreas de alta abundancia de huevos, durante el track de navegación de regreso. Se consideró una ventaja hacer el muestreo durante el track de regreso debido a que se podría saber en el track de ida las estaciones (zonas) con mayor abundancia de huevos.

El track de ida del PAM Malleco se realizó por los 33°18' S, y se constató presencia de huevos de jurel a partir de los 82° W. No obstante, el track de regreso fue realizado por los 32°06' S no encontrándose huevos de jurel durante gran parte de la transecta (**Anexo II**). Ello imposibilitó la realización de los lances estratificados, pues ante la virtual ausencia de huevos el Jefe de Crucero evaluó la situación y consideró que las posibilidades de éxito de la actividad eran nulas, además implicaba incrementar el presupuesto de tiempo al doble por tener que realizar 1 lance estándar cuantitativo, y otros dos para muestrear los cuatro estratos. Para verificar este aspecto, se probó un lance estratificado que resultó ser negativo muestreándose solamente larvas en los dos primeros estratos (**Anexo II**).

8.2.3. Muestreo Oceanográfico

En cada una y todas las estaciones de muestreo, la temperatura superficial del mar se midió con termómetros digitales. A su vez, tres de las nueve naves participantes fueron equipadas con sondas oceanográficas marca CTDO Seabird 19 SEACAT SBE 19-01 Serie 1916756 y CTD Sensor Data MINICTD Model SD-202 Serie 225 de la Universidad de Concepción, y CTD AML del Instituto de Investigación Pesquera. En las estaciones situadas sobre los transectos N° 2 (32°06' S), N° 6 (33°18' S), N° 8 (33°54' S), N° 12 (35°06' S), N° 14 (35°42' S), y N° 18 (36°54' S), se realizaron lances verticales para el

registro continuo de temperatura, salinidad mediante las sondas oceanográficas CTD hasta un máximo de 100 m de profundidad, estrato coincidente con los arrastres verticales para la evaluación de huevos de jurel. La ubicación de las estaciones en que se midió perfiles con CTD se muestra en la **Figura 2** Como se observa de esa figura, el CTD a bordo de la embarcación Santa María no midió en gran parte del transecto océano–costa.

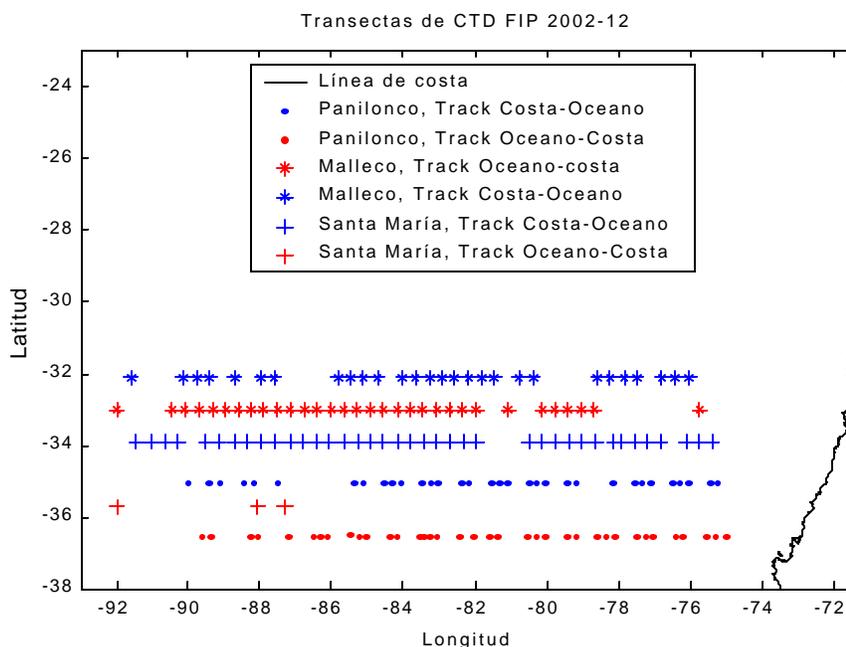


Figura 2. Posiciones de las estaciones con CTD durante el crucero.

Los datos de los tres CTD fueron inter-calibrados a partir de lances consecutivos hechos con cada CTD, en un experimento de control realizado con posterioridad al crucero, frente a Dichato, en aguas de 90 m de profundidad.

Usando los perfiles verticales obtenidos con los CTD, se revisó los datos de cada perfil vertical, y se procedió a homogeneizar la data según funciones matemáticas (polinomios) obtenidos de la intercalibración. Luego se obtuvo cortes horizontales y verticales de temperatura y salinidad mediante interpolación con un método Kriging.

A partir de los perfiles de CTD se obtuvo, para cada perfil vertical, la profundidad de mezcla, mediante inspección simple de los perfiles. A fin de tener otro descriptor de mezcla, se calculó también para cada perfil la estratificación, dada por

$$\Phi = g \int_{h_1}^{h_2} [\rho(z) - \bar{\rho}] z dz,$$

donde ρ es densidad del agua, y $\bar{\rho}$ es el promedio de la densidad entre las profundidades h_1 y h_2 .

8.2.4. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar

Se obtuvo una imagen satelital en formato HRPT del satélite meteorológico NOAA 14 en la estación receptora satelital Smartrack Profesional del Instituto de Investigación Pesquera, en Talcahuano. La imagen cruda fue exportada al software ERDAS Imagine, donde fue georeferenciada y submuestreada para el área de interés. Posteriormente y utilizando los algoritmos correspondientes se obtuvo una imagen de la temperatura superficial del mar, georeferenciada (en °C), aplicando una máscara para las nubes y la costa. Esta imagen posee una sensibilidad térmica de 0,1 °C y una resolución espacial de 1,1 km de arista, aproximadamente.

8.2.5. Campos de temperatura superficial del mar interpolados de varias fuentes

Se utilizó distribuciones semanales de temperatura superficial del mar (TSM) obtenidos por el proyecto IGOSS NMC a partir de temperaturas medidas desde satélites, boyas y buques. Estos datos tienen una resolución espacial de un grado de longitud y un grado de latitud. En el presente estudio se usó las TSM de 19 años (1982 – 2000) para obtener campos promedios y sus desviaciones estándar, a fin de compararlas con las TSM correspondientes a las semanas de los cruceros del proyecto.

8.2.6. Campos de vientos obtenidos mediante escaterómetro

Se utilizó datos de viento superficial sobre el océano, obtenidos mediante el escaterómetro Quikscat. Los campos de viento corresponden a valores diarios, de una resolución espacial típica de 0,25 grados de longitud y de latitud. A partir de los datos diarios se obtuvo series de tiempo para las latitudes de los transectos con CTD.

8.2.7. Datos de viento costero

Se obtuvo vientos cada una hora en una estación meteorológica costera, ubicada en Talcahuano. Los vientos fueron promediados diariamente para permitir una comparación con los vientos de escaterómetro, medidos mar adentro en la zona de las transectas.

8.3. Biomasa fitoplanctónica

Se obtuvo muestras superficiales de agua de mar cada una hora. La muestra fue filtrada *in situ* utilizando un portafiltro (Swinnex) Millipore de 25 mm de diámetro y filtros de fibra de vidrio de 1,4 μm de tamaño nominal de poro. La muestra fue almacenada en frío (ca 4 °C) hasta su llegada a puerto en donde fue congelada a -20 °C hasta su análisis.

El análisis de las muestras para la cuantificación de la clorofila total se encuentra en proceso, y será realizada con un fluorómetro Turner Designs modelo 10AU, siguiendo el protocolo analítico descrito por [Parsons et al. \(1984\)](#).

La temperatura superficial fue medida utilizando termocuplas marca Hanna, modelo checktemp1, cada termocupla (diez en total) fue calibrada en un baño termoregulado y comparada contra un termómetro de mercurio de vidrio, previamente calibrado. De esta manera los registros de temperatura fueron corregidos utilizando la curva de calibración de cada termocupla.

8.4. Huevos y larvas de jurel

8.4.1. Abundancia de huevos y larvas

En el laboratorio, las muestras planctónicas fueron analizadas en forma completa, separando y contando huevos y larvas de jurel desde la muestra total y separando tanto huevos como las larvas de otras especies de peces para su posterior identificación y recuento.

La densidad de huevos y larvas de jurel se estandarizó a número de individuos para una unidad de área estándar de 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 se utilizó 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 una estimación de volumen. 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, i.e.

$$C = 10 * \frac{d}{w} * c \quad (1)$$

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

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

$$d = \cos \mathbf{a} \cdot (L_0) \quad (2)$$

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

El volumen de agua filtrado (w) se calculó por

$$w = Q * t \quad (3)$$

donde Q es el volumen de agua filtrado por unidad de tiempo (m³×s⁻¹), y t es el tiempo empleado en el arrastre (s). El valor de Q se calculó por

$$Q = V * A \quad (4)$$

donde V es la velocidad de arrastre de la red expresada en m×s⁻¹, y A es el área de la boca de la red (m²).

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 6.0.

8.4.2. Índices de abundancia de huevos y larvas

Con propósitos comparativos, se consideró los siguientes índices para la abundancia de huevos y larvas de jurel.

a) Densidad promedio

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

$$\hat{D} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (5)$$

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:

$$\hat{V}(\hat{D}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (d_i - \hat{D})^2 \quad (6)$$

b) Densidad promedio en estaciones positivas

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

$$\hat{D}_{pos} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{pos}} d_{i_{pos}}}{n_{pos}} \quad (7)$$

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

$$\hat{V}(\hat{D}_{pos}) = \frac{\sum_{i=1}^{n_{pos}} (d_{i, pos} - \hat{D}_{pos})^2}{n_{pos}(n_{pos}-1)} \quad (8)$$

c) Estimador Finney-Sichel (FS)

Para considerar la distribución espacial de la densidad promedio de huevos y larvas de jurel, se utilizó 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 & Conquest, 1993](#)), y viene dada por:

$$FS = \left(\frac{m}{n}\right) \exp(\bar{Y}) Gm(x) \quad (9)$$

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

$$Gm(x) = 1 + \frac{(m-1)x}{m} + \frac{(m-1)^3 x^2}{2! m^2 (m+1)} + \frac{(m-1)^5 x^3}{3! m^3 (m+1)(m+3)} + \frac{(m-1)^7 x^4}{4! m^4 (m+1)(m+3)(m+5)} + \dots \quad (10)$$

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:

$$Var(FS) = \left(\frac{m}{n}\right) \exp(2\bar{Y}) \left[\left(\frac{m}{n}\right) Gm^2 - \frac{(m-1)}{(n-1)} Gm \frac{(m-2)2x}{(m-1)} \right] \quad (11)$$

8.5. Relación entre huevos y larvas y la temperatura superficial del mar

Para identificar la asociación entre la abundancia de huevos y larvas de jurel y las variables ambientales se utilizó el enfoque propuesto por [Perry y Smith \(1994\)](#) y [Perry et al. \(1994\)](#). En primer lugar, se calculó la distribución de frecuencia acumulada relativa (FRA) para la variable ambiental (i.e. temperatura superficial del mar). Posteriormente, se calculó la frecuencia acumulada relativa de la temperatura superficial multiplicada por la densidad de huevos o larvas (FRAD).

La comparación de la FRA con la FRAD entrega evidencia si los huevos y larvas de jurel están asociadas o disociadas con la variable ambiental. Si la densidad de huevos o larvas esta distribuida al azar con respecto a la variable ambiental, entonces las dos curvas tendrán pendientes similares y no serán significativamente diferentes. En contraste, si la densidad de huevos o larvas están asociadas a un rango particular de la variable ambiental la pendiente de la FRAD debiera ser más pronunciada que aquella pendiente de la FRA. Lo contrario es válido para el caso de rechazo a un rango ambiental.

La FRA de la temperatura superficial del mar fue calculada mediante

$$f(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_i) \quad (12)$$

con la función indicadora

$$I(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{si } x_i \leq t; \\ 0, & \text{de otro modo} \end{cases} \quad (13)$$

donde t representa un índice que presenta un rango desde el menor al más alto valor de temperatura superficial del mar con un tamaño de intervalo apropiado para la resolución

deseada. En este caso el tamaño de intervalo seleccionado fue 0,1 °C. Con n igual al número total de lances planctónicos y x_i es la temperatura superficial del mar dentro del rango t en el lance planctónico i ($i = 1, \dots, n$).

Las FRAD se calcularon utilizando

$$g(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} I(x_i) \quad (14)$$

donde y_i es la variable de densidad específica en el conjunto i dentro del rango t de la variable ambiental (*i. e.* temperatura superficial del mar), \bar{y} es la abundancia media de larvas o huevos del jurel.

Finalmente, se utilizó el método de [Perry y Smith \(1994\)](#) para determinar la fortaleza de la asociación entre la densidad de huevos o larvas de jurel y la temperatura superficial del mar a través de la evaluación del grado de diferenciación entre las curvas $g(t)$ y $f(t)$. Para determinar la significancia estadística (P) de la diferencia entre las curvas, se calcula la máxima distancia vertical absoluta entre $g(t)$ y $f(t)$ de la siguiente manera:

$$\max_{\forall t} |g(t) - f(t)| = \max_{\forall t} \left| \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \bar{y}}{\bar{y}} \right) I(x_i) \right| \quad (15)$$

y su probabilidad, bajo la hipótesis de una relación al azar entre ambas curvas, es evaluada a través de una distribución de frecuencia producida mediante bootstrap para el estadístico de esta última ecuación ([Crowley, 1992](#)). Después de determinar la diferencia máxima absoluta entre las dos curvas (s), se procedió a compararla con la distribución de la diferencia absoluta máxima de más de 2000 repeticiones de remuestreo bootstrap para la abundancia de larvas y huevos de jurel y de la variable ambiental con probabilidad $1/n$.

8.6. Producción de huevos

8.6.1. Experimentos de incubación de huevos

El PAM Antarctic fue equipado para realizar la actividad de incubación de huevos con el objeto de determinar el tiempo de desarrollo de los huevos en función de la temperatura. Para ello se instaló a bordo de la nave el sistema de incubación que consiste en:

- a) **Incubadores:** Recipientes de 20 L de capacidad, de boca ancha, que contienen agua de mar 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. Se intentó trabajar con tres incubadores a temperaturas de 14, 16 y 18 °C.
- b) **Sistema de refrigeración:** cuya 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.

Para lograr resultados confiables es necesario contar con un número importante de huevos de jurel en alguna de sus fases de desarrollo temprano, para ello cada vez que se realizó un lance de plancton, la muestra colectada fue observada bajo lupa para verificar la presencia de huevos con algunas de las características de su desarrollo. Una vez encontrados éstos deben ser 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.

Lamentablemente, no se pudo contar con un número suficiente de huevos de jurel pues los estadios tempranos fueron escasamente observados en las muestras colectadas a

bordo del PAM ANTARCTIC, tanto en la transecta de ida como en la de regreso. Por otra parte, es importante señalar que hubo malas condiciones de tiempo que acompañaron la primera etapa del crucero (transecta de ida), lo que dificultó la observación adecuada del material colectado en los lances de plancton. Además, esta condición desfavorable provocó siempre una continua inclinación de la embarcación que a su vez generaba un vaciamiento del agua de los incubadores, situación que ponía en riesgo la operación de los termorreguladores, ya que estos quedaban trabajando al vacío. En la transecta de regreso, si bien las condiciones de tiempo mejoraron, las muestras observadas carecían de un número suficiente de huevos para ser incubado.

8.6.2. Modelo para asignar la edad a los huevos

Aunque en el presente crucero no se pudo realizar los experimentos de incubación a las temperaturas de 14, 16 y 18 °C, se cuenta con un modelo generalizado que permite obtener la edad promedio en función del estadio y la temperatura, i.e.

$$Y_{D,T} = 1,744 * \exp(-0,056 * T - 0,185 * D) * (D)^{2,671} \quad (16)$$

donde $Y_{D,T}$ es la edad promedio (horas) del estadio D a la temperatura T ($R^2 = 0,954$; $p < 0,05$). 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. No obstante, se debe señalar que el rango de edades teóricas extrapoladas parecen ser bastante razonables.

8.6.3. Hora del desove y corrección de la edad

Se consideró que la hora del desove ocurre a las 23:30 h (Cubillos et al., 2002). La edad asignada por el modelo de desarrollo temperatura-estadio dependiente fue corregida siguiendo la metodología de Lo (1985), quien recomienda corregir la estimación de la edad al tiempo de la colecta de huevos considerando un tiempo cero que corresponde a la hora del desove. La edad en horas de los huevos clasificados en estadios de cada estación se

calculó con la Ecuación (16), mientras que la corrección considera un ajuste por la fracción del día desde la hora del desove hasta la colecta. Para ello, se utilizó:

$$Y_{D,T,k} = Y_{D,T} + k - f \quad (17)$$

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 desiciones de corrección según la hora de colecta son:

$$Y_{D,T,k} = \left[\begin{array}{l} k < (f - g) \Rightarrow y_{D,T} - g \\ (f - g) < k < (f + g) \Rightarrow y_{D,T} + k - f \\ (f + g) < k \Rightarrow y_{D,T} + g \end{array} \right] \quad (18)$$

donde g es el doble de la desviación estándar de la edad dentro de cada estadío. La variable edad fue considera en una escala continua en días, ya que se utilizó para estimar la producción diaria de huevos.

8.6.4. Producción diaria y mortalidad de huevos

De acuerdo con [Picquelle y Hewitt \(1982\)](#), la producción diaria de huevos en el mar es el número de huevos promedio desovados por noche, 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 producción diaria de huevos, P_0 , y su varianza, fue estimada de acuerdo con el siguiente modelo de mortalidad:

$$P_{t_{ij}} = P_0 \exp(-Zt_{ij}) + \mathbf{e}_{ij} \quad (19)$$

donde $P_{t_{ij}}$ es el número de huevos (huevos por unidad de área, m^2) a la edad t del i -ésimo estadío en la j -ésima estación, t_{ij} es la edad en días estimada para los huevos del estadío i en la estación j , P_0 es la producción diaria de huevo en una unidad de área (m^2), Z es la tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos, y \mathbf{e}_{ij} es un término de error aditivo.

El modelo asume que todos los huevos son fertilizados y desovados a las 23:30 horas todos los días, 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. Debido a que la grilla de estaciones fue regular, no fue necesario considerar estimadores ponderados por estratos.

En el modelo de mortalidad se descartó los huevos clasificados en los estadios I, II y XI, los primeros debido a su cercanía con la hora del desove lo que implica una mayor probabilidad de sub-muestreo y los últimos por probables errores de interpretación del estadio al estar cercanos a la eclosión.

8.7. Modelos de distribución espacial de la abundancia de huevos

8.7.1. Análisis geoestadístico

Se utilizó un análisis geoestadístico para describir la distribución espacial de la abundancia de huevos y larvas de jurel. Los datos de abundancia (individuos en 10 m²) de huevos y larvas de jurel fueron transformados con un logaritmo natural (ln) debido a su distribución asimétrica (Lo *et al.* 2001) para posteriormente aplicar el análisis geoestadístico sobre los datos transformados. 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.

Se realizó un 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 usó 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

La densidad de huevos y larvas de jurel no presentó una tendencia espacial muy evidente, razón por la cual se utilizó la función variograma $2g(x+h)$ 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 $2g(h)$ a partir de los datos disponibles por

$$2g^*(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 \quad (20)$$

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. Para los efectos del presente estudio, se utilizó las direcciones Norte-Sur (0°), NE-SW (45°), E-W (90°), y SE-NW (135°), los que se compararon con el variograma omnidireccional.

b) Modelo de Variograma

Una vez calculado el variograma experimental, se ajustó un modelo estadístico que permita relacionar la estructura observada con el supuesto proceso generador. El modelo que se ajustó corresponde al exponencial, que en términos del variograma (Cressie, 1993), viene dado por

$$\mathbf{g}(h; \mathbf{q}) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ c_0 + c \left(1 - \exp\left(-\frac{\|h\|}{\mathbf{b}}\right) \right), & h \neq 0 \end{cases} \quad (21)$$

donde c_0 es el efecto *nugget*, que caracteriza la variabilidad de microescala, c es el valor asintótico o *sill* del variograma menos el *nugget*, y \mathbf{b} es el rango del variograma, más allá del cual los datos ya no presentan correlación (para el modelo exponencial, el rango práctico es tres veces el rango teórico $\mathbf{b}=3\mathbf{b}$).

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

$$\sum_{i=1}^H N(h_i) \left(\frac{\hat{\mathbf{g}}(h_i)}{\mathbf{g}(h_i)} - 1 \right)^2 \quad (22)$$

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 $\hat{\mathbf{g}}(h_i)$, y según el inverso de $\mathbf{g}(h_i)^2$. 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 a utilizar 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, serán 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

$$Z^*(x_0, y_0) = \sum_{i=1}^n w_i Z(x_i, y_i) \quad (23)$$

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 será estimada de tal forma que el error de estimación ($\mathbf{s}_k^{*2}(x_0)$), llamado *varianza de kriging*, sea minimizado (Simard *et al.* 1992).

Una vez realizada la interpolación, sólo aquellos nodos de la grilla que se encuentren dentro de los polígonos de estimación, definidos sobre la base de las estaciones positivas y negativas, serán considerados en el mapeo de la densidad y posterior estimación de la densidad media.

Se utilizó el *software* GS⁺ 3.1 (Robertson, 1998) 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 ArcView GIS 3.2 (ESRI, 2000).

8.7.2. Modelos GAM

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

$$E(y) = f\left(\mathbf{b}_0 + \sum_i s_i(x_i)\right) \quad (24)$$

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.

Se utilizó 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.

8.8. Caracterización de la condición reproductiva y fracción desovante

8.8.1. Muestras de ejemplares adultos

Con el objeto de caracterizar la condición reproductiva y determinar la estructura de tallas de ejemplares adultos, el muestreo a bordo consistió en medir la longitud horquilla (LH), determinar el sexo, estado de madurez sexual de las hembras, y el peso de los ejemplares de jurel por lance de pesca.

De acuerdo con la experiencia de cruceros anteriores (e.g. FIP 99-14, FIP 2000-10), el jurel no conforma agregaciones de tipo comercial en alta mar. El recurso se encuentra disperso y abierto, lo que impide el éxito de pesca. Se solicitó un mínimo de ocho lances de pesca de carácter obligatorio con red de cerco en aguas abiertas durante el ocaso de cada día, o en su defecto durante el amanecer, distribuidos en cuatro lances de pesca en el track de ida y cuatro durante el regreso. Se insistió con la tripulación que los lances de pesca son de carácter netamente científico y que de la captura interesa solamente obtener una muestra de ejemplares por lance.

a) Muestreo aleatorio

Con el objeto de optimizar el trabajo a bordo, en cada lance de pesca exitoso se realizó un muestreo aleatorio de ejemplares adultos de jurel de la captura. De éstos se

obtuvo una muestra aleatoria de 200 ejemplares, a los cuales se les determinó el sexo. Los primeros 50 machos y 50 hembras fueron separados con el objeto de realizar un análisis biológico posterior (estómagos, peso total, peso eviscerado, estado de madurez sexual).

A los 100 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 se registró por estado de madurez sexual de las gónadas (ver escala macroscópica más adelante).

El muestreo biológico específico de los 50 machos y 50 hembras consistió en registrar la longitud horquilla, el peso total (g), extracción de estómagos, y extracción de las gónadas a las primeras 30 hembras maduras. La longitud de estos 100 ejemplares se agregó a los datos de frecuencia de longitud, mientras que las gónadas de las 30 primeras hembras maduras fueron fijadas en formalina al 10 % tamponada con los datos de la hembra, barco, lance y número correlativo de la planilla.

b) Muestreo dirigido

Una vez finalizado el muestreo aleatorio, se realizó un muestreo dirigido para contar con 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 es muy bajo. Debido a que la fecundidad parcial se relacionará con el tamaño y peso de las hembras, interesa cubrir un rango amplio de tallas y pesos más. Se consideró un tamaño mínimo de 30 hembras hidratadas, a las cuales se les midió la longitud horquilla y el peso eviscerado en formularios apartes. La gónada de estas hembras fue guardada en formalina al 10 % tamponada con los datos de la hembra, barco, lance y número correlativo de la planilla. Estas muestras fueron rotuladas con el nombre hidratadas para diferenciarlas de las gónadas que serán utilizadas para la estimación de la fracción de hembras desovantes diarias.

8.8.2. Relaciones y variables biológicas

a) Relación longitud-peso

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:

$$W = a \cdot L^b \quad (25)$$

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 de las hembras fue estimado a partir del tamaño fijo de submuestra de hembras maduras (30 por lances). A partir del peso promedio de las hembras en cada lance, se estimó el peso promedio de hembras maduras por

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (26)$$

y la varianza por

$$V\hat{A}R(\bar{W}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{W}_i - \bar{W})^2}{\bar{m}^2 n(n-1)} \quad (27)$$

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

b) Factor de condición

El factor de condición de Fulton describe la relación entre el peso y la longitud del pez. La magnitud del factor de condición entrega información relativa a la proporcionalidad existente en el incremento en peso de los ejemplares de jurel respecto de su incremento en longitud. Variaciones en el valor de condición pueden deberse a cambios en el estado de madurez o bien debido a diferencias en la intensidad alimentaria y/o disponibilidad de alimento (Wootton, 1990). El factor de condición se calcula de la ecuación:

$$k = \frac{W}{L^3} \times 100 \quad (28)$$

donde W representa el peso total (g) y L la longitud horquilla (cm).

c) Proporción sexual y estados de madurez sexual macroscópicos

Una sub-muestra aleatoria fue utilizada para estimar la proporción sexual. Se define por y_i al peso de la submuestra y \bar{R}_i como la fracción en peso de la submuestra que es atribuible a las hembras. Se destaca que tanto los peces maduros como inmaduros fueron incluidos en la estimación debido a que es imposible distinguir entre machos maduros e inmaduros. Por lo tanto se asume que la razón de sexos, en peso, es la misma para peces maduros e inmaduros. Para ahorrar esfuerzos de muestreo, \bar{R}_i y y_i son estimados más que valores medidos 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 peces de ese sexo por su peso promedio:

$$\hat{W}_i^H = y_i^H \bar{W}_i^H \quad (29)$$

$$\hat{W}_i^M = y_i^M \bar{W}_i^M \quad (30)$$

donde \hat{W}_i^k ($k= H, M$) es el peso total estimado del sexo k en la submuestra i ; y_i^k es el número de peces del sexo k en la submuestra i ; y \bar{W}_i^k es el peso promedio del sexo k en la

submuestra i . Luego y_i fue estimado por la suma del peso total estimado de machos más hembras

$$\hat{y}_i = \hat{W}_i^F + \hat{W}_i^M \quad (31)$$

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

$$\bar{R}_i = \frac{\hat{W}_i^F}{\hat{y}_i} \quad (32)$$

La proporción total de hembras en peso será estimada por:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (33)$$

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

$$V\hat{A}R(\bar{R}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n(n-1)} \quad (34)$$

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

A cada ejemplar se le determinó el sexo a través de la observación directa de las gónadas y las hembras fueron clasificadas a bordo en estados de madurez mediante criterios macroscópicos (tamaño, forma, color etc.). Se identificaron cinco estados de madurez sexual macroscópica para las hembras, los cuales correspondieron a: 1 inmaduro, 2 madurando, 3 maduro, 4 hidratado, y 5 en regeneración según la escala de 5 puntos (**Tabla 3**).

d) Índice gonadosomático

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

$$IGS = \frac{G}{W - G} \times 100 \quad (35)$$

donde G representa el peso del ovario y W es el peso total. La medición y el peso de los ejemplares se realizó a bordo de las embarcaciones, mediante ictiómetros y balanzas de contrapeso; en tanto que el peso de las gónadas de las hembras se realizó con posterioridad en el laboratorio a partir de muestras fijadas en formalina al 10% o desde material congelado directamente a bordo.

Tabla 3. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden y Raitt, 1975).

EMS	ESTADO	ASPECTO GENERAL
1	Inmaduro	Ovarios ocupan cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal, rosáceos, traslúcidos, ovocitos invisibles a simple vista.
2	Virgen madurando y en recuperación	Ovarios ocupan casi la mitad de la longitud la cavidad abdominal. Color rosado y ovocitos invisibles a simple vista.
3	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.
4	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.
5	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.

8.8.3. Vigilancia histológica del período reproductivo

A contar de la segunda semana de octubre se realizó una vigilancia histológica del periodo reproductivo de jurel. Las muestras fueron obtenidas a bordo de las embarcaciones de cerco, y consisten en un muestreo aleatorio de las capturas. A los ejemplares de la muestra se les mide en su longitud total y peso, y las 30 primeras hembras en estado de madurez macroscópica en maduración, madura o hidratada fueron seleccionadas para el análisis histológico. Los ovarios fueron pesados y preservados en formalina, y una muestra de cada ovario fue sometida al tratamiento histológico clásico de deshidratación alcohólica, inclusión en parafina sólida, cortes en micrótopo y tinción en Hematoxilina y Eosina.

La clasificación de los estados de madurez sigue el criterio de una escala de cuatro estadíos, y tratándose de una especie desovante parcial, el estado más avanzado determina la clasificación de madurez e que cada individuo (**Tabla 4**). 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.

Tabla 4. 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	Previtelogéneis	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 presenten folículos postovulatorios ya que son signo evidente de un desove ocurrido en las últimas 24 horas.

8.8.4. Condición reproductiva del jurel en alta mar

La condición reproductiva del jurel en aguas oceánicas se realiza partir de estados microscópicos de madurez y de fecundidad. Las muestras de ovarios fueron obtenidas abordo, las cuales fueron inmediatamente fijados en formalina al 10% tamponada que se preparó de acuerdo con la metodología expuesta por [Hunter \(1985\)](#), [Oliva et al. \(1989\)](#), [Rojas y Oliva \(1993\)](#), consistente en 16,2 L de agua destilada, 117 g de fosfato de sodio dibásico ($\text{Na}_2 \text{H PO}_4$), 72 g de fosfato de sodio monobásico ($\text{NaH}_2 \text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), y 1,8 L solución de formaldehído (37 %).

a) Análisis microscópicos

Las gónadas de hembras preservadas en formalina neutralizada fueron procesadas en el laboratorio. El peso de cada par de gónadas se realizó utilizando una balanza con una precisión de 0,01 g. Posteriormente, se efectuó una postfijación en solución Bouin (requiere la transferencia del ovario en etanol al 70 %). Este fijador conserva adecuadamente la morfología tisular, con el fin de completar la fijación y completar la desnaturalización de las proteínas de las regiones profundas de la submuestra para el análisis histológico.

Una vez terminada la fijación, el proceso de deshidratación de los ovarios se realizó en paraplast. Posteriormente, se efectuó cortes histológicos de 5 micrones de espesor los cuales fueron teñidos con hematoxilina y contrastados con eosina. La hematoxilina es el colorante más versátil y ampliamente usado en la técnica histológica. Se emplea para demostrar núcleo celular, se convierte en hamateína por oxidación. La hematoxilina-eosina colorante nuclear (aniónico) y colorante citoplasmático (catiónico).

a) Clasificación de la madurez gonadal

Las variaciones de las condición reproductiva será determinada a través del análisis de la distribución los estados de madurez de los ovarios, aplicando la escala microscópica específica basada en los criterios señalados por [Oliva et al. \(1982\)](#) (**Tabla 4**).

b) Fecundidad parcial¹

Para la determinación de la fecundidad parcial en el presente proyecto se aplicó una el método gravimétrico descrito por [Hunter et al. \(1985\)](#) que 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 y en estado avanzado de maduración fueron sometidos a un examen histológico, descartando aquellos con indicios de desove (presencia de folículos postovulatorios).

Para el conteo, el líquido superficial fue absorbido con papel filtro y luego se obtuvo una submuestra de la mitad más grande del ovario, tomando dos segmentos del tejido: uno del centro y otro de la parte media entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario. En cada una de las dos submuestras² de 0,14 g (promedio) se contabilizó 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:

$$\overline{F}_i = \overline{n} * W_i \quad (36)$$

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

c) Fecundidad parcial por hembra madura y fecundidad media poblacional

La fecundidad parcial se determinó utilizando las hembras colectadas en el área de muestreo. La relación entre la fecundidad parcial (número de ovocitos hidratados) y el peso del cuerpo de las hembras (peso eviscerado) se obtuvo mediante técnicas de regresión. La

¹ La fecundidad parcial fue revisada y vuelta a estimar considerando las observaciones del evaluador del proyecto, y también las sugerencias de la Dra. Beverly Macewicz (NOAA, USA) en el marco del Taller de Discusión de Resultados realizado el 06 de junio de 2002, IIP, Talcahuano (Anexo I).

² En el Taller de Discusión se concluyó que 1 g de submuestra era excesivo, siendo recomendable utilizar una submuestra de entre 0,1 y 0,2 g, o bien de acuerdo con la Dra. Beverly Macewicz, una submuestra que contenga un número superior a 100 ovocitos hidratados.

fecundidad media poblacional y su varianza se estimó siguiendo la metodología descrita por Hunter *et al.* (1985):

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{F}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (37)$$

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 la varianza de la fecundidad media poblacional se debe ajustar para incluir esta variación adicional:

$$Var(\bar{F}) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{(F_i - \bar{F})^2}{n-1} + \frac{s_h^2}{n_h} + (w_i^* - w_h^*)s_b^2 \right]}{\left(\sum_{i=1}^n (m_i / n) \right)^2 n} \quad (38)$$

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 a regresión, $s^2(\mathbf{b})$ es la varianza de la pendiente de la regresión, y n es el número de lances.

d) Caracterización de los folículos postovulatorios de jurel

Para la caracterización de los folículos postovulatorios se utilizó todas las hembras que histológicamente fueron clasificadas como maduras, agrupadas según los lances y días de pesca. Debido a la baja disponibilidad de agregaciones de jurel, no fue posible contar con un ciclo de 24 horas para diferenciar entre los distintos estadios foliculares, de tal manera que sólo se estimó la proporción de hembras con folículos postovulatorio

reconocibles. La caracterización de los folículos postovulatorios y el cálculo de la frecuencia de desove, se basó en el criterio utilizado por [Hunter y Goldberg \(1980\)](#), donde cada ovocito hidratado está rodeado por un folículo alargado y fino, una capa epitelial de células granulosas y una única capa externa de tejido conectivo de células con algunos capilares sanguíneos. Durante la ovulación los ovocitos completamente hidratados son liberados desde sus folículos. El folículo vacío o folículo postovulatorio no se fragmenta y se mantiene íntegro en el ovario, éste se deteriora rápidamente y es reabsorbido.

Para usar los folículos postovulatorios en la estimación de la frecuencia de desove es necesario dividir el proceso de deterioración y reabsorción del folículo en series de diferentes estadios histológicos, cada uno con una edad asignada. La edad de los folículos postovulatorios puede ser determinada claramente hasta 48 horas después del desove, posterior a eso, la estructura es fácilmente confundible con estructuras atrésicas. Los criterios para clasificar por edad los folículos postovulatorios se basan en los diferentes estadios de degeneración por los que ellos atraviesan, la definición de éstos se llevó a cabo en base a criterios discretos de las características citológicas y morfohistológicas (tamaño, forma aparente, aspectos de las células de la granulosa y del lúmen). Las principales características según [Hunter y Goldberg \(1980\)](#), son las siguientes:

EDAD	APARIENCIA HISTOLOGICA DEL FPO
NUEVOS (< 24 h)	Folículos postovulatorios (FPO) presentes en hembras en desove al momento de la colecta. Aspecto irregular formado por un epitelio columnar bien organizado, con numerosas involuciones y corrugaciones. Lumen amplio e irregular, con abundante material granular eosinófilo. Epitelio constituido por células cúbicas o cilíndricas bien delimitadas entre sí. Núcleo esférico y basal, con cromatina regularmente condensada. Citoplasma finamente granular, ligeramente eosinófilo. Escasa presencia de espacios vacíos tipo célula secretora intraepitelial. Adyacente a la granulosa se ubican las células tecaes aplanadas e imbricadas.
EDAD DIA 1 (24 < FPO < 48 h)	Los presentan las hembras que desovaron la noche anterior a la captura. Son más pequeños que los FPO nuevos, de aspecto glandular con ligera infiltración linfocitaria, lumen estrecho e irregular. Granulosa columnar, corrugada, con disposición lineal de las células foliculares, algunas de las cuales presentan signos de degeneración: núcleo picnótico, micropicnosis, de forma irregular, citoplasma vacuolado, pero mantienen la individualidad entre ellos. Se aprecian abundantes espacios vacíos intraepitelial que se tiñen intensamente con alcian blue.
EDAD DIA 2 (> 48 h)	Estructura de aspecto glomerular con marcada degeneración celular. Epitelio desorganizado, perdiendo la disposición lineal de sus células. Lámina tejal hipertrofiada, capilares sanguíneos desarrollados. Lumen ocluido o ausente, células sin individualidad aparente y en avanzado estado degenerativo: forma irregular núcleos picnóticos, micropicnosis, citoplasma vacuolado, representando la fase terminal de degeneración del epitelio columnar. Abundantes espacios con material granular alcian blue fuertemente positivo. Notoria infiltración linfocitaria.

e) Frecuencia de hembras maduras desovantes por día³

Cuando el muestreo de hembras hidratadas o de hembras con folículos postovulatorios de día 1 ó de día 2 no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes en el lance *i* puede ser estimado por:

$$S_i = \frac{m_{h,i}}{m_i} \text{ o } \frac{m_{1,i}}{m_i} \text{ o } \frac{m_{2,i}}{m_i} \quad (39)$$

donde:

$$m_i = m_{h,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i} \quad (40)$$

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 folículos postovulatorios 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 se realizaron muy cercanos de la hora del desove y con red de cerco (Alheit, 1985), podría haber un sesgo en el número de hembras hidratadas. Fue necesario realizar una corrección del sesgo relativo al número de hembras hidratadas, se asume que el número de hembras con folículos postovulatorios de día 1 ($24 \leq \text{FPO} \leq 48 \text{ hr}$) es la mitad del número de hembras hidratadas. De esta manera, m_{hi} se reemplazó por:

$$m_{h,i} = 2 \times m_{1,i} \quad (41)$$

³ La fracción de hembras desovantes diarias fue re-analizada según las recomendaciones de la Dra. Beverly Macewicz.

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

$$S_{1,i} = \frac{m_{1,i}}{2 \times m_{1,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}} = \frac{m_{1,i}}{m_{y,i}} \quad (42)$$

y la fracción desovante de hembras de día 2 es:

$$S_{2,i} = \frac{m_{2,i}}{2 \times m_{1,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}} = \frac{m_{2,i}}{m_{y,i}} \quad (43)$$

donde S_i es la fracción corregida de hembras con folículos postovulatorios del día 1 ó de hembras del 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 $m_{y,i} = 2 \times m_{1,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}$.

Finalmente, la estimación de la fracción de hembras desovantes diarias para el lance i se realizó promediando las ecuaciones (42) y (43), mediante la siguiente expresión:

$$\bar{S}_i = \frac{S_{1,i} + S_{2,i}}{2} = \frac{\sum (m_{1,i} + m_{2,i})}{2 \sum [2 \times m_{1,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}]} = \frac{\sum (m_{1,i} + m_{2,i})}{2 \sum m_{y,i}} \quad (44)$$

La fracción de hembras desovantes promedio se estimó según la siguiente expresión:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{S}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (45)$$

con varianza igual a:

$$Var(\bar{S}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum \left(\frac{m_{y,i}}{\bar{m}} \right)^2 (\bar{S}_i - \bar{S})^2 \quad (46)$$

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

$$\bar{m} = \sum \frac{m_{y,i}}{n} \quad (47)$$

8.9. Biomasa desovante

Según [Stauffer y Picquelle \(1980\)](#) la estimación de la biomasa desovante puede ser formulada mediante:

$$B = \frac{P_0 A \times k \times W}{R \times F \times S} \quad (48)$$

donde B es la biomasa desovante (toneladas), P_0 es la producción diaria de huevos (huevos $\times m^{-2} \times d^{-1}$); W es el peso promedio de hembras maduras (g), R es la proporción en peso de hembras maduras, F es la fecundidad media poblacional, número de huevos por hembra madura por vez; S es la fracción de hembras maduras desovantes por día; A es el área de desove (en m^2); y , k es un 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:

$$E[B] = \hat{B} + b \quad (49)$$

donde $E[B]$ es el valor esperado de la biomasa y \hat{B} es el estimado de la Ec. (48). El sesgo puede estimarse aproximadamente de la siguiente forma:

$$b \cong \hat{B}(CV(R)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + COVS) \quad (50)$$

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

$$COVS = \frac{COV(PW)}{PW} - \frac{COV(PR)}{PR} - \frac{COV(PF)}{PF} - \frac{COV(PS)}{PS} - \frac{COV(WR)}{WR} - \frac{COV(WF)}{WF} - \frac{COV(WS)}{WS} \\ + \frac{COV(RF)}{RF} + \frac{COV(RS)}{RS} + \frac{COV(SF)}{SF} \quad (51)$$

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

$$Var(B) \cong \hat{B}^2 \times (CV(P)^2 + CV(W)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + 2 \times COVS) \quad (52)$$

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

$$COVS = \sum_i \sum_{i < j} sign \frac{COV(X_i, X_j)}{X_i X_j} \quad (53)$$

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

La estimación de la biomasa desovante se comparó con las estimaciones realizadas para los años 1999 y 2000 (**punto 10.7**), así como con los resultados del modelo de evaluación indirecta comunicados por Cubillos (2001).

8.10. Análisis de la alimentación

Las muestras fueron obtenidas de lances efectivos de pesca realizados en el área de estudio. En cada lance se separó 100 ejemplares, a los cuales se les determinó sexo, peso y longitud de horquilla (LH), con el número y posición del lance respectivo. Los estómagos extraídos de estos individuos fueron debidamente etiquetados y fijados en formalina comercial al 10% para su posterior análisis en laboratorio. El número total de estómagos obtenido se presenta en la **Tabla 3**, señalando la fracción de estómagos con contenidos. Por otra parte y con fines comparativos, se utilizó las muestras de estómagos de los proyectos FIP 99-14 y FIP 2000-10, cuyo número de estómagos fueron 331 estómagos en 1999 (165 con contenidos, 49,8 %) y 902 estómagos en el 2000 (382 con contenidos, 42,4 %).

Tabla 3. Nombre de la embarcación, número, hora, y localización del lance (promedio), moda, longitud promedio, número de estómagos totales, y porcentaje de estómagos con contenido.

Barco	Nº Lance	Hora	Latitud		Longitud		Moda	LH (cm)	Estom.	Estom.	Estom/cont.
			Prom	Prom	(cm)	Prom	Totales	Con/cont.	(%)		
Antartic	2	21:40	36°00'	90°20'	28,0	28,8	100	17	17,0		
Antartic	3	21:30	36°00'	80°48'	26,0	29,1	99	40	40,4		
Arauco I	2	20:28	34°31'	87°46'	26,0	28,3	100	3	3,0		
Arauco I	3	21:30	36°18'	88°52'	39,0	36,3	76	13	17,1		
Huachinango	4	20:13	35°24'	86°41'	30,0	39,4	27	0	0,0		
Malleco	2	07:40	33°18'	85°41'	26,0	27,9	100	1	1,0		
Malleco	4	12:32	36°58'	76°11'	27,0	28,0	100	10	10,0		
Panilonco	2	06:50	36°54'	87°12'	28,0	32,9	30	11	36,7		
Panilonco	3	18:54	36°54'	75°50'	34,0	40,0	21	8	38,1		
Santa María II	2	21:14	33°54'	83°39'	24,0	26,8	29	1	3,4		
Vikingo	1	16:20	34°48'	83°23'	24,0	25,3	100	1	1,0		
Vikingo	2	20:18	34°48'	88°22'	26,0	26,1	82	2	2,4		
Vikingo	3	21:35	36°36'	78°39'	26,0	27,5	100	95	95,0		
Vikingo	4	13:54	36°36'	75°43'	22,0	22,9	100	0	0,0		
Tricahue	3	08:08	36°38'	75°45'	26,0	26,3	100	3	3,0		
		15			26,0	28,3	1164	205	17,6		

El análisis del contenido estomacal consideró la identificación de los items presa al nivel taxonómico más bajo posible, dependiendo del grado de digestión del contenido. El bolo alimenticio fue analizado utilizando los métodos gravimétrico, numérico y frecuencia de aparición (Hynes,1950).El análisis e identificación de los recursos alimentarios, se realizó por grupos de individuos clasificados en seis grupos de tamaño que representan la totalidad de los ejemplares capturados (Tabla 4).

Tabla 4. Grupos de tamaño de jurel, definidos cada 5 cm de longitud horquilla (LH).

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

Se calculó la importancia relativa de cada taxón presa en la dieta de jurel mediante el índice de importancia relativa (IIR) de [Pinkas et al. \(1971, fide Hyslop, 1980\)](#) modificado, i.e.

$$IIR_i = \log[(N_i\% + P_i\%) * F_i\% + 1] \quad (54)$$

Este índice relaciona el número ($N\%$), peso ($P\%$) y frecuencia de aparición de las presas en los estómagos (todos estos valores expresados en porcentaje).

La similitud trófica se estimó mediante el índice de similitud de Czekanowski, o Bray-Curtis, también conocido como índice de similitud porcentual (Bloom, 1981):

$$IST = \frac{2 \sum_{i=1}^n \min(x_{ij}, x_{ik})}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} + x_{ik})} \quad (55)$$

donde \min 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 sobreposición, por lo que se considera más ventajoso en este tipo de estudios.

En los análisis sólo se consideró las de 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.

8.11. Caracterización de la distribución espacial de las agregaciones de jurel

8.11.1. Ecoprospección

Durante el crucero se efectuó una ecoprospección, en el área de prospección estará comprendida entre las latitudes 31° 48' y 36°54' S, desde la longitud 75° hasta 92° W, con una superficie aproximada de 257.280 mn². En la ecoprospección participaron nueve embarcaciones pesqueras del sector privado que habitualmente operan en la pesquería del jurel centro-sur. En la ecoprospección se efectuaron 18 transectos perpendiculares a la costa y paralelos entre sí separados de 18 mn, cada embarcación efectuó 2 transectos, la velocidad de navegación de cada embarcación fue de 12 nudos, la distancia recorrida fue de 14.504 mn lineales (**Figura 3**).

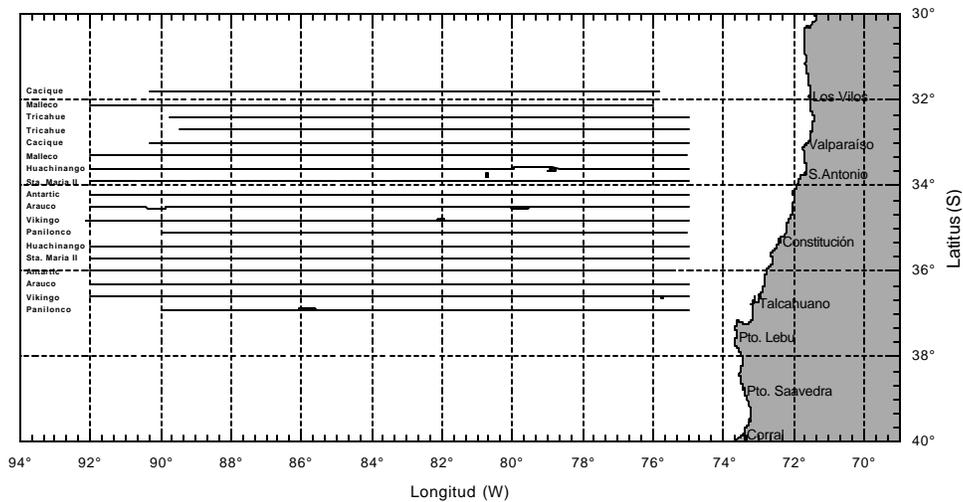


Figura 3. Distribución espacial de las transectas acústicas, noviembre del 2001.

La ecoprospección se efectuó con los equipos acústicos de las embarcaciones, registrándose la información del ecosonda, la observación de este equipo fue continua y se

discretizó cada 6 minutos denominada unidad básica de muestreo (ubm) que equivale a una distancia de 1 mn a una velocidad de navegación de 12 nudos.

Se clasificaron los tipos de ecotrazos en: cardumen, estrato, disperso e individual (**Figura 4**). Para cada ecotrazo se determinó su posición (latitud y longitud) y su profundidad, asimismo en cuanto a categoría de abundancia se clasificaron las agregaciones cuatro categorías:

- i. Sin presencia de jurel
- ii. Mala: cuando los niveles de captura esperada (nce) eran inferiores a 20 t
- iii. Regular: cuando los nce eran de 21 a 200 t y
- iv. Buena: cuando los nce eran superiores a 200 t,

Simultáneamente se recopiló la información de ecotrazos de jurel proporcionada por el sonar.

8.11.2. Distribución espacial y morfología de las agregaciones

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

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

$$IC (\%) = \frac{\sum_{n=1}^{N_i} UBM^+}{\sum_{n=1}^N UBM} \times 100 \quad (56)$$

donde $UBM^{(+)}$ es el número de intervalos básicos de muestreo en el área.

A partir de la información obtenida con el sonar se estimará el índice de presencia de los ecotrazos, se efectúa una comparación en la información obtenida por el sonar y ecosonda.

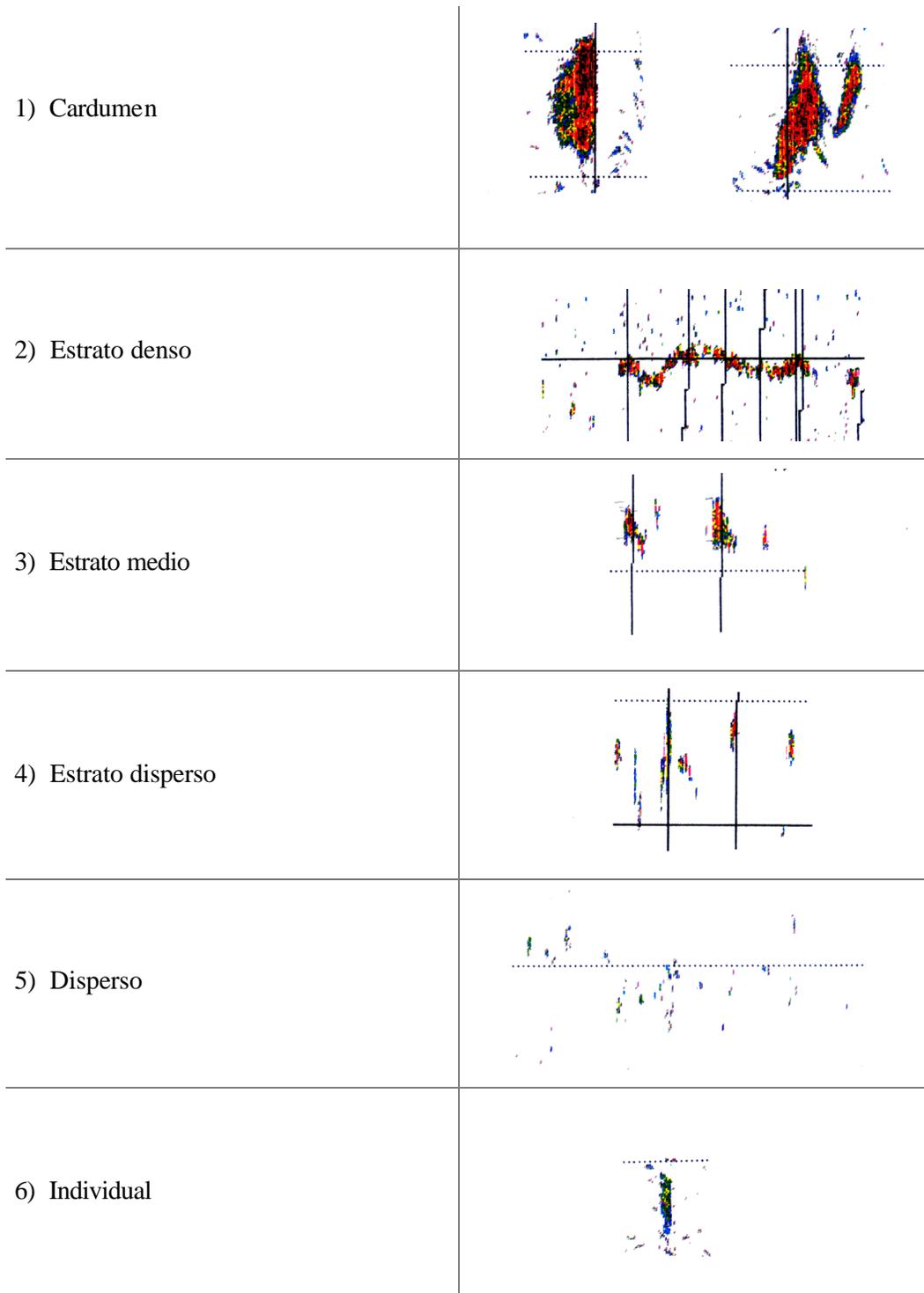


Figura 4. Tipos de ecotrazos de jurel.

b) Altura y profundidad de la agregaciones

La profundidad de los ecotrazos se determina de la lectura de los ecogramas, la profundidad promedio esta dada por

$$P_{prom} = \frac{P_{inf} - P_{sup}}{2} + 5 \quad (57)$$

donde P_{sup} es la profundidad superior del ecotrazo (m), P_{inf} es la profundidad inferior del ecotrazo (m).

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

$$A_{prom} = P_{inf} - P_{sup} \quad (58)$$

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

$$A_{prom_j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} A_{ji}}{\sum_{i=1}^{n_i} et_{ji}} \quad (59)$$

c) Descripción de la distribución espacial y la morfología de las agregaciones

La distribución batimétrica y temporal del jurel se proporciona por los tipos de agregaciones (cardúmenes, estratos, disperso e individual) y las clases de agregaciones (buenas, regular y malas) considerando la posición batimétrica de los ecotrazos en un ciclo de 24 horas.

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

Para facilitar el análisis de los resultados y compararlas multitemporalmente la zona de estudio se dividió en cuatro macrozonas separadas longitudinalmente por los 84°W y latitudinalmente por los 36°S, estas se denominan macrozonas:

- norte - costera (al este la 84°W y al norte de 36°S),
- sur - costera (al este la 84°W y al sur de 36°S),
- norte - oceánico (al oeste la 84°W y al norte de 36°S),
- sur – oceánico (al oeste la 84°W y al sur de 36°S).

d) Índice de presencia de ecotrazos (IPE)

El índice de presencia de ecotrazos es el número de agregaciones por milla náutica lineal. En cada transecta se determinó la posición de los ecotrazos, cada transecta fue discretizada en con un paso de retardo de una 1,2 milla náutica. Los ecotrazos fueron agrupados en clusters considerando el número de cardúmenes observados por unidad de distancia. Se definió como un cluster simple (CS) cuando se registraron menos de 1,5 agregaciones por milla náutica y clusters complejos (CC) cuando el número de ecotrazos fue mayor. Se estimó el número promedio de cardúmenes por clusters de acuerdo a lo propuesto por Soria et al. (1998).

8.11.3. Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel

Se comparan los cinco cruceros que se realizaron a fines de primavera, entre los años 1997 y 2001 (**Tabla 5**). Estos tienen diferentes diseños en la prospección (tipo de transectos, distancia entre transecta, asimismo sólo parte del área prospectada se replica entre años. Para poder comparar la distribución y la morfología de los ecotrazos, se generan estratos considerando la distribución de huevos de jurel:

- i. Estrato sin presencia de huevos,
- ii. Estrato de baja presencia de huevos: 1 – 249 ind/10m²,
- iii. Estrato de regular presencia de huevos: 250 – 499 ind/10m², y
- iv. Estrato alta presencia de huevos: >500 ind/10m².

Para cada estrato (por crucero) se determina la superficie en mn^2 , se estima el IC por tipos de ecotrazos (cardumen, estrato, disperso e individual) por niveles de abundancia de los ecotrazos (mala, regular y buena), profundidad y altura de los ecotrazos e IPE .

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

$$IA = SAH / ST$$

donde SAH corresponde a la superficie en mn^2 del área ocupada por estratos de alta densidad de huevos; y ST representa la superficie en mn^2 del área de distribución de jurel.

Tabla 5. Resumen de los cruceros 9711, 9812, 9912, 2000-10, 2001-12.

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	Zig Zag	30 mn
Dic 1998	33°00' – 39°00'	75° 00' – 86° 00'	231.340	4.947	5	Zig Zag	75 mn
Dic 1999	35°06' – 38° 24'	74° 00' – 86° 00'	114.917	6.401	6	Lineal	18 mn
Nov 2000	32° 06' – 37° 48'	75° 00' – 92° 00'	261.815	16.134	10	Lineal	18 mn
Nov 2001	31°48' – 36°54'	75° 00' – 92° 00'	257.280	14.504	9	Lineal	18 mn

9. RESULTADOS

9.1. Condiciones oceanográficas asociadas al crucero

La **Figura 5**, muestra los promedios climáticos de la TSM en las zonas occidental, central y oriental del crucero a lo largo del año, usando promedios de 20 años (1982 – 2001) de datos semanales IGOSS. La línea negra representa el promedio climático, en tanto que las líneas grises muestran una desviación estándar más arriba y más abajo del promedio. Las temperaturas existentes durante las dos semanas del crucero se muestran como círculos. Al considerar la distribución horizontal de temperatura superficial del mar, se considera que el crucero de Noviembre de 2001 se realizó bajo características frías en el sector oceánico adyacente a la zona central de Chile. Tanto en los sectores occidental como central de la zona de estudio las TSM durante el crucero fueron sensiblemente más bajas que el promedio climático, con valores de temperatura en el borde o incluso fuera de la zona de una desviación estándar del promedio. La única excepción a este comportamiento se observó en el sector oriental de la zona de estudio, y sólo durante la primera, cuando la TSM durante el crucero coincidió con el promedio climático.

Los datos de TSM muestran que la isoterma de 16 °C tuvo una posición relativamente septentrional, lo que determinó que el crucero se extendiera hacia el norte. Por ejemplo, temperaturas de 18 °C fueron detectadas solamente en un par de estaciones en el sector noroeste del área de estudio, en circunstancias que en el crucero de Noviembre de 2000 se encontraron aguas con temperatura superficial incluso mayor a 19 °C.

Por otra parte, las embarcaciones se encontraron con problemas de mal tiempo, marejadillas y vientos de entre 20 y 30 nudos en el sector oceánico entre los días 21 – 22 de noviembre. Estas condiciones impidieron que algunas embarcaciones pudieran completar las transectas en el viaje de ida, así como también que algunas de las estaciones oceánicas no se realizaran.

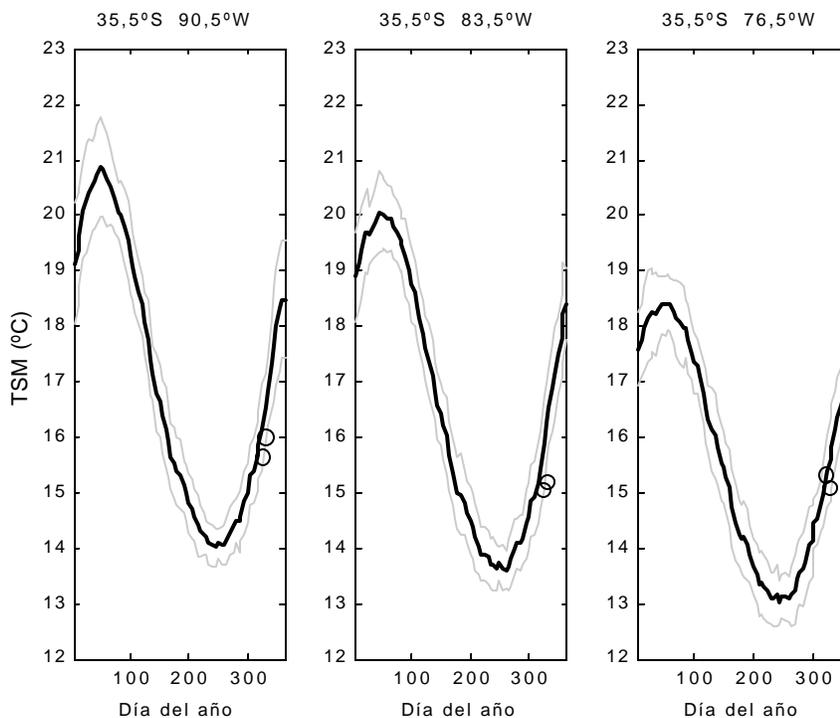


Figura 5. Comparación de la TSM encontrada en la zona del crucero con promedios climáticos (1982-2001). Zonas occidental, centro y oriental del crucero. La línea negra es el promedio climático, mientras que las líneas grises muestran una desviación estándar más arriba y más abajo del promedio climático. Las dos semanas del crucero se muestran como círculos.

9.1.1. Temperatura superficial del mar mediante datos IGOSS

Dado que se tiene más de 20 años de distribuciones semanales de temperatura superficial del mar (TSM), obtenidos por el proyecto IGOSS NMC a partir de temperaturas medidas desde satélites, por boyas o desde buques, es posible usar estos datos para comparar las TSM durante el crucero con sus valores climáticos. La **Figura 6** muestra la distribución de la TSM durante las dos semanas del crucero y las dos semanas previas, en la zona de estudio. La posición de los transectos con CTD es mostrada mediante barras. Se observa que durante las semanas del crucero la TSM alcanzó hasta 17,5 y 18°C en la parte más oceánica de la zona de estudio. Los gradientes entre las partes oeste y este de las transectas alcanza entre medio grado y un grado. Durante las dos semanas del crucero se observa una zona de aguas superficiales frías en la parte centro–norte de la zona de estudio.

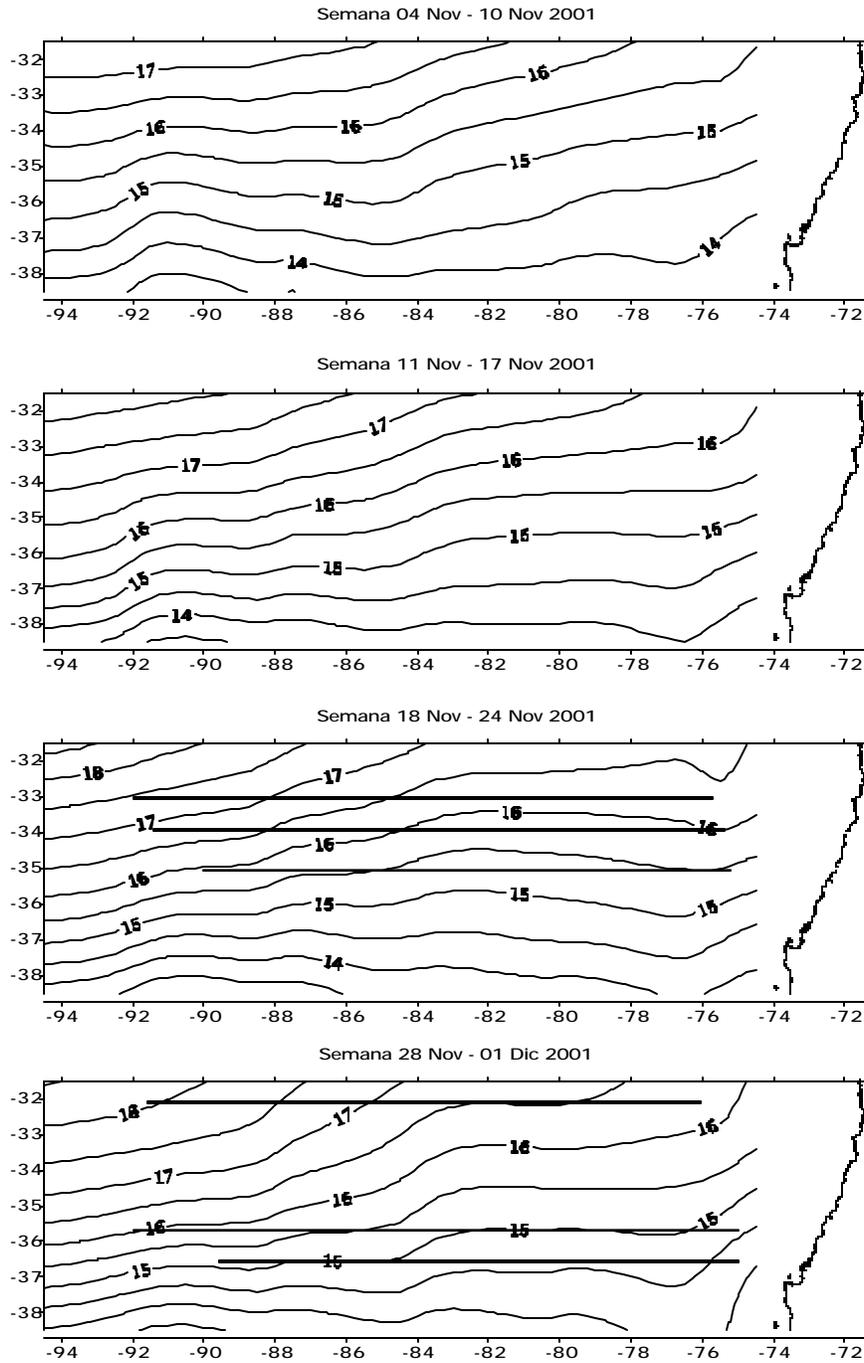


Figura 6. Temperatura superficial del mar según IGOSS durante las semanas del crucero y en las dos semanas previas. Las líneas gruesas muestran la posición de los transectos.

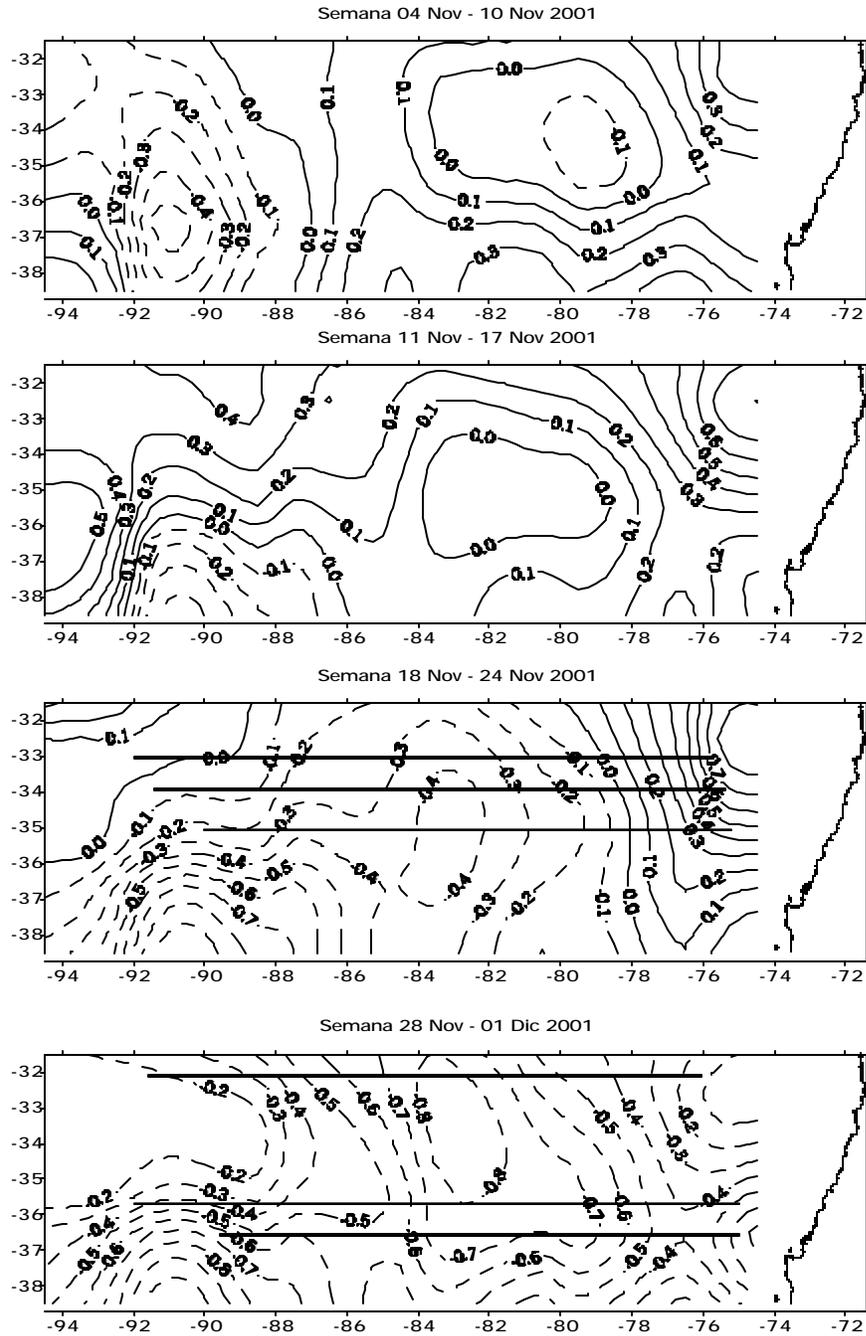


Figura 7. Anomalía de la temperatura superficial del mar según IGOSS durante las semanas del crucero y en las dos semanas previas. Las líneas gruesas muestran la posición de los transectos.

Las anomalías de las temperaturas superficiales IGOSS, calculadas con 20 años de datos, se muestran en la **Figura 7**, tanto para las dos semanas del crucero como para las dos semanas previas. Se observa que durante las semanas previas al crucero las aguas superficiales tendieron a estar ligeramente más calientes que los promedios climáticos.

Durante las semanas del crucero, sin embargo, esas temperaturas fueron claramente menores a las climáticas, hasta casi un grado celcius más frías en el extremo noreste de la zona de estudio durante la primera semana y en la zona central durante la segunda semana. Las aguas frías en la zona central durante la segunda semana son notables, pues se trata de una zona bien específica, con gradientes de temperatura apreciables tanto hacia el este como hacia el oeste.

9.1.2. Temperatura superficial del mar

En cada una de las estaciones contempladas en la prospección de huevos de jurel, se evaluó la temperatura superficial del mar que fluctuó entre los 13,9 y 18,1 °C, con un promedio de 16,1 °C. La distribución horizontal de la temperatura superficial revela presencia de aguas mayores a 16 °C y menores a 18 °C durante gran parte del área de estudio. La isoterma de 16 °C prácticamente se defleca hacia el norte a 75 °W, mientras la isoterma de 18 °C sólo fue detectada muy puntualmente en el extremo norte-oeste del área, entre los 91 y 92° W (**Figura 8**). Las temperaturas de 17 °C estuvieron presentes sólo en el sector noroeste del área de estudio, con una distribución bastante restringida. A lo largo del extremo sur del área destacan aguas con temperaturas menores de 15 °C, fluctuando alrededor de los 14 °C.

9.1.3. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar

En la estación satelital Smartrak ubicada en el Instituto de Investigación Pesquera, en Talcahuano, se recibieron imágenes satelitales de alta resolución provenientes del satélite NOAA 15, durante todo el período de duración del crucero. La imagen que presentó una menor cobertura de nubes correspondió al día 10 de noviembre de 2001 (**Figura 9**).

Como es característico para la estación del año y el área de estudio, se registra un claro gradiente noroeste-sureste, con un rango de temperaturas que fluctuó entre 13 y 18 °C. En general, a lo largo de toda la zona más costera se registran temperaturas inferiores a los 14 °C, asociadas a procesos de surgencias costeras típicas para la estación del año. Del mismo modo, se aprecia la distribución aproximadamente perpendicular a la línea de costa

de las isotermas al sur de los 36° S, o que refleja la interacción entre las aguas más cálidas provenientes del norte y aquellas asociadas a la corriente de la deriva del oeste de menores temperaturas.

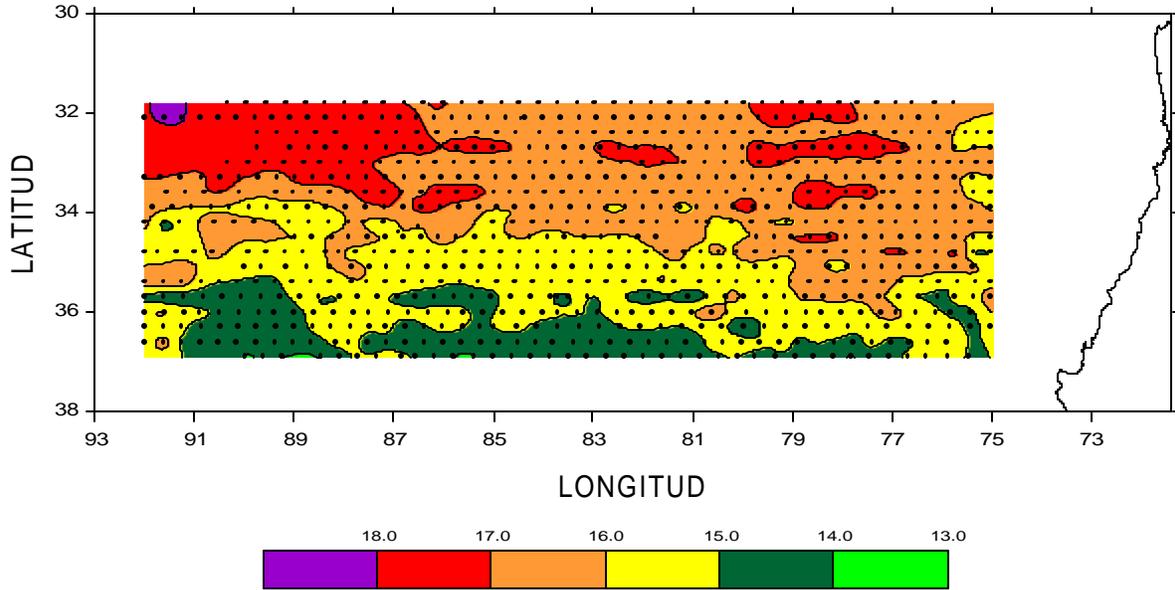


Figura 8. Distribución de la temperatura superficial del mar (°C). Cruceo Noviembre de 2001.

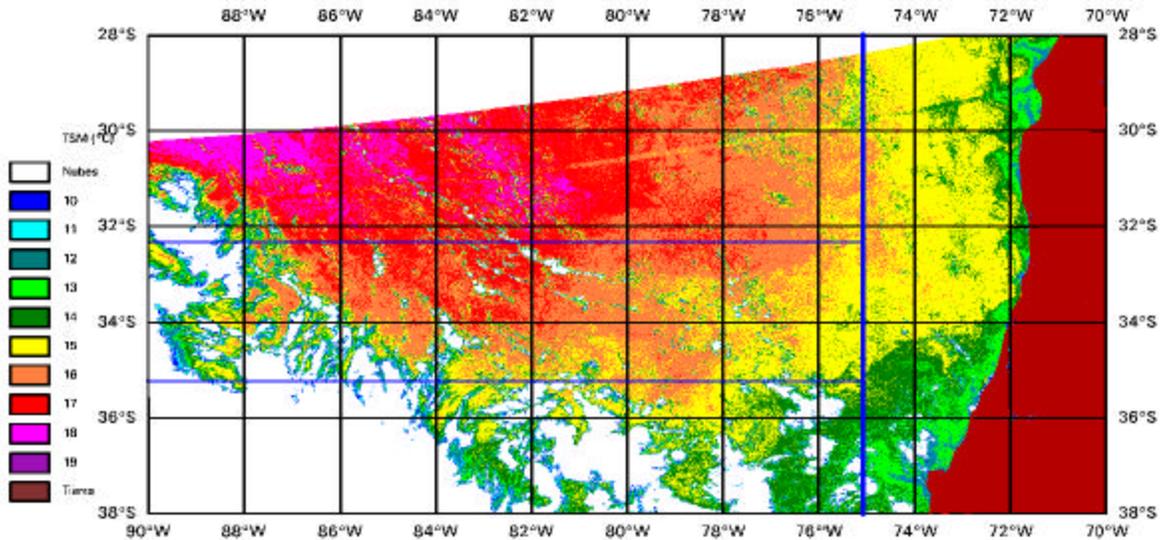


Figura 9. Imagen satelital de la temperatura superficial del mar del día 10 de noviembre de 2001.

En particular, en el área estudiada en el presente crucero (32° a 37° S y desde 75° a 92° W), se registran gradientes horizontales de carácter moderado, con mayores temperaturas en el extremo noroeste (17 °C) y menores registros al sur de 36° S (14 °C). En el extremo superior del área de estudio se aprecian temperaturas relativamente homogéneas de 16 y 17 °C, con una disminución hacia los 15 °C al oeste de los 88° W. Si se compara esta distribución con la distribución de TSM medida in situ durante el crucero (**Figura 8**), se encuentra que en general son muy similares, con un rango de temperaturas, en el área de prospección, que fluctuó entre 14 y 17 °C. Del mismo modo, se observa el gradiente termal norte-sur y la disposición perpendicular de las isotermas con respecto a la línea de costa.

Realizando una comparación más detallada, se aprecia que las aguas con TSM de 16 °C se ubican levemente desplazadas más al norte que en la imagen satelital. Además, en la carta de TSM, las aguas con temperaturas de 17 °C predominan en la región al oeste de los 86° W, con un núcleo más costero entre los 77° y 80° W.

9.1.4. Vientos superficiales durante el crucero

Se dispone de datos de viento superficial sobre el mar obtenidos por escaterómetro Quikscat. Si bien en general se dispone de dos campos de vientos por día, uno correspondiente al modo ascendente de la órbita del satélite y otro al modo descendente, en este trabajo se usó sólo el modo ascendente. La resolución espacial es de 0,25 grados de longitud y de latitud.

Las Figuras 10a, 10b, 10c, y 10d muestran la evolución espacial y temporal de los vientos superficiales en la zona de estudio desde el 20 al 27 de noviembre de 2001. Se muestra también los promedios diarios de los vientos medidos en una estación meteorológica ubicada en Talcahuano. Lamentablemente no se dispone de vientos del 19 de noviembre (comienzo de los cruceros), porque el satélite no midió en ese día.

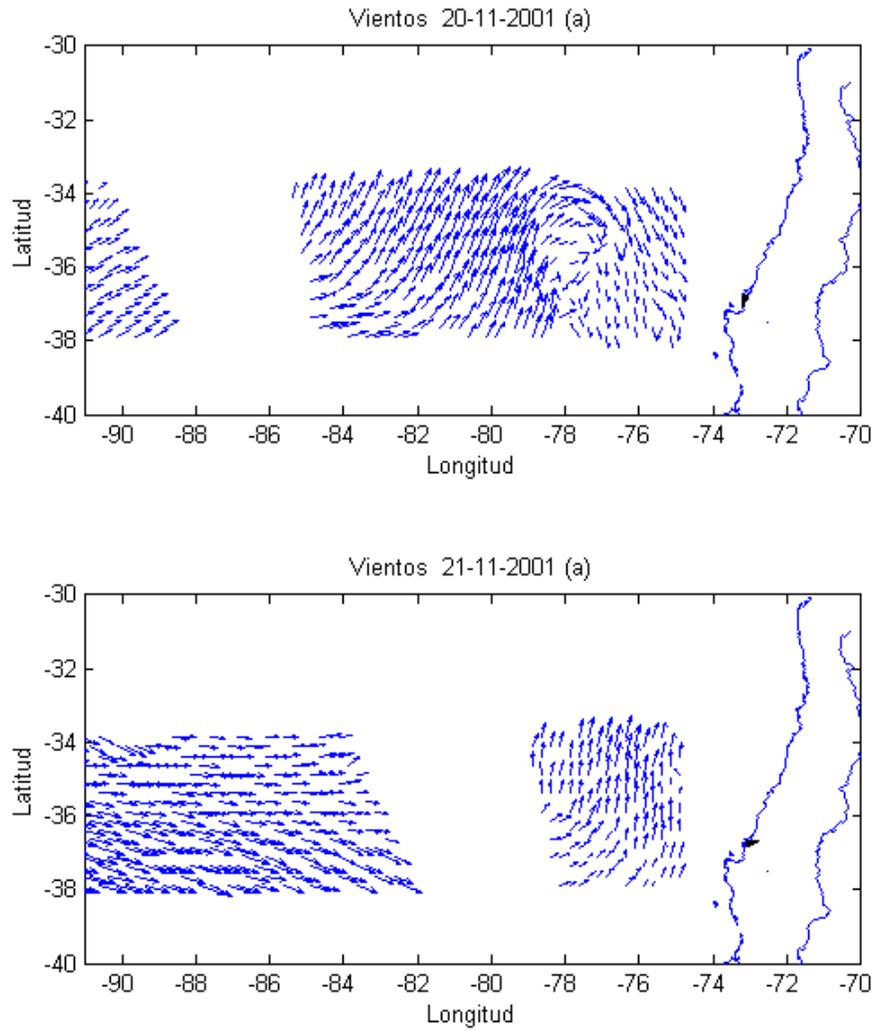


Figura 10a. Vientos de escaterometría y costero durante el crucero. Días 20 y 21 de Noviembre del 2001.

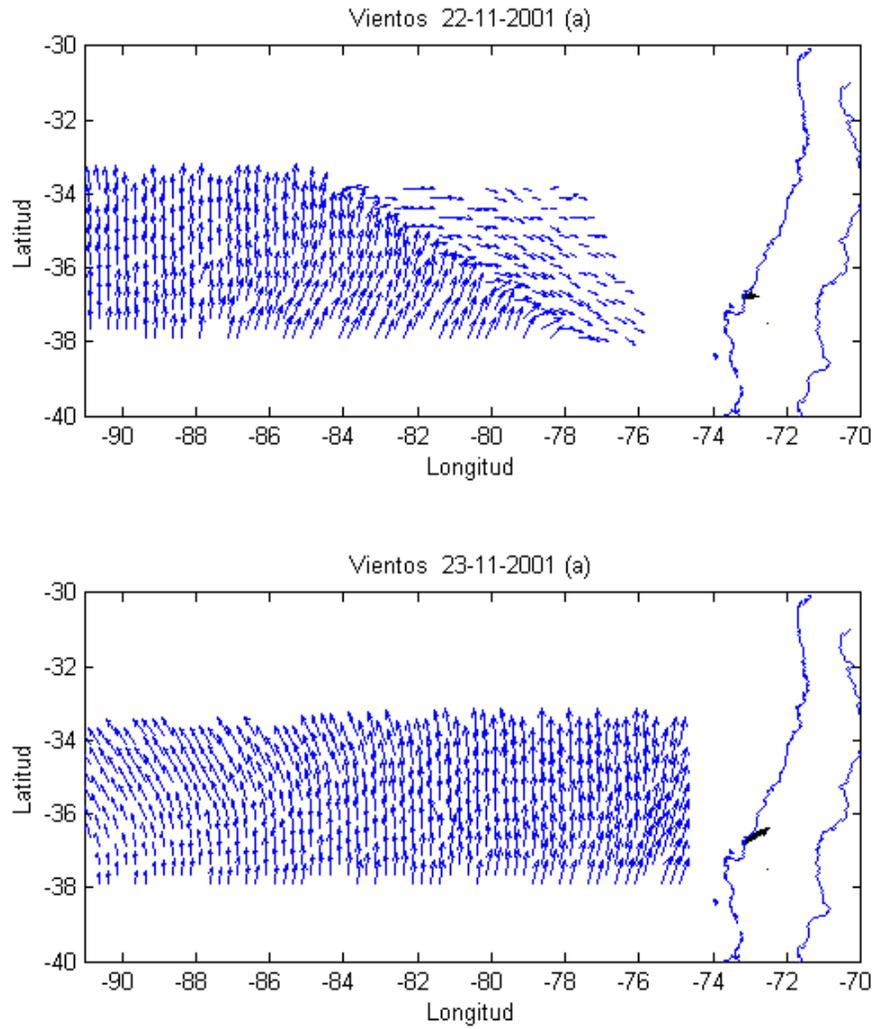


Figura 10b. Vientos de escaterometría y costero durante el crucero. Días 22 y 23 de Noviembre del 2001.

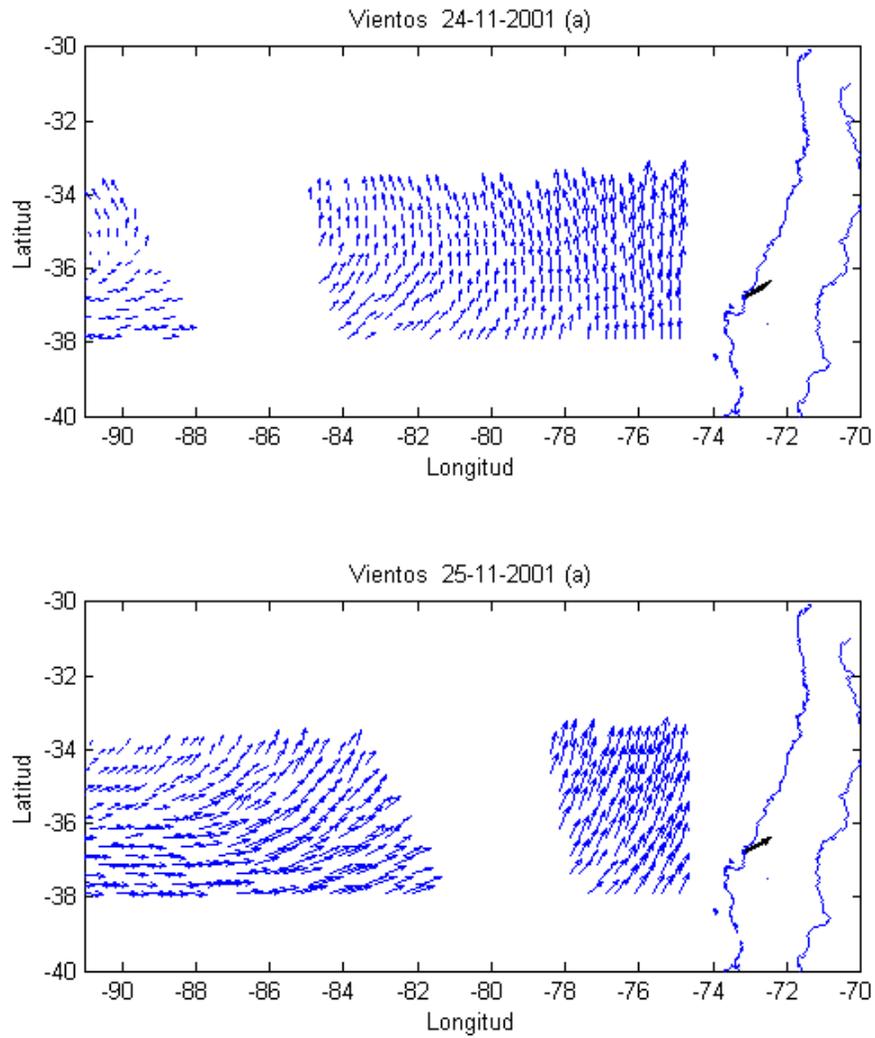


Figura 10c. Vientos de escaterometría y costero durante el crucero. Días 24 y 25 de Noviembre del 2001.

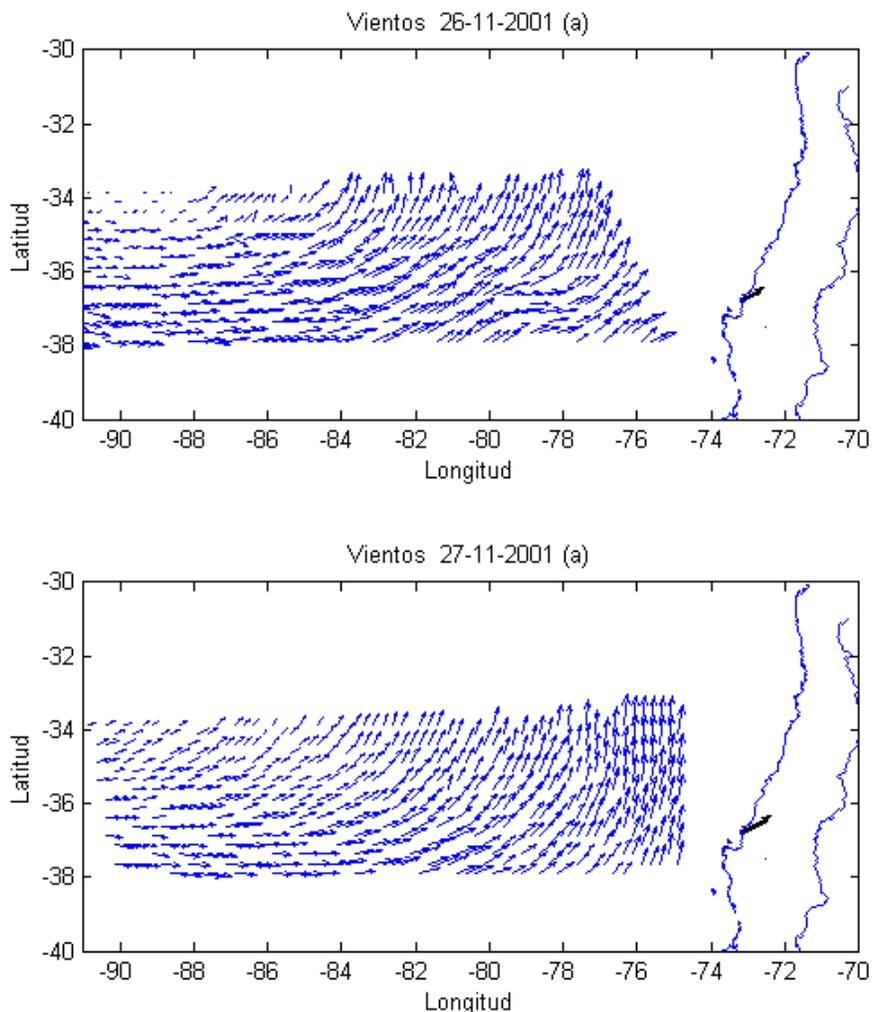


Figura 10d. Vientos de escaterometría y costero durante el crucero. Días 26 y 27 de Noviembre del 2001.

El día 20 de noviembre (**Figura 10a**) se observa intensos vientos (hasta unos 15 m/s, vientos que representan promedios en una caja de un cuarto de grado, tanto en longitud como en latitud) en la parte central de la zona de estudio. Los buques navegaban cerca de esa zona ese día. También se observa grandes diferencias en la dirección de los vientos entre las zonas este y oeste de la zona de estudio. El viento medido en la costa coincide en dirección con los vientos sobre el océano.

Los vientos disminuyen su intensidad el día 21 (misma **Figura 10a**), y se hacen más homogéneas en cuanto a dirección en la parte oeste de la zona de estudio. En la parte

oriental, ya los vientos sobre el océano han girado a viento desde el sur, mientras que en la costa recién lo está haciendo. Los buques ya navegaban en la parte occidental de la zona de estudio, en ese día.

El día 22 (**Figura 10b**) los buques estaban en general llegando a la zona más occidental de sus transectos. Los vientos tienden a ser intensos en ese sector. En la costa los vientos son débiles, tanto sobre el océano (datos del Quikscat) como en el borde costero (estación meteorológica). Del mismo modo el día 23 (misma **Figura 10b**), en que en el sector más occidental de la zona de estudio había vientos intensos.

Los días 24 – 25 (**Figura 10c**) y 26 – 27 de noviembre (**Figura 10d**) corresponden en general a los días de los transectos océano–costa. Hubo vientos intensos (12 m/s) en la zona oeste de la región de estudio, y de regular intensidad en el resto del transecto, unos 6 m/s en la zona central y unos 8 m/s en la zona oriental de la región de estudio. Durante estos cuatro últimos días los vientos costeros (estación meteorológica) fueron intensos.

9.1.5. Distribuciones de las variables hidrográficas

La **Figura 11** muestra la distribución horizontal de la temperatura a 5, 20, 50 y 90 metros de profundidad, para las transectas costa–océano. La distribución a 5 m es semejante a la encontrada en la superficie a través de la TSM medida en los buques (mostrada en la **Figura 8**): en el borde occidental hay un fuerte gradiente norte–sur, con las aguas más calientes y más frías de la zona de estudio en sus partes norte y sur, respectivamente. En el sector oriental, en cambio, los gradientes norte–sur son más pequeños. La característica más general de la región completa son las isotermas desde la parte nor–oeste a la sur–este. A mayores profundidades estas características tienden a conservarse, aunque están distorsionadas por un gradiente norte–sur ficticio, probablemente inducido por problemas de intercalibración de los CTD.

Como se mostró en la **Figura 2**, el CTD en la embarcación Santa María no midió en el transecto océano–costa, por lo que no resulta adecuado mostrar diagramas de distribución horizontales de las variables hidrográficas para esos transectos.

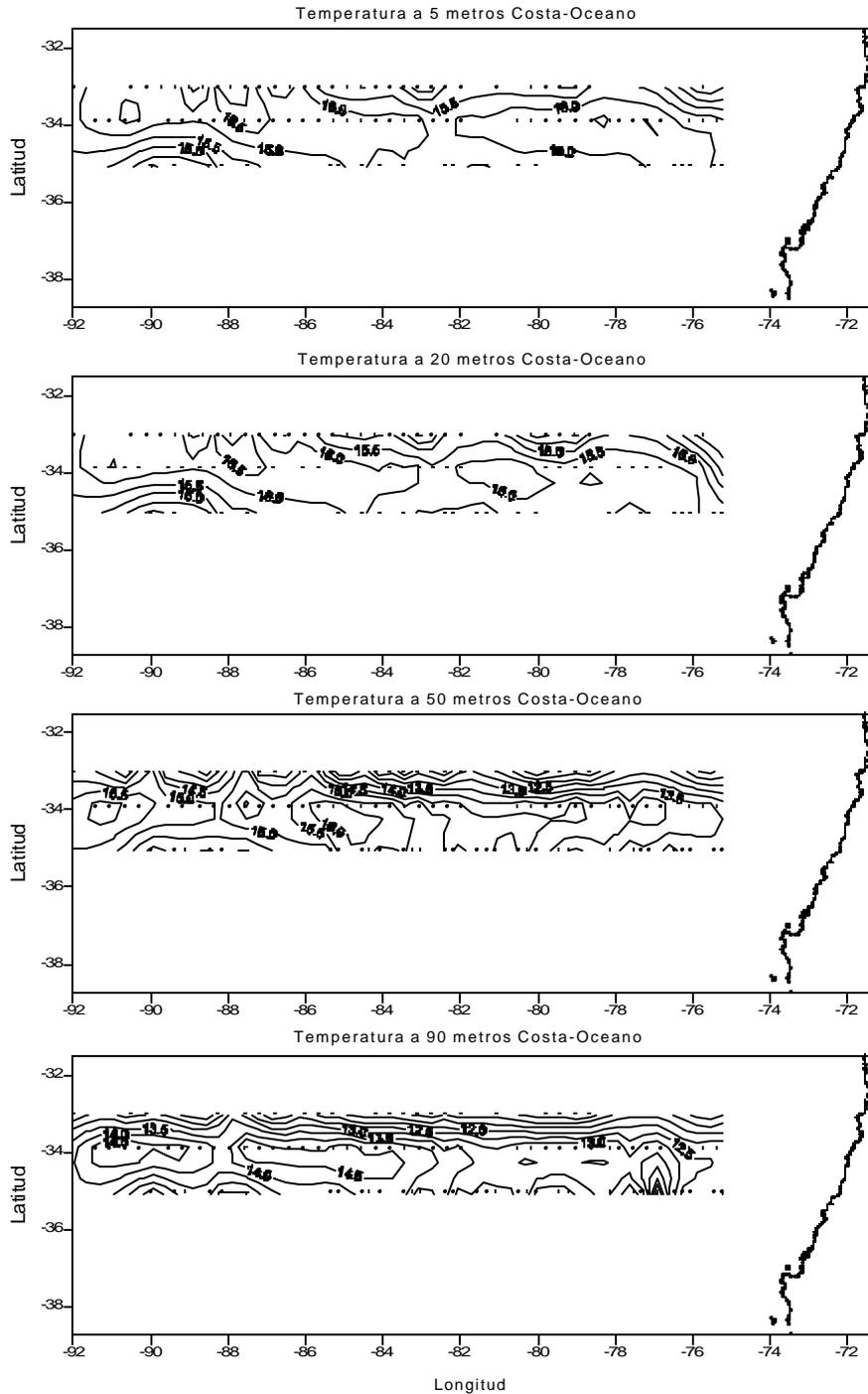


Figura 11. Distribuciones horizontales de temperatura a 5, 20, 50 y 90 metros de profundidad. Transectos costa-océano.

Las **Figuras 12a y 12b** muestran las distribuciones verticales de temperatura a cuatro latitudes. En ellas se observa agua caliente en la zona superficial occidental

(primeros 50 metros de profundidad) y aguas bajo la superficie en la zona oriental (bajo 50 metros de profundidad). En todos los casos se observa una intensa estratificación en la parte oriental de la zona de estudio, y aguas muy mezcladas en la parte occidental, sobre todo en los primeros 50 metros de profundidad.

La **Figura 13** muestra la distribución horizontal de salinidad a 5, 20, 50 y 90 metros de profundidad. A todas estas profundidades se observa menor salinidad en la parte suroriental del área de estudio y mayor salinidad en la parte noroccidental. En este caso, a diferencia de las distribuciones de la temperatura, las isolíneas tienden a ser en la dirección noreste a suroeste.

9.2 Variables derivadas y relaciones entre ellas

En esta sección se discutirá algunas variables derivadas de las variables hidrográficas y se buscará relaciones entre ellas.

9.2.1 Cuantificación de la mezcla vertical

A fin de cuantificar la mezcla vertical se usará dos descriptores, como lo son el espesor de la capa de mezcla superficial y la estratificación (la definición de esta última se encuentra en la metodología).

La **Figura 14** muestra la variación de la capa de mezcla a lo largo de los transectos (para una mejor visualización de la profundidad de la capa de mezcla, ésta se graficó como negativa). La capa de mezcla tiende a ser más profunda en la parte oeste de la región de estudio, y más somera en la parte oriental (excepto en la parte norte, donde hay una profundización de la capa de mezcla en la zona más cercana a la costa). Los valores más profundos de la capa de mezcla alcanzan hasta 60 metros, justamente en la parte occidental de la zona de estudio.

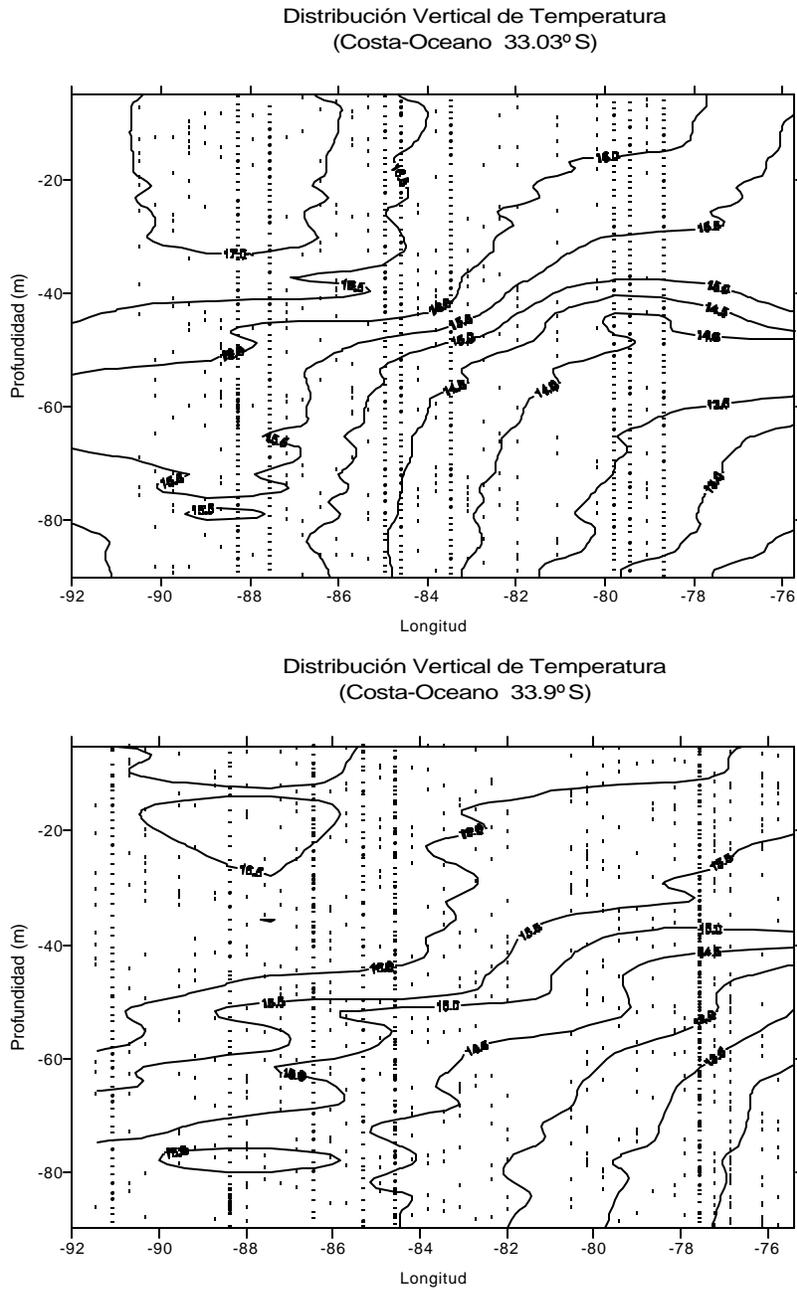


Figura 12a. Distribuciones verticales de temperatura a 33.03°S y 33.90°S. Transectos costa–océano.

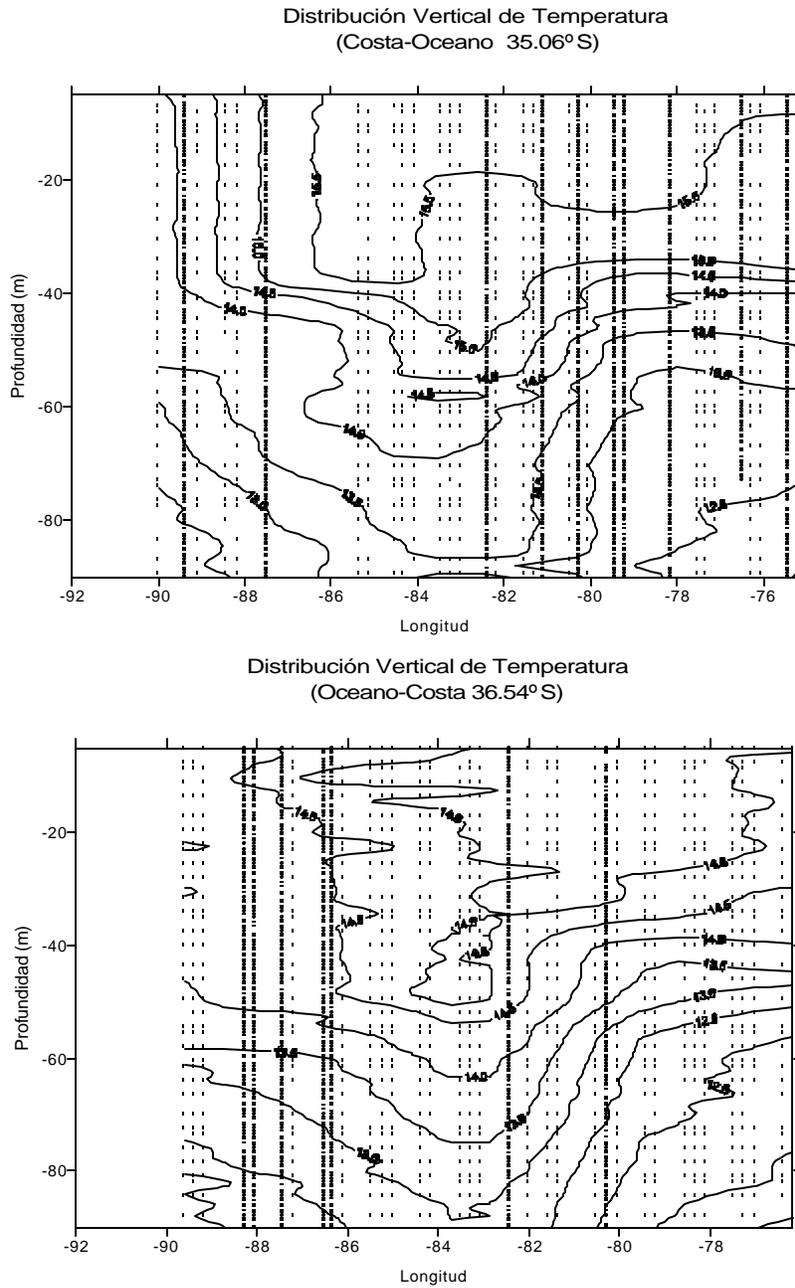


Figura 12b. Distribuciones verticales de temperatura a 35.06°S (costa–océano) y a 36.54°S (océano–costa).

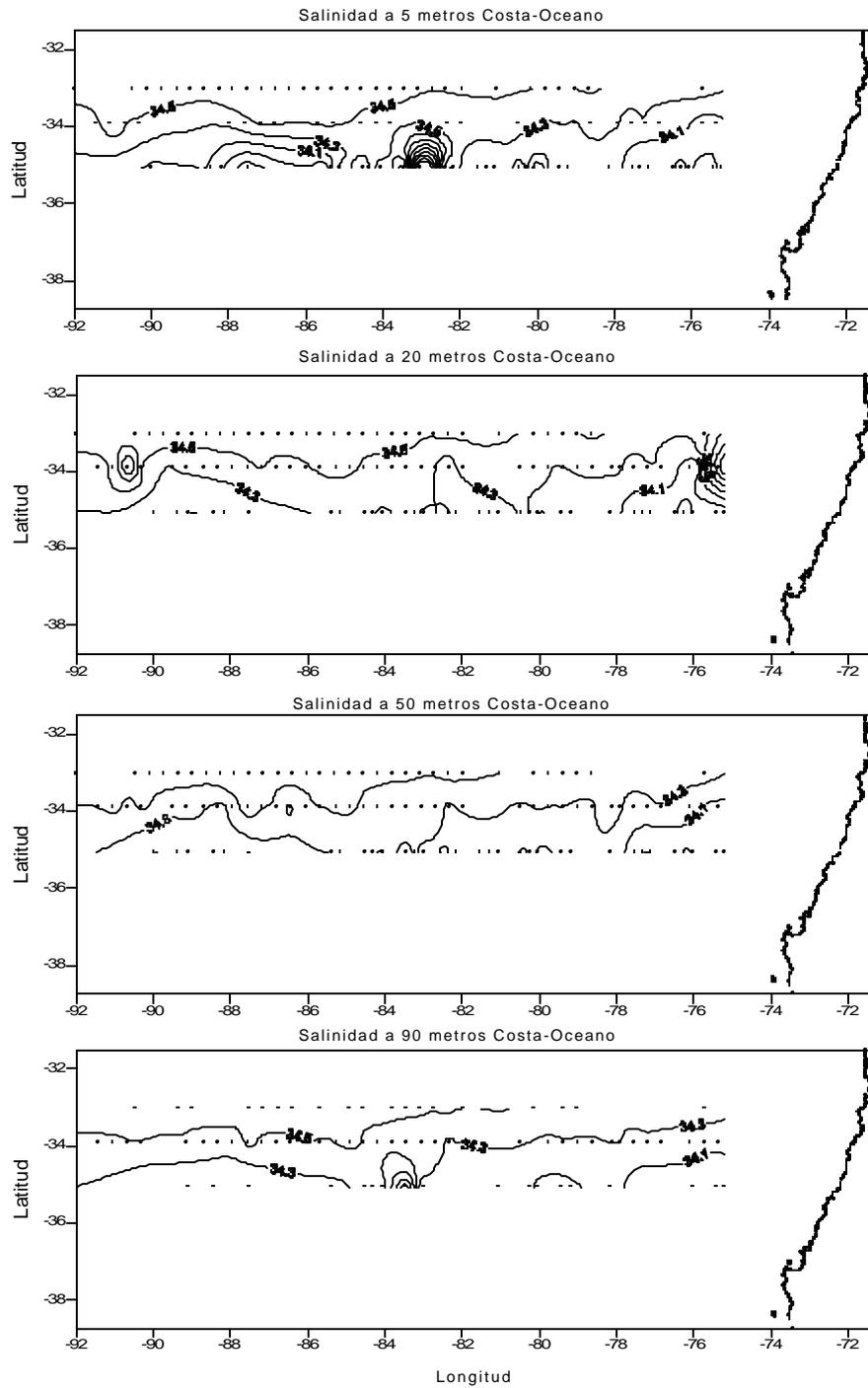


Figura 13. Distribuciones horizontales de salinidad a 5, 20, 50 y 90 metros de profundidad. Transectos costa-océano.

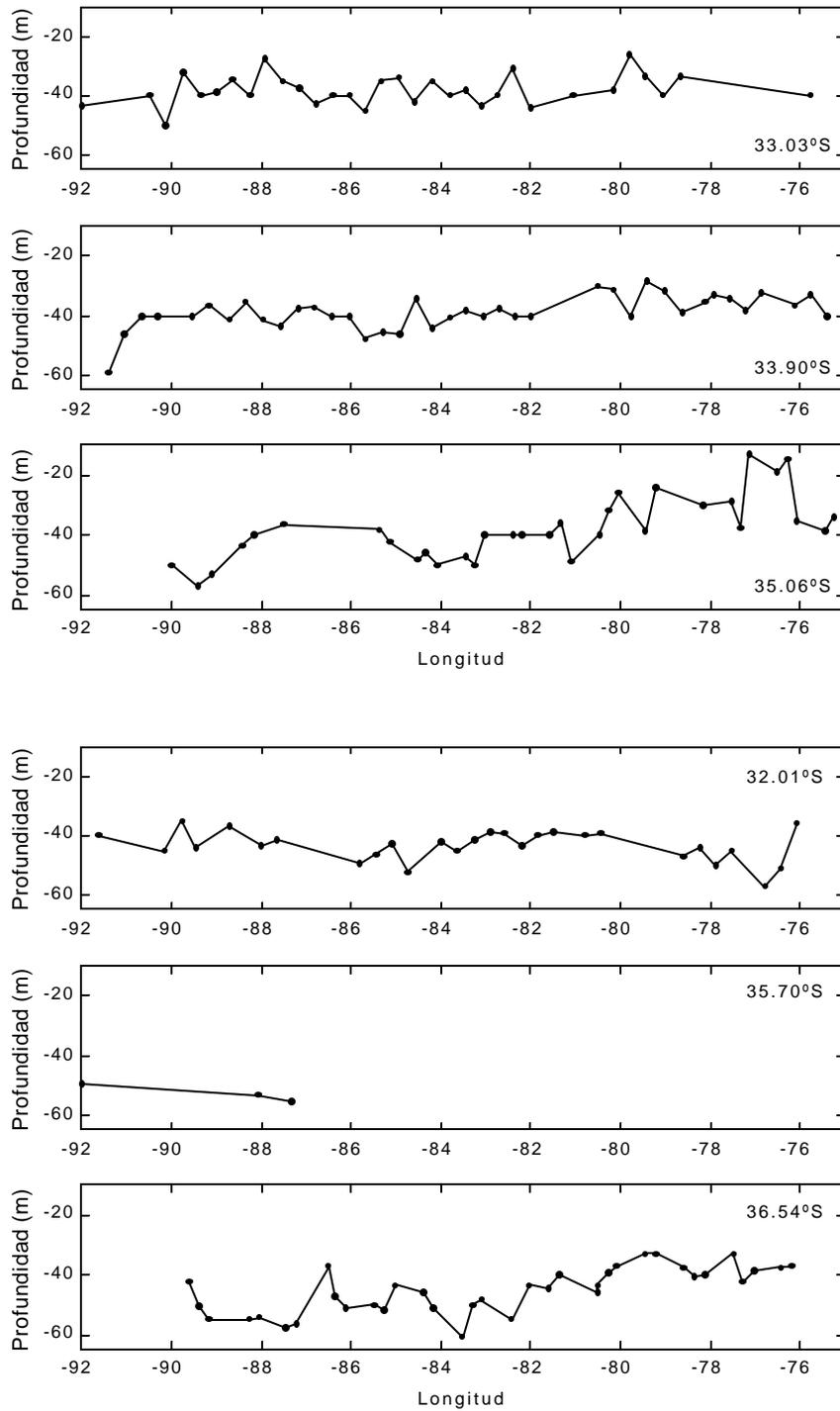


Figura 14. Profundidad de la capa de mezcla en los transectos costa–océano (arriba) y océano–costa (abajo).

La **Figura 15** muestra la estratificación entre 5 y 90 metros de profundidad, a lo largo de los transectos. La estratificación es sensiblemente mayor en la parte oriental de la zona de estudio, sobre todo en la parte sur de ésta. Este resultado es coherente con lo observado en los cortes verticales de temperatura (**Figura 11**), dado que la salinidad no muestra grandes variaciones verticales hasta 90 metros, sino que sus variaciones son mayormente este-oeste (figura no mostrada).

Comparando figuras de profundidad de la capa de mezcla (**Figura 14**) y de la estratificación (**Figura 15**) con las distribuciones de viento (**Figura 10**) aparece una posible relación entre el grado de mezcla vertical y la intensidad de los vientos. La **Figura 16** muestra cómo fue la intensidad de los vientos a lo largo del recorrido de la embarcación Panilonco, cuyo CTD entregó datos particularmente confiables. Como se comentó en la metodología, no hubo datos de viento durante el primer día de navegación. Por lo mismo, el diagrama muestra sólo el transecto de vuelta. Se observa que los vientos encontrados por el Panilonco fueron intensos en la zona occidental, y de mediana intensidad en el centro y este de la región de estudio. En particular, prácticamente a lo largo de todo el transecto se tuvo vientos más intensos el día anterior al paso del Panilonco.

A fin de estudiar la relación entre la mezcla y los vientos, se hizo análisis de correlación entre la intensidad de los vientos y la profundidad de la capa de mezcla, y entre la intensidad de los vientos y la estratificación, usando los vientos del día, del día anterior, de dos días antes, de los dos últimos días, y de los tres últimos días. Las **Figuras 17 y 18** muestran los casos en que se encontró mayor correlación, que son cuando se compara la capa de mezcla con los vientos del mismo día (diagrama superior), y la estratificación con los vientos del mismo día (diagrama inferior). Si bien estos son los casos de mayor correlación, ésta es sólo significativa (al 95 %) sólo en el caso de la relación entre la capa de mezcla y los vientos del mismo día, donde fue de 57 %. Esto, en particular, muestra la posibilidad de cuantificar el espesor de la capa de mezcla en toda la región de estudio (dado que Quikscat midió en toda la zona), y no solamente en las transectos hechos por los buques.

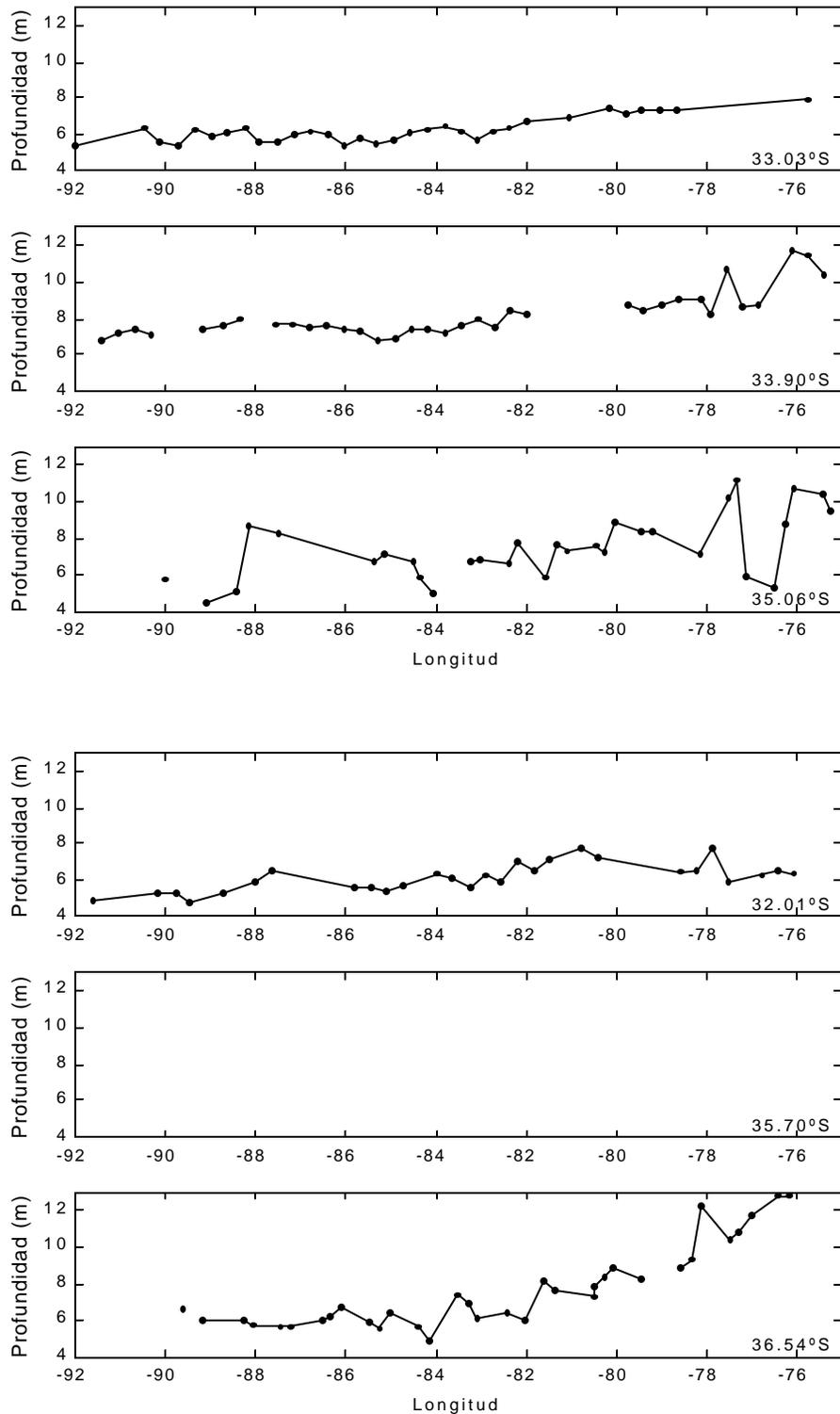


Figura 15. Estratificación de la columna de agua entre 5 y 90 metros de profundidad en los transectos costa–océano (arriba) y océano–costa (abajo).

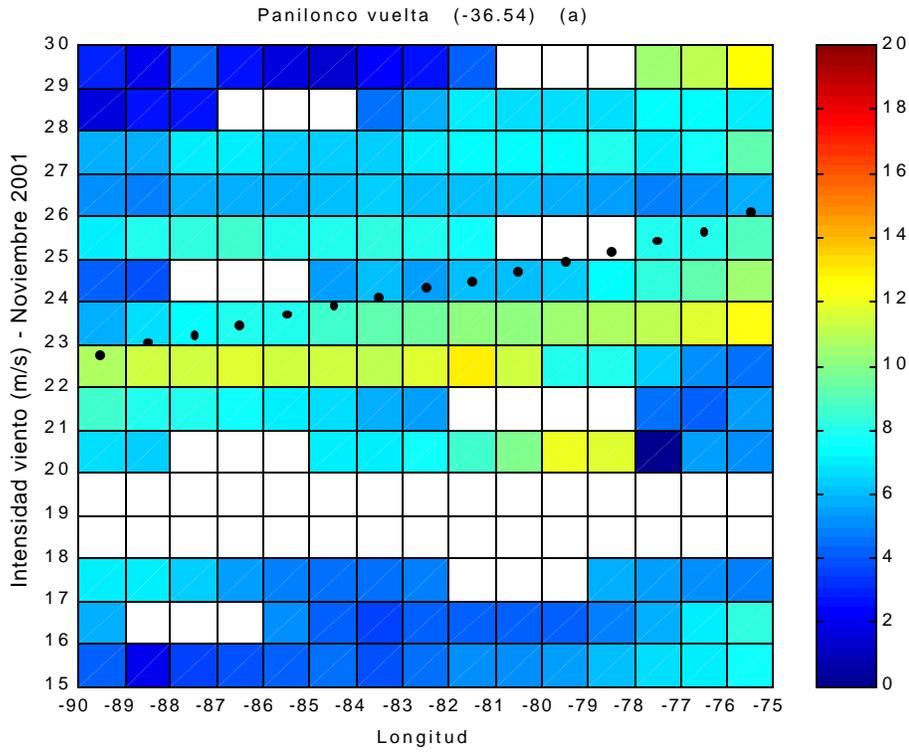


Figura 16. Intensidad del viento (en m/s) a lo largo del recorrido del Panilonco océano–costa. La posición del buque en los distintos días se muestra mediante puntos.

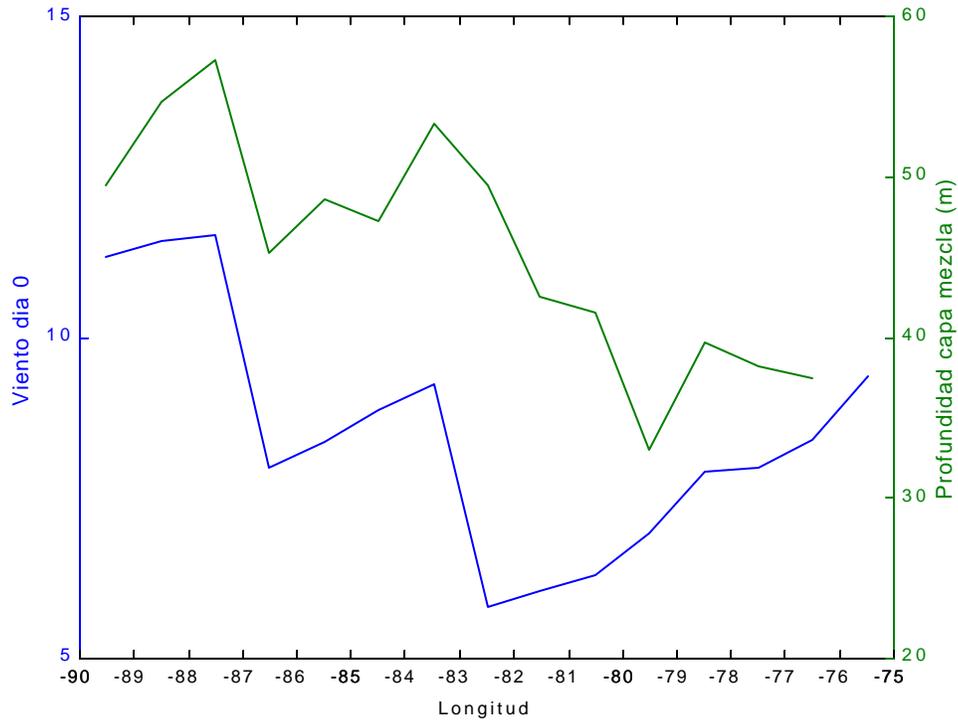


Figura 17. Intensidad del viento (en m/s) (eje izquierdo) y profundidad de la capa de mezcla (eje derecho). Los vientos son del mismo día en que se midió la capa de mezcla.

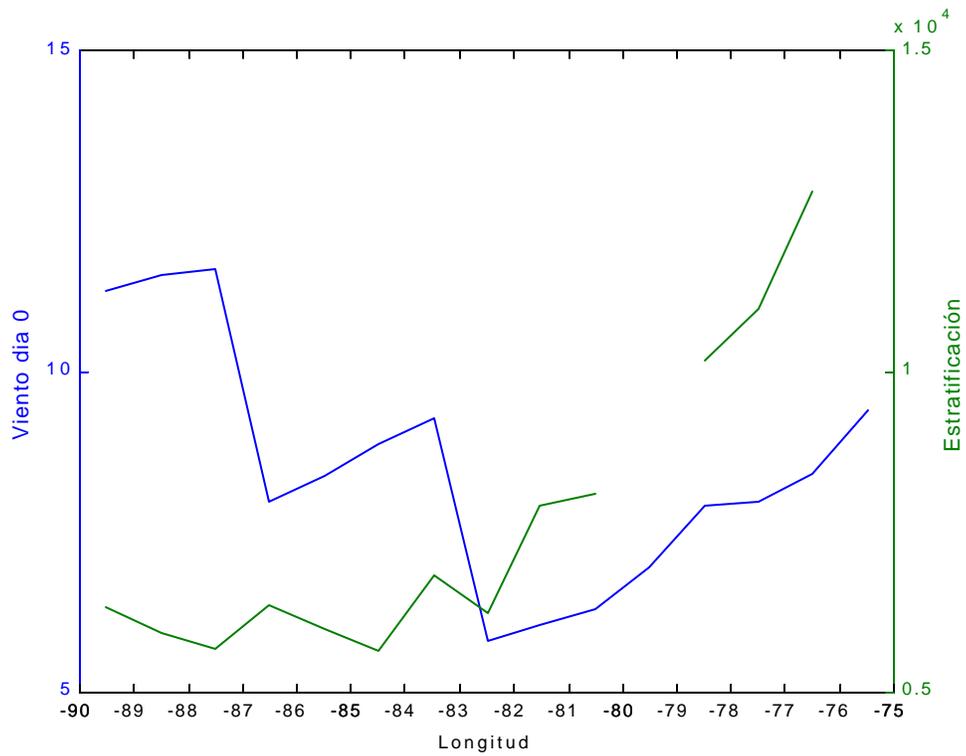


Figura 18. Intensidad del viento (en m/s) (eje izquierdo) y estratificación de la columna de agua (eje derecho). Los vientos son del mismo día en que se midió la estratificación.

9.2. Distribución y abundancia de huevos y larvas

Durante el crucero de noviembre de 2001, se observó una amplia cobertura de huevos de jurel en el área de estudio, detectándose al oeste de los 78° W zonas extensas con mayor concentración de huevos (**Figura 19**). El límite norte revela la ausencia de huevos de jurel, mientras que el límite sur revela estaciones positivas pero con una menor densidad de huevos. Las estaciones positivas (con presencia de huevos de jurel), representan un 72,3 % de la muestra total (478 de 661 estaciones) lo que es un indicio del alto grado de cobertura espacial de las áreas de desove y de la existencia de diversos núcleos de desove. La densidad media para el área de estudio fue de 639,4 huevos en 10 m², densidad superior a la registrada en noviembre de 2000 y 1999 (444,2 y 561,7 huevos en 10 m², respectivamente). La densidad media considerando solo a las estaciones positivas, fue de 884,2 huevos en 10 m² (noviembre de 2000: 592,2; noviembre de 1999: 772,6 huevos en 10 m²) (**Tabla 6**).

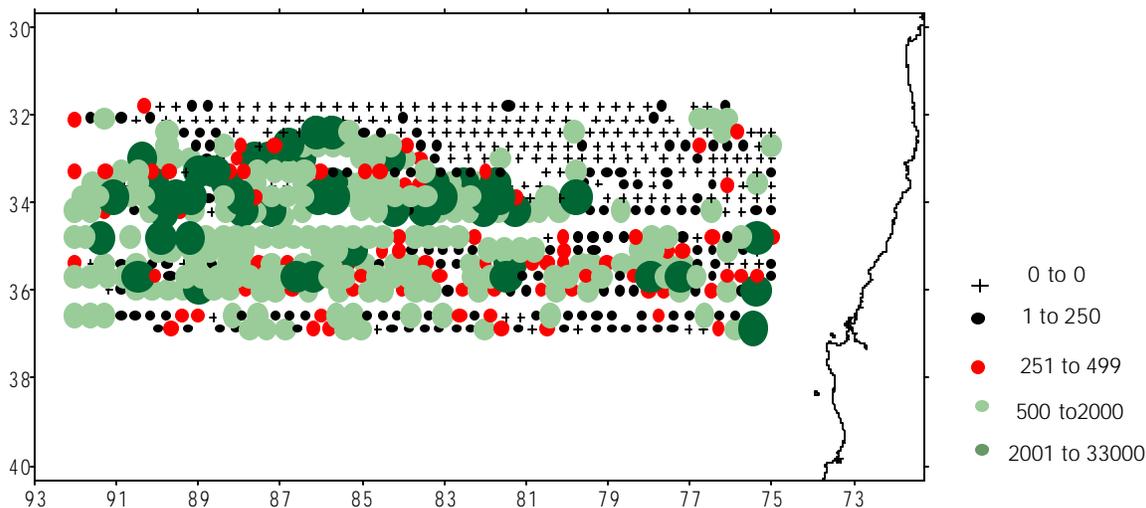


Figura 19. Densidad de huevos de jurel (huevos en 10 m²) en el cruceo 2001.

La extensa distribución del desove y la alta incidencia de estaciones positivas ha sido una característica recurrente en los últimos años, lo que determina que las tendencias de la producción total de huevos (densidad promedio) siga las mismas tendencias ya sea se considere solamente las estaciones positivas como el total de estaciones (**Figura 20**). Lo mismo es válido al considerar el estimador Finney-Sichel (**Tabla 6**).

Tabla 6. Estadística de la distribución de huevos de jurel entre 1997 y 2001 (D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas, DE(Dpos) = desviación estándar datos; Var(Dpos) = varianza de la densidad media en estaciones positivas), EE(Dpos) = error estándar; Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima, y = promedio densidad transformada a logaritmo, s2 = varianza densidad transformada a logaritmo, FS = estimador Finney-Sichel, Var(FS) = varianza Finney-Sichel, EE(FS) = error estándar).

Estadísticos	1997	1998	1999-n	1999-d	2000	2001
Estaciones	66	173	751	363	880	661
Estaciones positivas	34	125	546	212	660	478
%	51,5	72,3	72,7	58,4	75,0	72,3
D	108,5	317,9	561,7	266,3	444,2	639,4
Var(D)	506,9	1903,2	3460,7	400,9	339,1	1777,0
EE(D)	22,5	43,6	58,8	20,0	18,4	42,2
Dpos	210,6	440,0	772,6	455,9	592,2	884,2
DE(Dpos) datos	256,7	675,8	1891,2	499,7	630,9	1186,7
Var(Dpos)	1938,1	3653,6	6550,6	1177,8	603,1	2946,3
EE(Dpos)	44,0	60,4	80,9	34,3	24,6	54,3
Dmin	26,2	30,1	35,4	35,4	35,4	35,4
Dmax	1176,2	3917,7	26844,1	3501,4	5199,1	11353,1
Y	4,77	5,20	5,82	5,58	5,86	6,1
s2	1,16	1,87	1,59	1,23	1,26	1,2
FS	105,8	328,3	543,5	284,6	492,1	612,9
Var(FS)	682,9	3145,2	1736,3	893,6	846,5	1769,3
EE(FS)	26,1	56,1	41,7	29,9	29,1	42,1

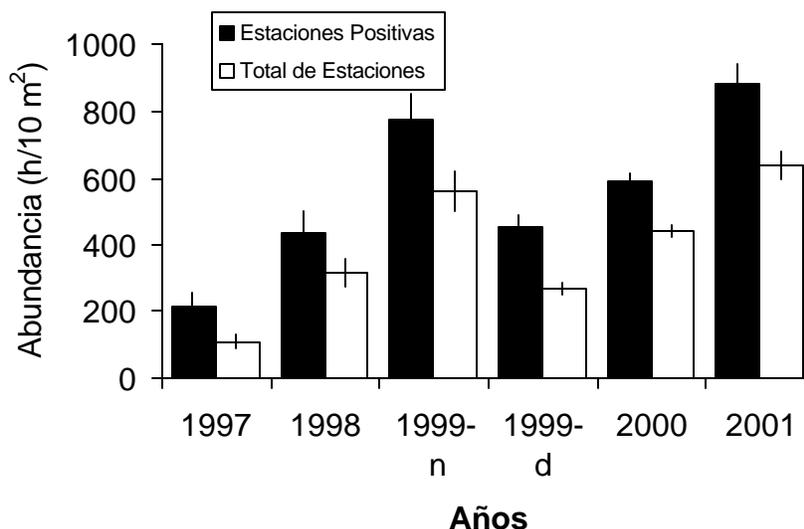


Figura 20. Cambios interanuales de la abundancia total de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones.

En el caso de las larvas de jurel, éstas muestran un alto grado de distribución y repartición principalmente en el centro-norte del área de estudio. El límite norte acusa estaciones positivas principalmente entre los 84 y 87° W, mientras que el límite sur revela estaciones positivas con abundancia baja (**Figura 21**).

La proporción de estaciones positivas con larvas fue mayor que para los huevos (76,2%) y levemente inferior que el 77% que mostraron las larvas en noviembre de 2000 (**Tabla 7**).

Como fue expuesto, las larvas de jurel mostraron mayores focos entre los 32° – 34° S y 83° – 88°W (**Figura 21**). La densidad media de larvas considerando solo las estaciones positivas fue de 317,9 larvas en 10 m², cifra similar al valor de 347 larvas en 10 m² registradas en noviembre de 2000. Interanualmente, la densidad promedio de larvas de jurel ha sido menos variable que los cambios observados en la densidad de huevos (**Figura 22**).

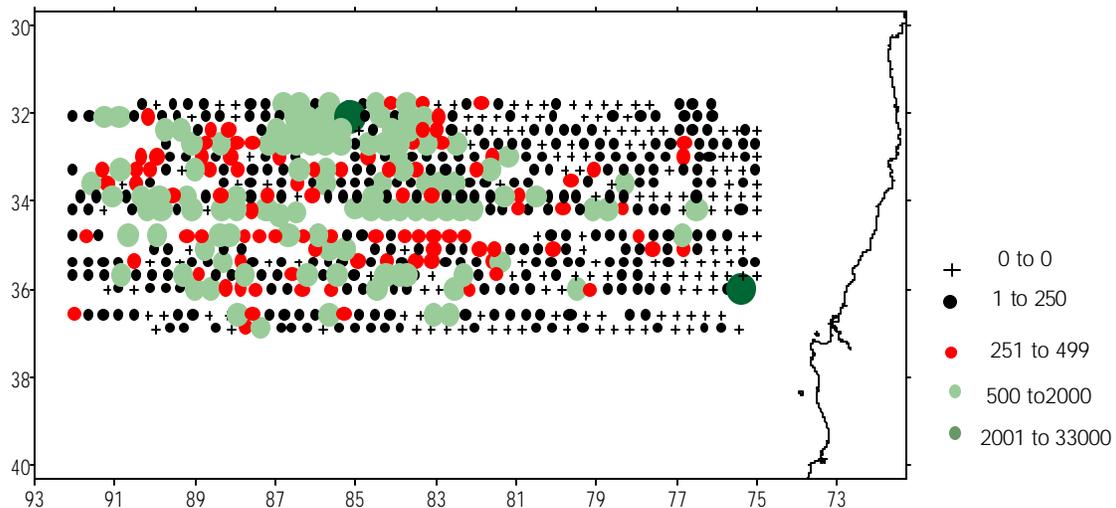


Figura 21. Densidad de larvas de jurel (larvas en 10 m²) en el crucero 2001.

Tabla 7. Estadística de la distribución de larvas de jurel entre 1997 y 2001 (D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas, DE(Dpos) = desviación estándar datos; Var(Dpos) = varianza de la densidad media en estaciones positivas), EE(Dpos) = error estándar; Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima, y = promedio densidad transformada a logaritmo, s2 = varianza densidad transformada a logaritmo, FS = estimador Finney-Sichel, Var(FS) = varianza Finney-Sichel, EE(FS) = error estándar).

Estadísticos	1997	1998	1999-n	1999-d	2000	2001
Estaciones	66	173	751	363	880	661
Estaciones positivas	18	101	501	207	678	504
%	27,3	58,4	66,7	57,0	77,0	76,2
D	38,0	243,0	192,6	152,0	266,0	242,4
Var(D)	62,3	1130,5	97,8	134,7	125,4	163,6
EE(D)	7,9	33,6	9,9	11,6	11,2	12,8
Dpos	139,4	416,2	288,7	266,5	345,2	317,9
DE(Dpos) datos	125,4	580	332	293,1	378,5	343,3
Var(Dpos)	873,6	3330,5	220,0	415,0	211,3	233,9
EE(Dpos)	29,6	57,7	14,8	20,4	14,5	15,3
Dmin	21,4	30,1	35,4	35,4	35,4	35,4
Dmax	425,2	2803	2794,1	2157,4	3395,3	2864,8
y	4,54	5,20	5,13	5,10	5,31	5,2
s2	0,88	1,80	1,11	1,04	1,15	1,1
FS	38,4	255,8	196,4	156,0	276,7	243,9
Var(FS)	144,5	2308	157,7	232,4	230,7	223,1
EE(FS)	12,0	48,0	12,6	15,2	15,2	14,9

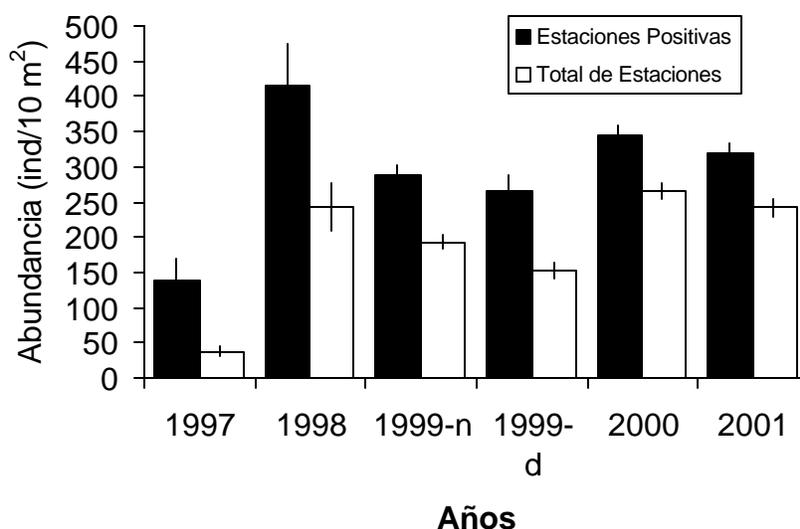


Figura 22. Cambios interanuales de la abundancia de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones.

a) Asociación de huevos (larvas) con la temperatura superficial

Durante la presente prospección no se encontraron asociaciones significativas ($P > 0.05$) entre la abundancia de estadios tempranos de jurel y los rangos de temperatura superficial del mar observados en el crucero como se muestra en la **Tabla 8** y **Figura 23**.

Tabla 8. Distancia máxima (S) entre $f(t)$ y $g(t)$ y significancia estadística (P) en la aplicación del método de **Perry y Smith (1994)** para huevos y larvas de jurel durante la prospección del año 2001.

	S	P
Huevos/ 10 m ²	0,0750	0,1740
Larvas/ 10 m ²	0,0676	0,1395

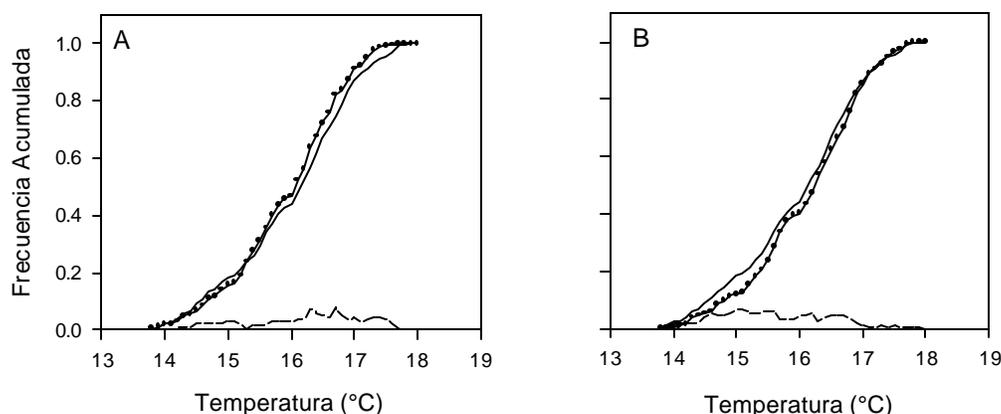


Figura 23. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas (ind/10 m²; A) o huevos (huevos/m²; B) de jurel y la temperatura superficial del mar durante el año 2001 de acuerdo al método de Perry y Smith (1994). Símbolos : línea sólida = frecuencia acumulada de la variable ambiental ($f(t)$); -•-•- = frecuencia acumulada de la variable ambiental X la densidad de huevos o larvas ($g(t)$); - - - = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$.

Esta aparente carencia de asociación se debe al hecho que el área de estudio presentó un rango de temperaturas superficiales del mar bastante homogéneo en comparación con otros años (**Figura 24**). En consecuencia, las larvas y huevos se distribuían en una zona con rangos ambientales de temperatura que no presentaban horizontalmente una heterogeneidad suficiente para generar diferencias detectables.

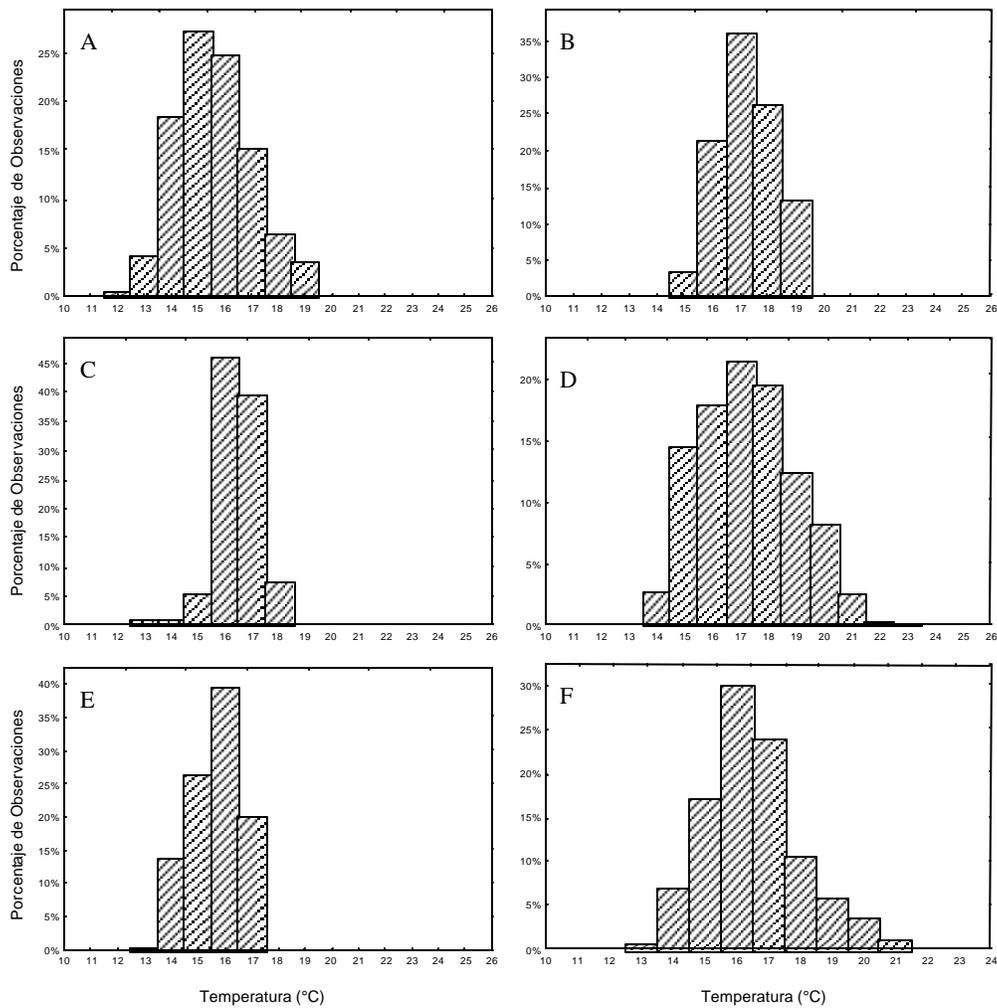


Figura 24. Distribución de frecuencias de la temperatura superficial del mar en las áreas de alta mar donde se han realizado prospecciones de larvas y huevos de jurel. A =año 1998; B = Noviembre de 1999; C = Diciembre de 1999; D = Año 2000; E = Año 2001; F = frecuencia agregada de todos los cruceros.

No obstante, investigaciones previas (Cubillos et al. 2002) han demostrado que los estadios tempranos del jurel presentan una asociación con la temperatura superficial del mar. De hecho, las larvas y huevos del jurel estuvieron significativamente asociados a la temperatura superficial del mar ($P = 0,0001$) durante el crucero del año 2000 (Figura 25; Tabla 9), encontrándose preferentemente en aguas con rangos de temperatura entre 17,5 – 20,5 °C y 17 - 20,5°C respectivamente.

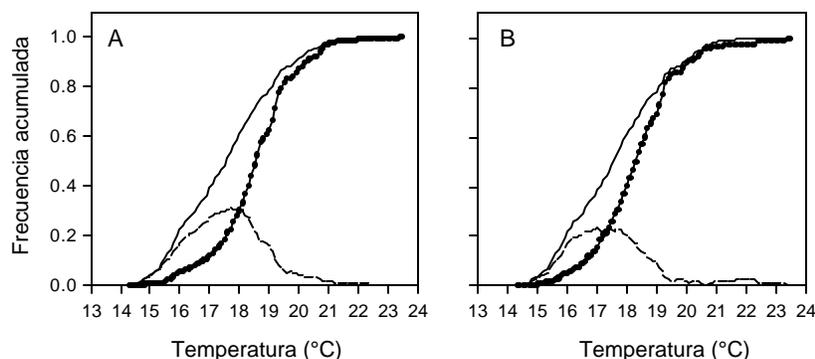


Figura 25. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas (A) o huevos (B) de jurel y la temperatura superficial del mar durante el año 2000 de acuerdo al método de Perry y Smith (1994). Símbolos : línea sólida = frecuencia acumulada de la variable ambiental ($f(t)$); -o-o- = frecuencia acumulada de la variable ambiental X la densidad de huevos o larvas ($g(t)$); - - - = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$.

Tabla 9. Distancia máxima (S) entre $f(t)$ y $g(t)$ y significancia estadística (P) en la aplicación del método de Perry y Smith (1994) para huevos y larvas de jurel en base a 2000 randomizaciones.

Crucero	S	P
Huevos:		
Noviembre-Diciembre 2000	0,2323	0,0001
Diciembre 1999	0,2463	0,0001
Noviembre 1999	0,2966	0,0005
Diciembre 1998	0,1864	0,0640
Larvas:		
Noviembre-Diciembre 2000	0,3110	0,0001
Diciembre 1999	0,2163	0,0001
Noviembre 1999	0,1875	0,0100
Diciembre 1998	0,2622	0,0035

La fuerte asociación encontrada entre la temperatura superficial del mar y la densidad de los estadios tempranos del jurel durante el año 2000 es consistente con lo que se observa al aplicar la metodología de Perry y Smith (1994) a los datos obtenidos en otros cruceros de investigación en las zonas oceánicas del jurel en periodo primavera (Tabla 9; Figura 26). Sin embargo, se aprecia cierta variabilidad en los rangos preferenciales de temperatura tanto para huevos y larvas con valores $>15,5$ °C, $>17,3$ °C y $>16,8$ °C para los cruceros de diciembre 1998, noviembre 1999 y diciembre 1999, respectivamente.

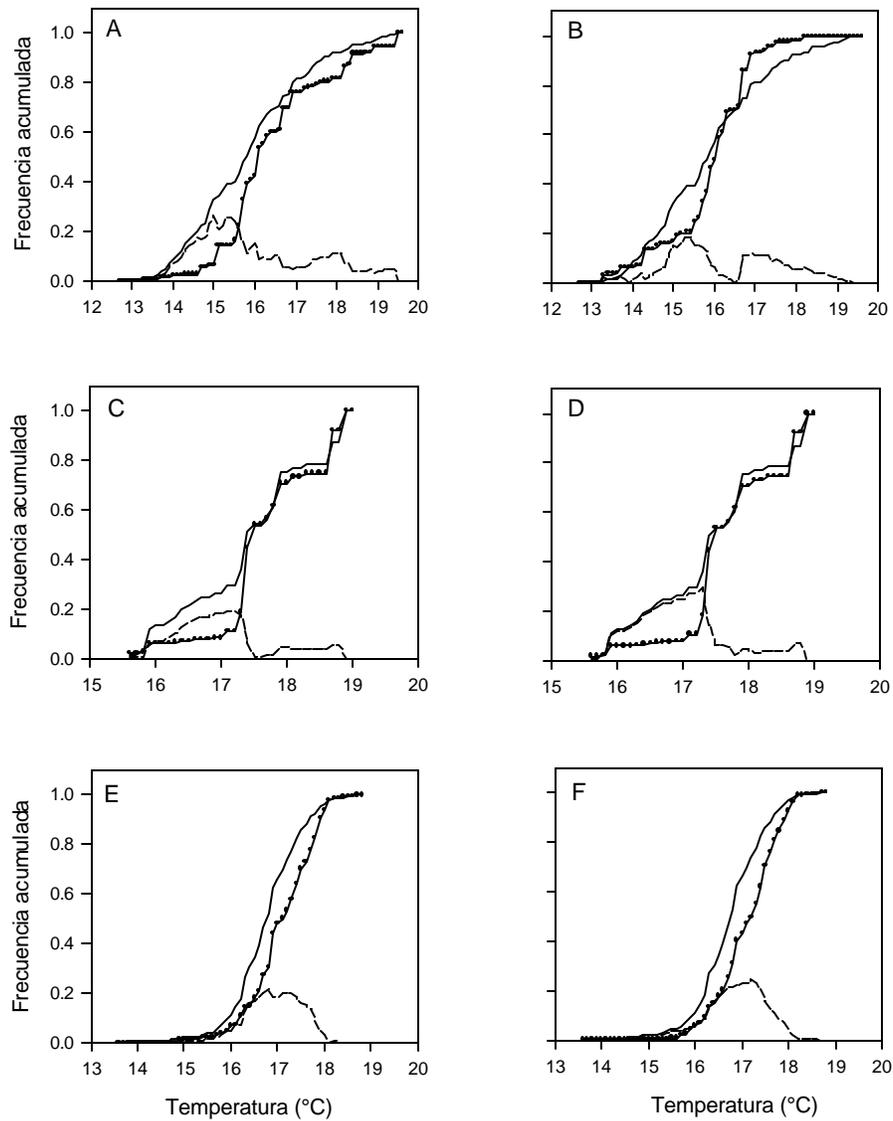


Figura 26. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas o huevos de jurel y la temperatura superficial del mar durante los cruceros realizados los años 98 y 99 de acuerdo al método de Perry y Smith (1994). (A) larvas 1998, (B) huevos 1998, (C) larvas noviembre 1999, (D) huevos noviembre 1999, (E) larvas diciembre 1999, (F) huevos diciembre 1999. Símbolos: línea sólida = frecuencia acumulada de la variable ambiental ($f(t)$); - - - = frecuencia acumulada de la variable ambiental X la densidad de huevos o larvas ($g(t)$); . . . = diferencia entre $g(t)$ y $f(t)$.

Al combinar la data de los cinco cruceros disponibles (Figura 27, Tabla 10) se puede concluir que las larvas y huevos del jurel presentan preferencias por aguas cálidas con temperaturas que por lo general varían entre 16,7 y 18,1 °C.

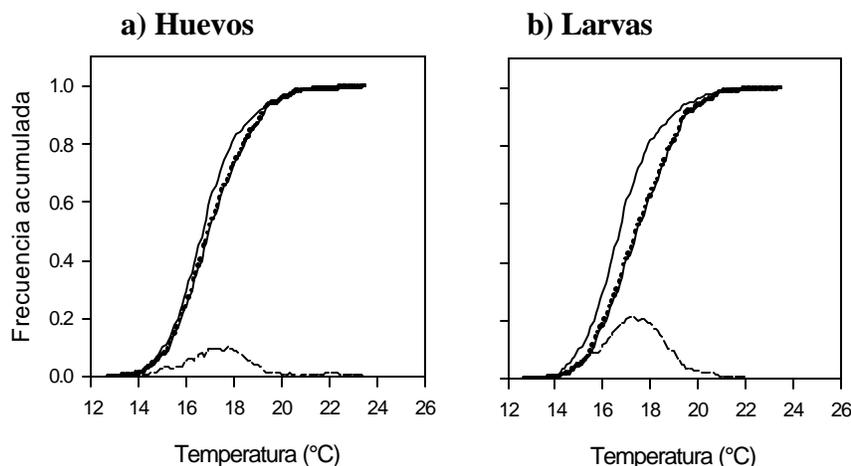


Figura 27. Distribución de frecuencias acumuladas para determinar asociación entre larvas o huevos de jurel y la temperatura superficial del mar agrupando los datos de los cruceros realizados los años 1998, 1999 y 2000, de acuerdo al método de Perry y Smith (1994). Símbolos : línea sólida = frecuencia acumulada de la variable ambiental (f(t)); -|-|- = frecuencia acumulada de la variable ambiental X la densidad de huevos o larvas (g(t)); - - - = diferencia entre g(t) y f(t).

Tabla 10. Distancia máxima (S) entre f(t) y g(t) y significancia estadística (P) en la aplicación del método de Perry y Smith (1994) para huevos y larvas de jurel combinando la data correspondiente a los cinco cruceros de prospección de jurel en altamar que se han realizado durante la primavera (1998, 1999, 2000, 2001).

	S	P
Huevos / 10 m ²	0,1004	0.000
Larvas / 10 m ²	0,2148	0.000

En resumen, la información disponible a la fecha demuestra que las larvas y huevos del jurel presentan una clara preferencia por aguas cálidas, y que durante el crucero de 2001 el rango de temperaturas observadas en el ambiente fue bastante homogéneo no permitiendo la detección de diferencias significativas en los rangos de preferencia ambiental de los estadios tempranos del jurel.

9.3. Producción de huevos

9.3.1. Distribución de edades

La distribución de edades de los huevos de jurel, agrupados en intervalos de 0,25 y 0,5 días para el total del área se presenta en la **Figura 28**. Las diferencias entre la distribución de edades corregidas y no corregidas es pequeña, lo que se debe principalmente a la pequeña diferencia entre las 23:30 horas y las edades no corregidas que asumen las 24 horas.

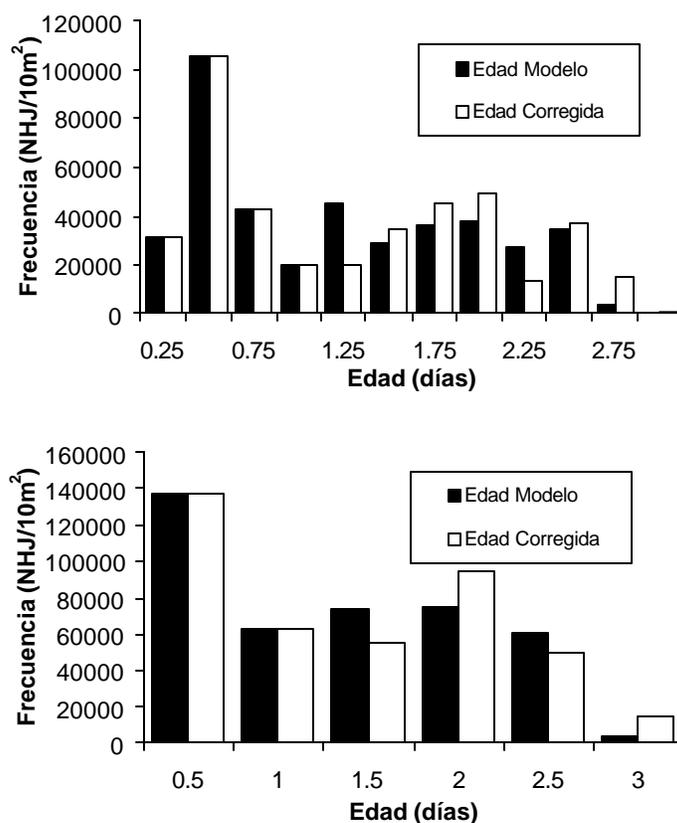


Figura 28. Distribución de edades de huevos de jurel cada 0,25 y 0,5 días, noviembre de 2001.

9.3.2. Mortalidad de huevos y Producción diaria promedio

La tasa instantánea de mortalidad total y la producción diaria promedio de huevos se estimó ajustando la Ecuación (19) a los datos de abundancia por edad corregida. Para ello se utilizó la edad estimada para cada observación, sin agrupar la abundancia por rangos de edades. El resumen estadístico de la estimación de los parámetros se presenta en la **Tabla 11**, comparándolos con las estimaciones obtenidas para el crucero de noviembre de 1999 y 2001 bajo los mismos criterios metodológicos.

Tabla 11. Producción diaria de huevos y coeficiente de mortalidad total de huevos de jurel en noviembre de 1999, 2000, y 2001.

Años	P_0 (ind en 10 m^2)		Z (d^{-1})		Area (km^2)	n	R^2	p
	95% LC		95% LC					
1999	413,9	310,7-517,3	0,676	0,372-0,979	630101	1740	0.012	<0,05
2000	248,5	223,4-273,4	0,504	0,394-0,615	746786	2105	0.041	<0,05
2001	350,3	296,1-404,4	0,383	0,246-0,522	531196	1560	0.019	<0,05

La producción diaria promedio de huevos en 10 m^2 experimentó un incremento significativo en noviembre de 2001 en relación con noviembre de 2000, y fue prácticamente de igual magnitud que en 1999. En efecto, la producción de huevos del año 2001 y 1999 no son significativamente diferentes. Sin embargo, la tasa instantánea de mortalidad total no fue estadísticamente diferente en los tres años, a pesar que el valor de tendencia central fue menor en el 2001 (**Tabla 11**). El área de desove se estimó considerando el área cubierta por las estaciones positivas. En noviembre de 2001, el área de desove fue de 531196 km^2 , lo que representó una disminución de 28,9 % respecto de noviembre de 2000. Al considerar el área de desove se tiene que la producción de huevos absoluta habría sido de $1,861 \times 10^{13}$ huevos, similar a la producción de 2000 ($1,856 \times 10^{13}$ huevos), pero inferior a la del año 1999 ($2,608 \times 10^{13}$ huevos). Es decir, en noviembre de 2001 la producción de huevos en el área de estudio fue muy similar a la noviembre de

2000, representando una disminución de 44 % en comparación con la producción diaria de huevos de noviembre de 1999.

9.4. Modelación de la distribución espacial de huevos y larvas

9.4.1. Modelo GAM

Se incluyó la temperatura superficial del mar, latitud y longitud en un modelo GAM, cuyos resultados indicaron que las tres variables fueron importantes para explicar la distribución de huevos de jurel. Los resultados de la aproximación exploratoria se presentan en la **Figura 29**, donde se observa que la distribución de huevos se incrementa fuertemente desde los 32° hasta los 34° S, donde alcanza valores máximos. Posteriormente, la abundancia disminuye gradualmente hasta los 37° S. Longitudinalmente, la densidad de huevos se incrementa linealmente desde de los 75° W hasta valores máximos después de los 85° W. El efecto de la temperatura es a la forma de domo, con valores máximos en los 16 °C.

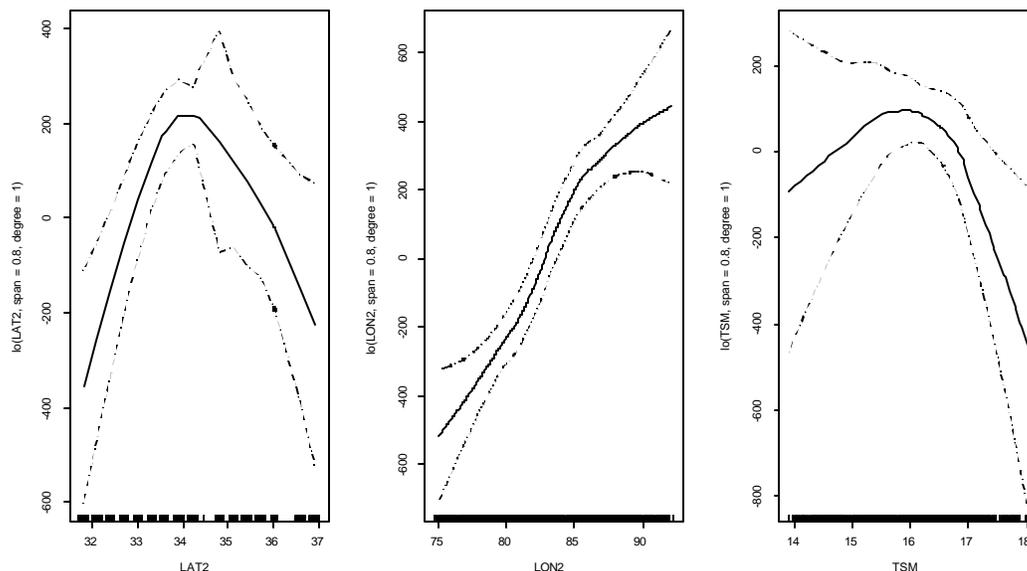


Figura 29. Densidad de huevos de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar. Noviembre de 2001.

En el caso de las larvas, se observa una distribución similar a la señalada para los huevos. Sin embargo, la mayor distribución de larvas ocurre más hacia el norte que la distribución de huevos (**Figura 30**). Longitudinalmente, se observa una distribución similar a la de los huevos, mientras que en función de la temperatura se observa también una relación no-lineal en torno de los 16 °C.

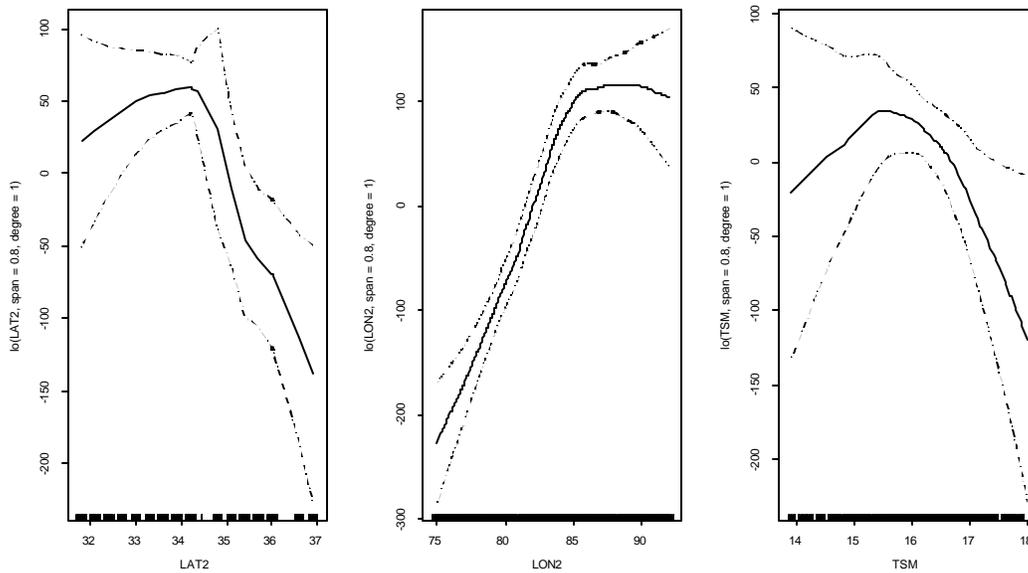


Figura 30. Densidad de larvas de jurel en relación con la latitud, longitud y temperatura superficial del mar. Noviembre de 2001.

9.4.2. Análisis geoestadístico

a) Distribución espacial de los huevos

El cálculo de variograma isotrópico, teórico y experimental, para la distribución de la abundancia de huevos de jurel mostró una estructura espacial evidente, con un efecto *nugget* claro, y un *sill* a un rango superior a las 600 km (**Figura 31**).

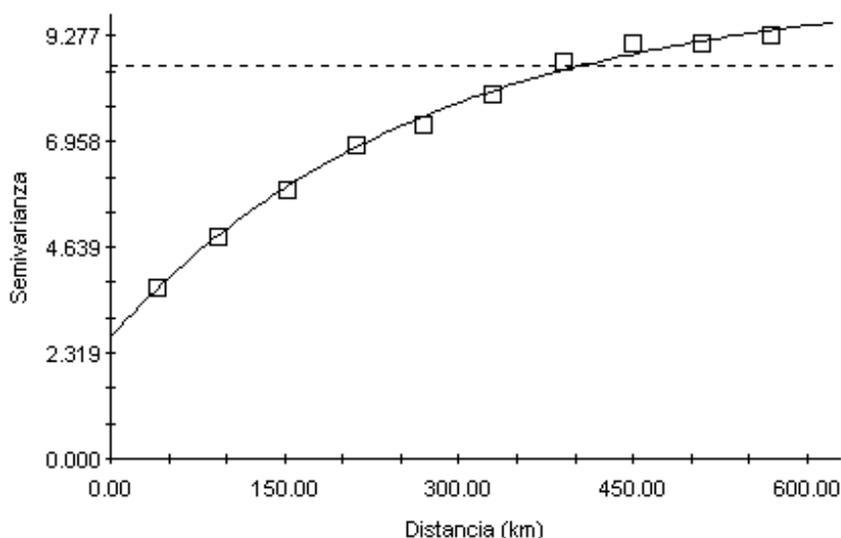


Figura 31. Variograma experimental (cuadrados) y teórico (línea continua) para la distribución espacial del ln de la abundancia de huevos de jurel año 2001.

El comportamiento del variograma omnidireccional fue similar en las diferentes direcciones, observándose un mayor *sill* en las direcciones N-S (0°) y NE-SW (45°) (**Figura 32**) indicando la presencia de cierto grado de anisotropía en esas direcciones. Sin embargo, dado el grado de similitud entre el variograma direccional y omnidireccional, es posible concluir que existe la misma variabilidad en todas las direcciones, esto es que la distribución de los huevos presenta un comportamiento isotrópico. Si bien se reconoce una tendencia del variograma a incrementar con la distancia, el efecto *nugget* es tal que el *sill* sólo se alcanza a distancias muy grandes (>600 km). En otras palabras, en distancias mayores a 600 km habría independencia espacial en la distribución espacial de la densidad de huevos de jurel.

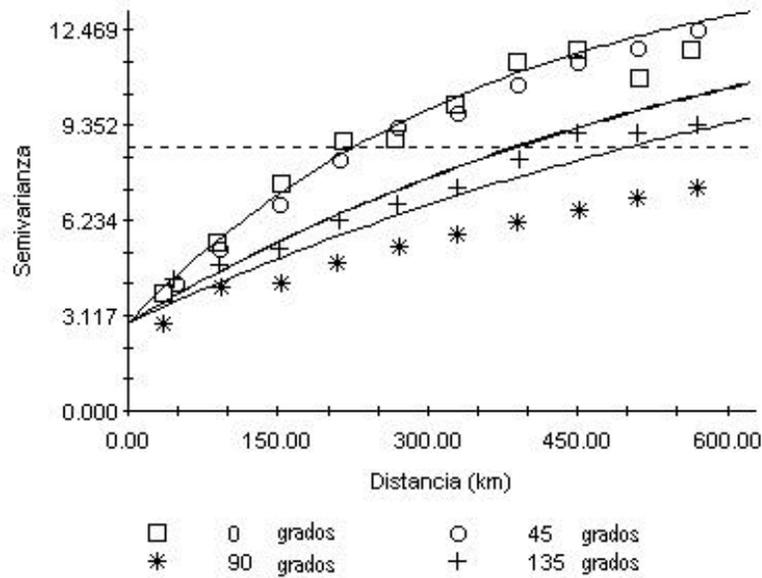


Figura 32. Variograma omnidireccional para la distribución espacial del ln de la abundancia de huevos de jurel, año 2001.

Finalmente, el modelo ajustado para la distribución espacial de huevos de jurel corresponde a un variograma de tipo exponencial isotrópico (**Figura 31**) con un lag de 600 km, cuyos parámetros se entregan en la Tabla 12.

Tabla 12. Parámetros obtenidos del ajuste del modelo exponencial con lag 600 km para el ln de la abundancia de huevos de jurel (r^2 : ajuste del modelo; r^2 (b) ajuste validación cruzada)

Parámetro	Valor
Nugget	2.67
Sill	10.331
Rango	810.0
r^2	0.995
r^2 (b)	0.571

Entonces, para el modelo de variograma seleccionado, el rango indicó que la densidad de huevos de jurel es independiente espacialmente a distancias mayores a 810 km, distancia que a su vez da cuenta del tamaño del parche de huevos.

Con los datos del variograma exponencial ajustado y verificado con la validación cruzada se procedió a la realización del mapeo por *kriging* y su posterior representación en el programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 2000).

El mapeo de la distribución de la abundancia indicó la presencia de huevos de jurel en gran parte del área de estudio (**Figura 33**). Se observó que la distribución de huevos de la especie cubrió prácticamente toda el área de estudio, con una menor abundancia de huevos en el sector noreste y un núcleo de desove importante situado en el área central y situado en sentido E-O. El núcleo de desove determinado por la abundancia de 500 huevos en 10 m² (en la Figura 3 indicado por una isolínea roja) se ubicó en la parte central del área de estudio con una probable extensión hacia el oeste del límite occidental del área de estudio.

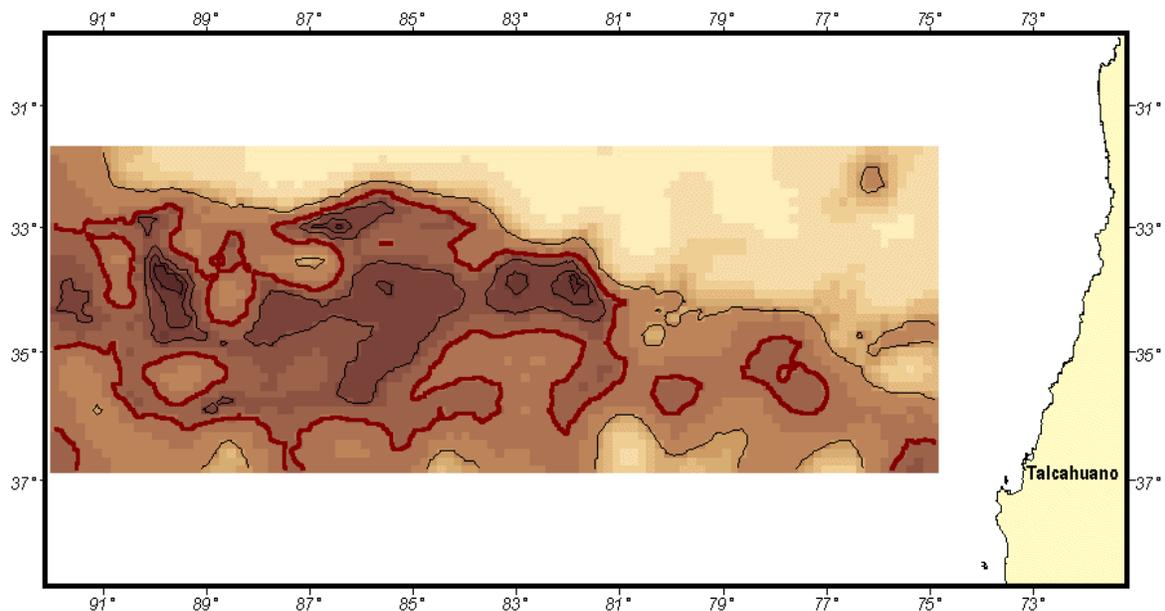


Figura 33. Distribución espacial de la abundancia de huevos de jurel año 2001 resultante del mapeo por *kriging*.

b) Distribución espacial de las larvas

El cálculo del variograma isotrópico, teórico y experimental, indicó una estructura espacial no tan evidente para la densidad de larvas de jurel, con un efecto *nugget* bajo, y un *sill* a un rango inferior a los 100 km (**Figura 34**).

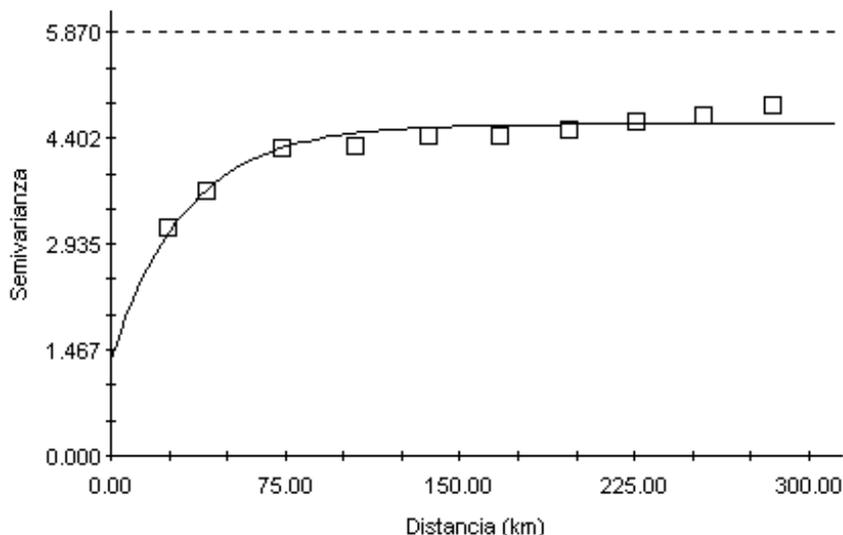


Figura 34. Variograma experimental (cuadrados) y teórico (línea continua) para la distribución espacial del ln de la abundancia de larvas de jurel año 2001.

El comportamiento del variograma omnidireccional sí fue similar en las diferentes direcciones, con un *sill* a un rango menor a 150 km. Debido a la similitud entre el variograma omnidireccional y direccional se concluyó que la misma variabilidad ocurre en todas las direcciones, esto es que la distribución de las larvas presenta un comportamiento isotrópico. A su vez, el rango observado es menor a 150 km, por lo que a distancias mayores a 150 km hay independencia en la distribución de la densidad de larvas de jurel.

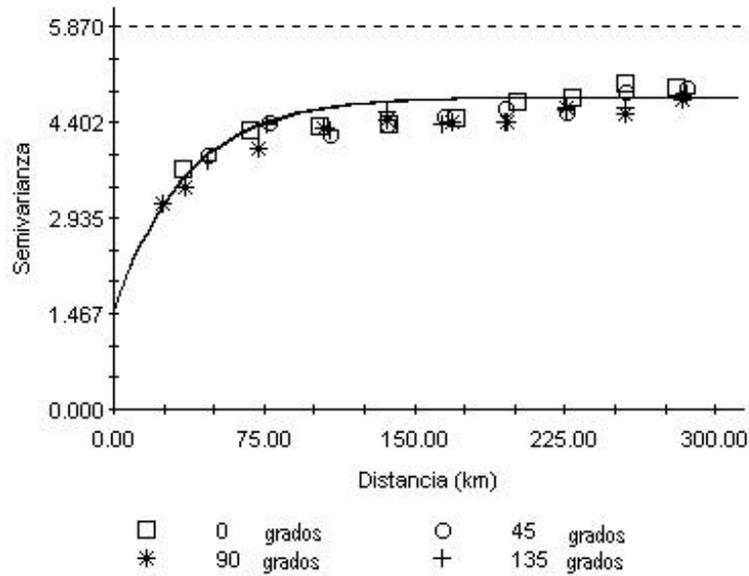


Figura 35. Variograma omnidireccional para la distribución espacial del ln de la abundancia de larvas de jurel año 2001.

El ajuste del modelo exponencial isotrópico (**Figura 34**) con un lag de 300 km para la distribución espacial de la abundancia de larvas de jurel, indicó para los diferentes parámetros los valores entregados en la Tabla 13.

Tabla 13. Parámetros obtenidos de los ajustes del modelo exponencial con lag 300 km para el ln de la abundancia de larvas de jurel (r^2 : ajuste del modelo; $r^2(b)$ ajuste validación cruzada).

Parámetro	Valor
Nugget	1,34
Sill	4,602
Rango	96,9
r^2	0,934
$r^2(b)$	0,329

Para el modelo exponencial el rango del variograma indicó que la densidad de larvas de jurel es independiente en distancias mayores a 97 km, distancia que correspondería al tamaño el parche de larvas. Este rango indica, además, que la distribución espacial de la

densidad de larvas de jurel es mucho más parcheada, en comparación con la distribución de la densidad de huevos.

Con los datos del variograma ajustado y verificado con la validación cruzada se procedió a la realización del mapeo por *kriging* y su posterior representación en el programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 2000).

El mapeo de la distribución espacial de la abundancia de larvas de jurel indicó un núcleo principal ubicado en el sector oeste del área de muestreo, a partir de los 80° W y hasta los 92° W. Este núcleo principal se encuentra distribuido principalmente en el sector noroeste del área de estudio y probablemente se prolongue hacia el norte y oeste del área de estudio. En el sector costero del área de estudio (entre los 75° W a 80° W) la presencia de larvas es escasa a excepción de pequeños núcleos ubicados al norte y centro del sector (Figura 36).

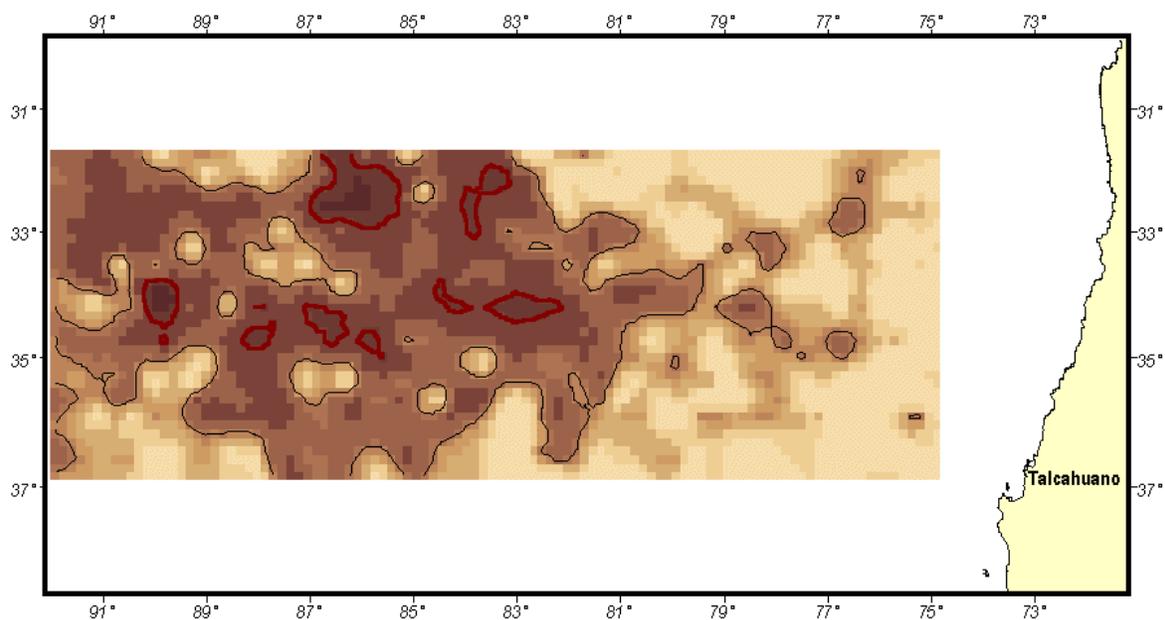


Figura 36. Distribución espacial de la abundancia de larvas de jurel año 2001 resultante del mapeo por *kriging*.

9.5. Caracterización condiciones biológicas adultos

9.5.1. Lances de pesca

Se efectuaron 34 lances con redes de cerco para obtener ejemplares de jurel para su posterior análisis de condición reproductiva y alimentación. Sin embargo, solamente 18 de los 34 lances efectuados fueron positivos para la obtención de muestra de jurel. La localización de los lances de pesca efectuados se presenta en la **Figura 37**, mientras que un resumen del nivel de capturas obtenidas por las embarcaciones se presenta en la **Tabla 14**.

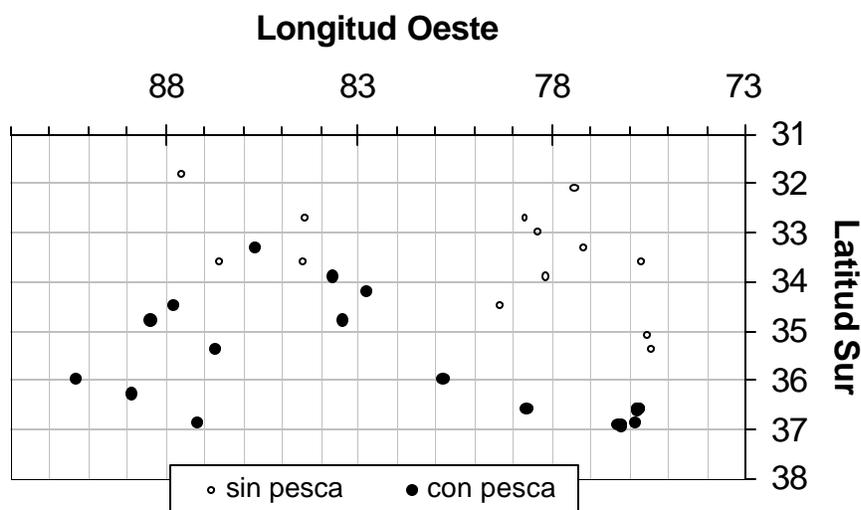


Figura 37. Distribución de los lances de pesca totales, sin pesca y con pesca de jurel. Crucero de Noviembre de 2001.

Las capturas más importantes, dentro del área de estudio, ocurrieron en una zona de pesca que se formó prácticamente cuando las embarcaciones iniciaron su regreso a puerto y que se conformó entre los 36°36' S – 75°46' W y 36°55' S –76°14' W, constituyendo 3 lances del PAM Malleco y 3 del Tricahue (**Tabla 14**). Como ha sido habitual, las capturas en la zona oceánica han sido muy bajas y del orden de unos pocos individuos a cientos de kilos.

Tabla 14. Resumen de los lances de pesca realizados durante el crucero de Noviembre de 2001. Nomenclatura: S/P= sin pesca, JRL = jurel.

PAM	N° Lance	Fecha	Hora	Long	Lat	Especie	Captura
Tricahue	1	19/11/01	21:00	7837	3242	S/P	0
	2	20/11/01	21:00	8423	3243	S/P	0
	3	27/11/11	08:08	7545	3638	JRL	100 ton
	4	27/11/11	10:12	7546	3636	JRL	90 ton
	5	27/11/11	13:26	7546	3636	JRL	70 ton
Cacique	1	21/11/01	09:54	7820	3300	S/P	0
	2	24/11/01	21:51	8733	3148	S/P	0
Malleco	1	19/11/01	07:08	7711	3318	S/P	0
	2	21/11/01	07:40	8541	3318	JRL	100 kg
	3	26/11/01	07:15	7722	3206	Sierra	5 unidades
	4	28/11/01	12:32	7611	3658	JRL	20 ton
	5	28/11/01	16:05	7614	3655	JRL	80 ton
	6	28/11/01	20:07	7613	3655	JRL	200 ton
Huachinango	1	18/11/01	21:10	7538	3336	S/P	0
	2	20/11/01	07:30	8425	3336	S/P	0
	3	21/11/01	21:00	8635	3335	S/P	0
	4	24/11/01	20:13	8641	3524	JRL	100 Kg
	5	27/11/01	06:40	7524	3524	S/P	0
Santa María II	1	19/11/01	08:30	7809	3354	S/P	0
	2	20/11/01	21:14	8339	3354	JRL	30 unid.
Arauco I	1	19/11/01	19:37	7921	3430	S/P	3 bon 1 tib
	2	21/11/01	20:28	8746	3431	JRL	100 Kg
	3	23/11/01	21:30	8852	3618	JRL	80 Kg
Antarctic	1	21/11/01	21:15	8247	3411	JRL	240 Kg
	2	24/11/01	21:40	9020	3600	JRL	400 Kg
	3	26/11/01	21:30	8048	3600	JRL	300 Kg
Vikingo	1	20/11/01	16:20	8323	3448	JRL	300 Kg
	2	21/11/01	20:18	8822	3448	JRL	50 Kg
	3	25/11/01	21:35	7839	3636	JRL	200 Kg
	4	26/11/01	13:54	7543	3636	JRL	150 ton
	5	27/11/01	17:45	7543	3636	JRL	250 ton
Panilonco	1	19/11/01	19:00	7530	3506	S/P	0
	2	23/11/01	06:50	8712	3654	JRL	15 Kg
	3	26/11/01	18:54	7550	3654	JRL	21 un.

9.5.2. Estructura de tallas

La estructura de tallas de los muestreos realizados durante el crucero se presenta en la **Figura 38**. La estructura de tallas en el área de prospección, indica que la proporción de ejemplares bajo la talla mínima legal fue de 32,8 % en número (39,1 % en las hembras y

28,4 % en los machos), con moda principal en los 26 cm LH. El rango de tamaños fluctuó entre 20 y 54 cm LH en el caso de las hembras y entre 20 y 59 cm en el caso de los machos.

Prácticamente el 82,3 % y 87,4 % de los individuos se presentó en el rango 20 – 30 cm LH, con un claro y evidente predominio de ejemplares de 26 y 27 cm LH. La longitud promedio de los machos fue de 28,1 cm y de 27 cm en el caso de las hembras, mientras que la de ambos sexos fue de 27,5 cm LH.

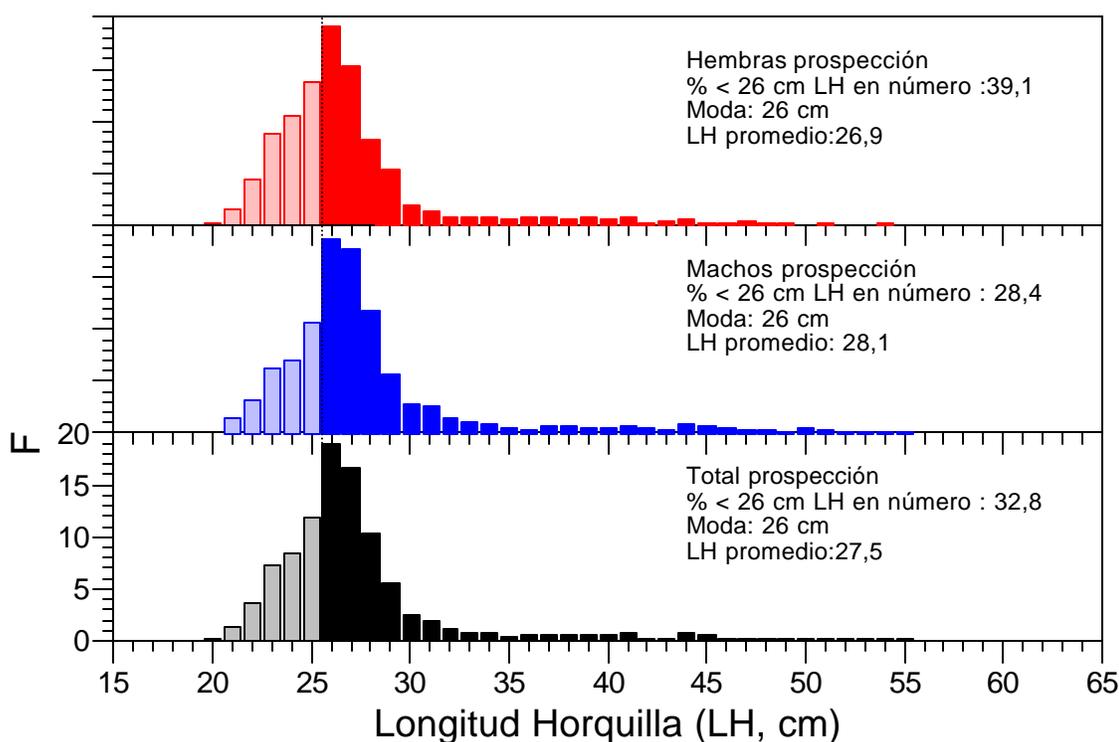


Figura 38. Distribución de frecuencia de tallas de jurel durante el crucero de Noviembre de 2001.

9.5.3. Relación longitud-peso y factor de condición

La relación longitud-peso se presenta en la **Tabla 15** y **Figura 39**, observándose que los parámetros de los machos dominan en la relación total.

Tabla 15. Parámetros de la relación Longitud – Peso.

	a	b	r²
General	0,0129	2,923	0,957
Machos	0,0128	2,922	0,955
Hembras	0,0112	2,968	0,963

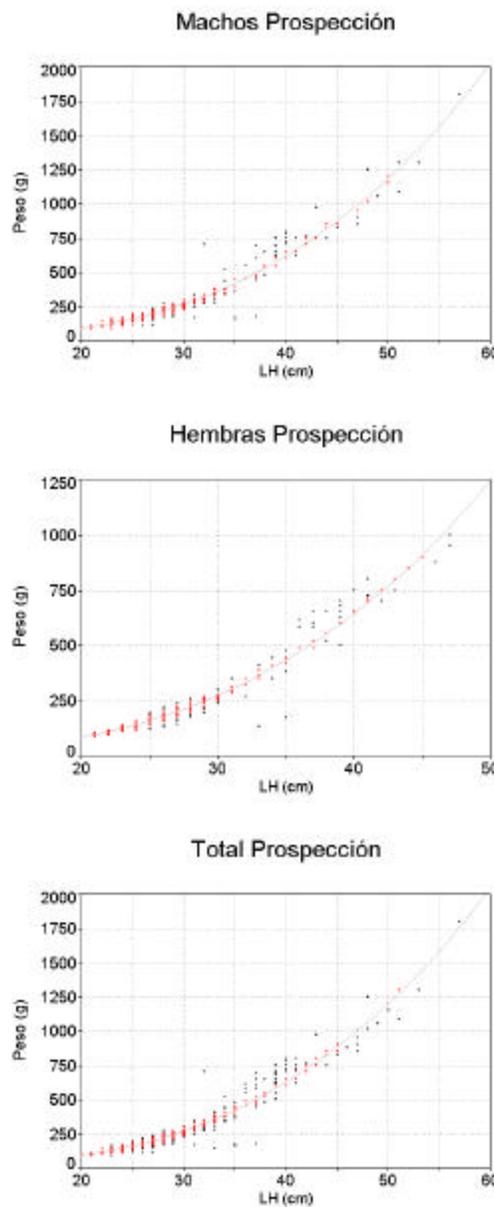


Figura 39. Relación longitud-peso de machos, hembras y ambos sexos de jurel. Crucero Noviembre de 2001.

El número de hembras maduras y su peso promedio por lance de pesca se resume en la **Tabla 16**, obteniéndose un peso promedio de 223,7 g (CV = 6,7 %).

Tabla 16. Resumen de los datos del lance. Promedios de las primeras hembras maduras (HM, n) de: longitud horquilla (LH, cm), peso total (PT, g).

PAM	LANCE (n)	FECHA DD-MM-YY	HORA	ZONA Lat-Lon	HM (n)	LH (cm)	PT (g)
Tricahue	3	27-Nov-01	8:08	3638 - 7545	27	26,5	191,9
Malleco	2	21-Nov-01	07:40	3318 - 8541	37	28,4	256,2
Malleco	4	28-Nov-01	12:32	3658 - 7611	14	27,1	204,3
Vikingo	1	20-Nov-01	16:20	3448 - 8323	27	26,0	185,6
Vikingo	2	21-Nov-01	20:18	3448 - 8822	24	26,0	175,0
Vikingo	3	25-Nov-01	21:35	3636 - 7839	7	25,1	169,3
Vikingo	4	26-Nov-01	13:45	3636 - 7543	26	26,3	190,4
Antarctic	1	21-Nov-01	21:15	3411 - 8247	22	29,7	320,3
Antarctic	2	24-Nov-01	21:40	3600 - 9020	26	28,0	222,9
Antarctic	3	26-Nov-01	21:30	3600 - 8048	27	28,3	263,3
Arauco I	2	21-Nov-01	20:28	3431 - 8746	31	28,0	226,5
Arauco I	3	23-Nov-01	21:30	3618 - 8852	22	28,1	228,7
Sta. María II*	2	20-Nov-01	21:14	3354 - 8339	4	33,0	382,5
Nº lances	12*				Prom	27,5	223,7
					Var	0,1	146,0
					DE	5,2	15,0
					CV	0,191	0,067

*Los datos del Sta. María II no fueron considerados en los cálculos.

El factor de condición fluctuó alrededor de 1 en las tallas más dominantes, sin mayor variabilidad. En cambio, entre los 32 y 42 cm el factor de condición presentó mayor variabilidad asociado al bajo número de ejemplares en diferente grado de condición encontrados durante el crucero (**Figura 40**). Se observa, además que el factor de condición se presentó bajo la unidad en ejemplares mayores que 45 cm LH.

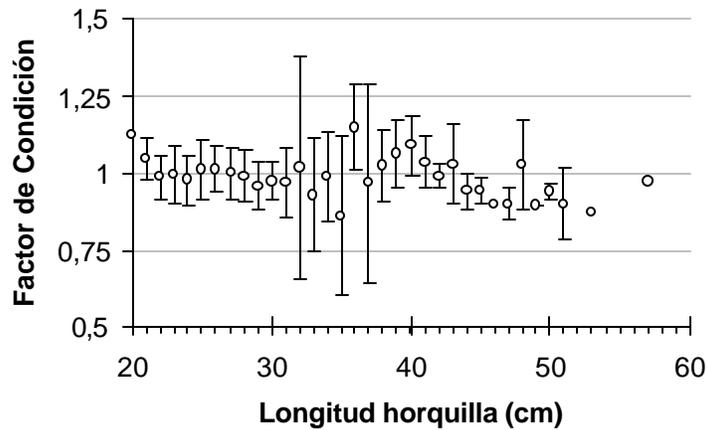


Figura 40. Factor de condición del jurel en función de la talla. Crucero Noviembre de 2001.

9.5.4. Condición reproductiva

En la **Figura 41** se puede observar los lances de pesca en que se logró realizar un muestreo biológico específico, por cada embarcación durante el crucero de investigación (ver **Tabla 14**), y que posteriormente fueron seleccionados para la evaluación de los estados de madurez sexual macroscópica (EMS) y análisis del índice gonadosomático (IGS). En general, se puede observar que se realizaron lances entre los 33° S y 37° S y hasta alrededor de los 90° W.

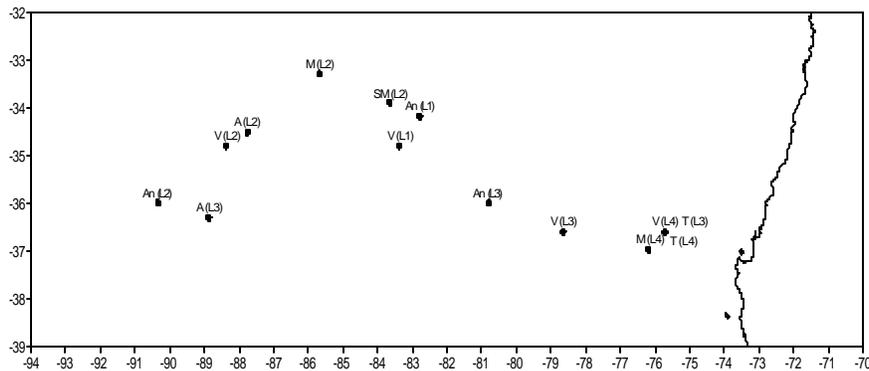


Figura 41. Ubicación de los lances de muestreo (L) realizados durante el crucero de investigación en las embarcaciones: Tricahue (T), Vikingo (V), Arauco I (A), Antarctic (An), Malleco (M), Santa María II (SM).

La distribución de frecuencias de talla para el total de las hembras que fueron utilizadas en la caracterización de los Estados de Madurez Sexual (EMS) (n=669) muestra que el 89,5 % de los ejemplares se encontraban entre los 21 y 30 cm de longitud horquilla (LH) con una moda principal alrededor de los 26 cm (**Figura 42a**) y muy pocos individuos en las clases de tamaño superiores (frecuencias menores al 2 %).

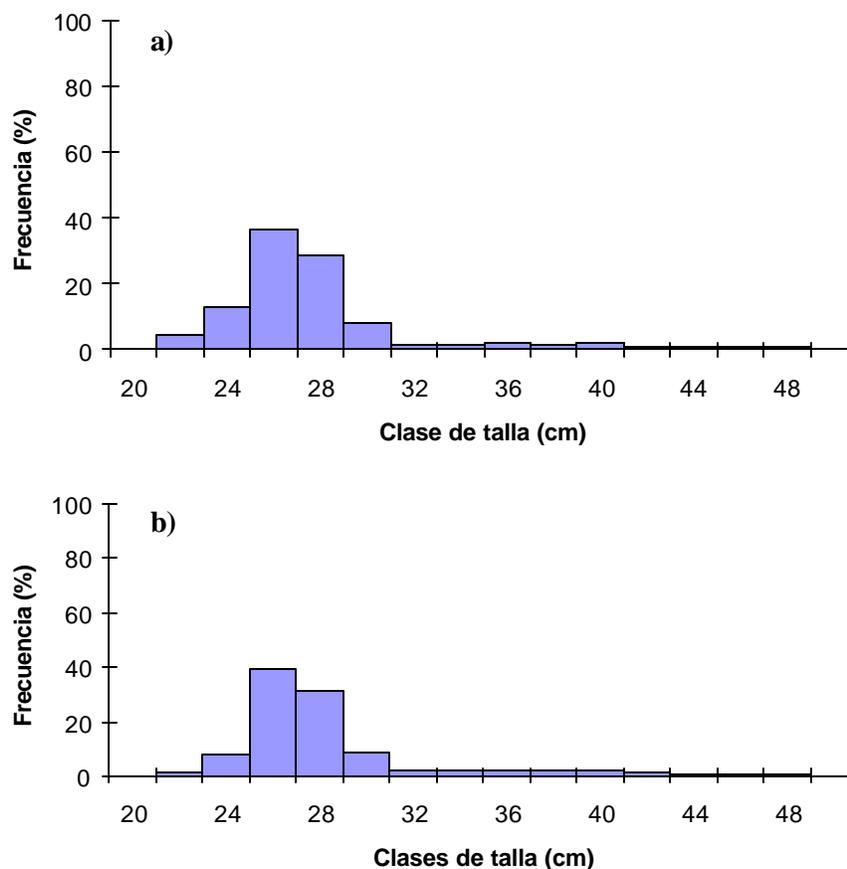


Figura 42. Histograma de frecuencias de talla para el total de hembras utilizadas a) en la caracterización de los EMS y b) en los cálculos del índice gonadosomático (IGS).

En el caso de las hembras utilizadas para los cálculos de IGS (n = 498) el histograma de frecuencias muestra una situación muy similar a la anterior, con un 87,5 % de los ejemplares que se encontraban entre los 21 y 30 cm de LH con una moda principal alrededor de los 26 cm (**Figura 42b**) y muy pocos individuos en las clases de tamaño superiores (frecuencias menores al 3 %).

Por otro lado, al realizar la distribución de frecuencias por lance en cada embarcación se observa una situación similar, donde en la mayoría de los lances la moda predominante fue la de los 26 ó 28 cm LH (**Figura 43a-m**), como por ejemplo en las embarcaciones Malleco lance 2, Arauco lance 2, Antarctic lances 1 a 3 y Vikingo lance 1 a 5, siendo sólo la embarcación Arauco I (lance 3) la que presenta principalmente individuos de mayor tamaño con una moda de 40 cm (**Figura 43h**).

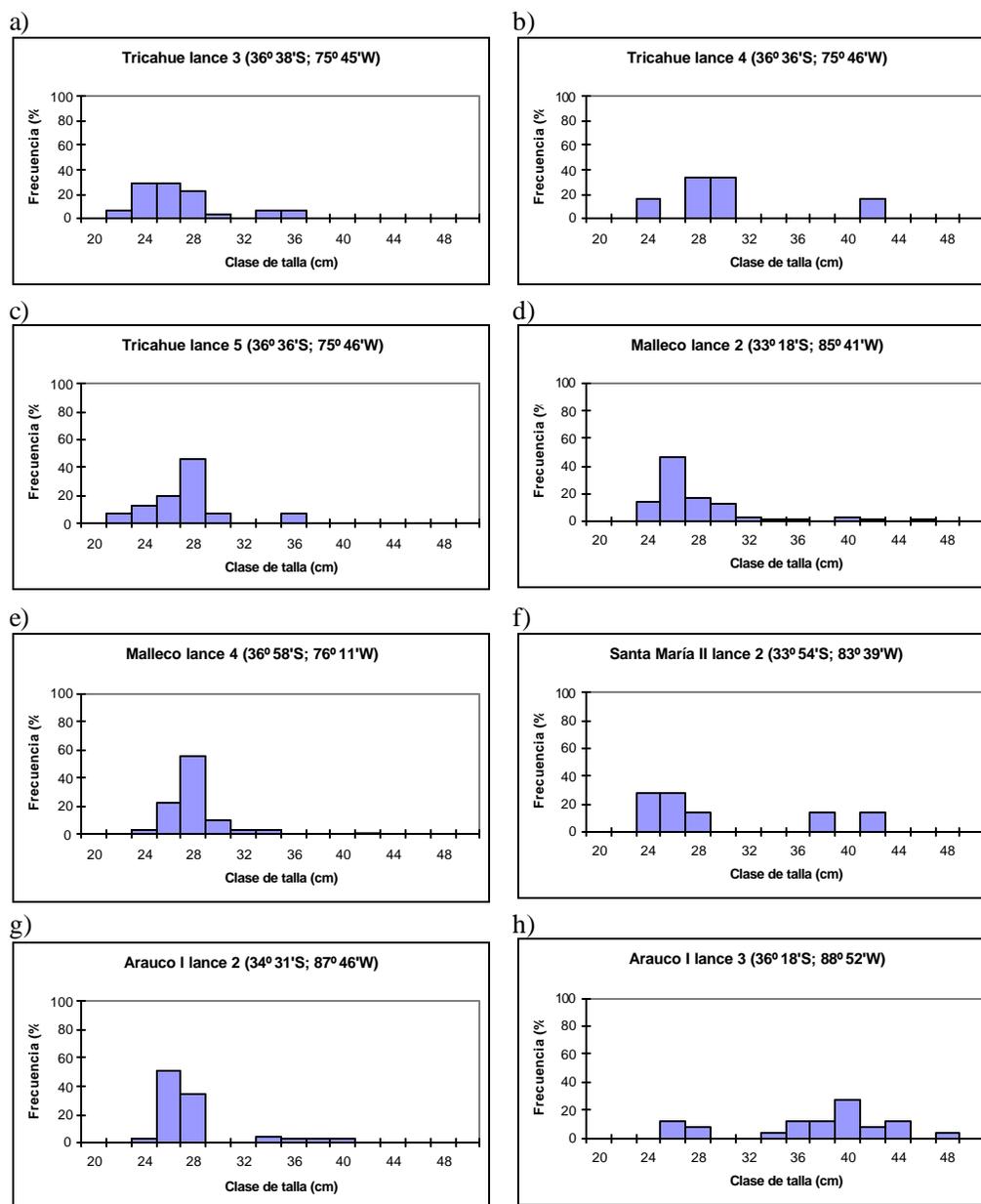


Figura 43. Histogramas de frecuencias de talla para las hembras utilizadas en los cálculos de IGS para cada lance de pesca realizado por cada embarcación.

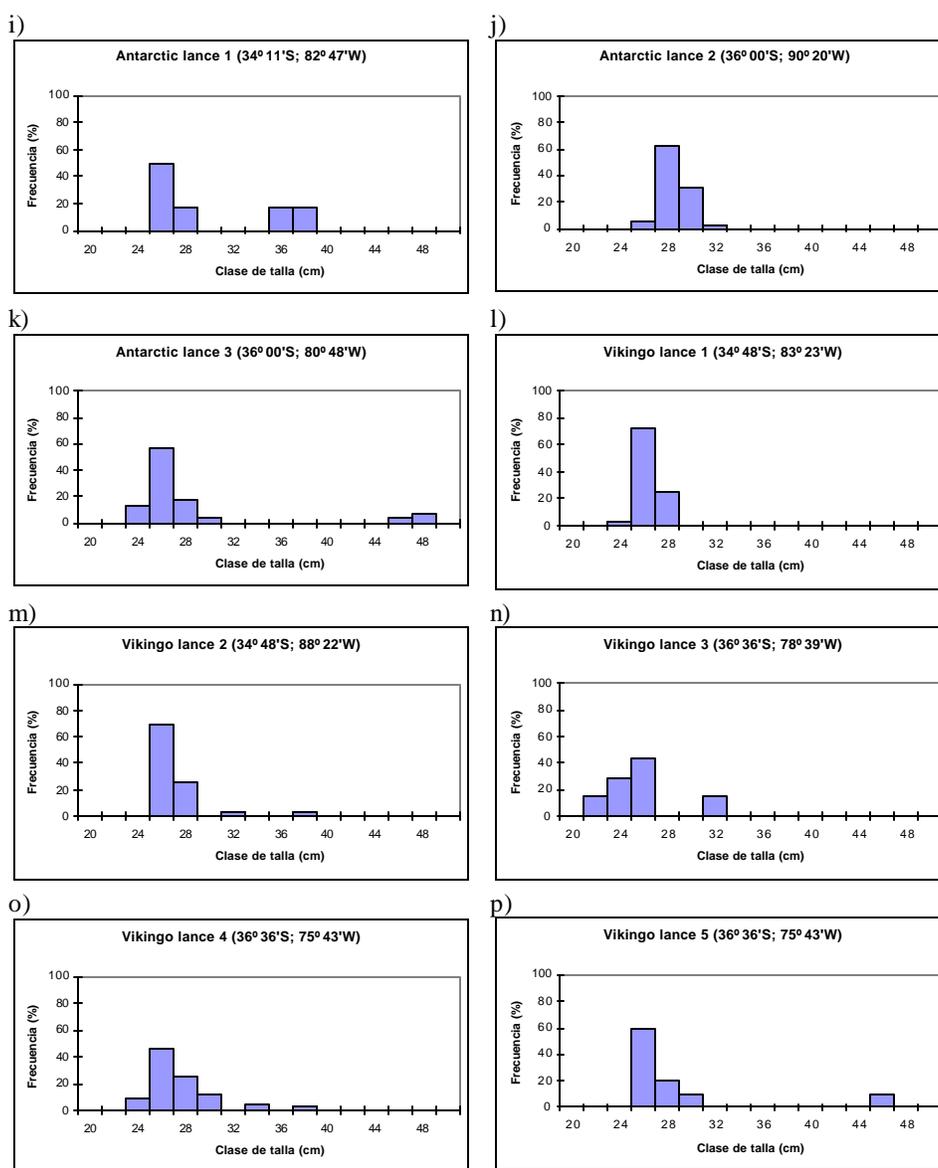


Figura 43. Continuación.

a) Estados de madurez sexual macroscópicos

De acuerdo a la información recolectada del crucero de prospección se identificaron a bordo 4 estados de madurez sexual macroscópica (EMS) para las hembras de acuerdo a la escala presentada en la **Tabla 3**, los cuales correspondieron a: 1: inmaduro 2: madurando; 3: maduro; 4: hidratado. En general para el total de los individuos analizados se observa

que casi el 50 % se encuentra en estado 3 o maduro, un 35 % en estado 4 (hidratado) y sólo un 15 % en estado 2 (madurando) (ver **Figura 44**).

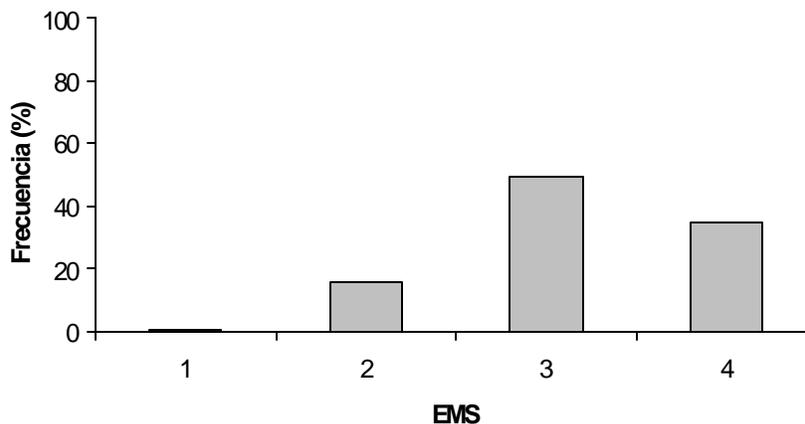


Figura 44. Frecuencia en porcentaje (%) de los distintos estados de madurez sexual (EMS) para las hembras de jurel en el área total prospectada.

Al separar los individuos por cada embarcación se puede observar que en el caso del barco Huachinango el 100 % de los ejemplares presentaban un estado 3 de madurez. En el caso de las embarcaciones Arauco I, Antarctic y Vikingo el estado de madurez 3 (maduro) fue el principal en la muestra con una proporción superior al 50 %. Para las embarcaciones Tricahue y Malleco el estado principal fue el 4 o hidratado, siendo en el Malleco superior al 73 %. Finalmente para la embarcación Santa María II los individuos recolectados presentan sólo estados de madurez 2 (madurando) y 3 (maduro) con un 57 % y 43 %, respectivamente (**Figura 45**).

Al separar las frecuencias de los distintos estados de madurez (EMS) por lance para cada barco (**Figura 46**) se observa en general una situación similar a la anterior siendo los estados 3 y 4 los más importantes. En el Santa María II solamente a un lance de pesca se pudo hacer un biológico, en el cual se encontró casi un 60 % de las hembras en estado 2 y resto en estado 3. En el caso de los barcos Tricahue y Malleco en los lances realizados en cada barco se observa una alta frecuencia de hembras es estado 4 y corresponden en el caso del Tricahue a aquellas hembras obtenidas de los muestreo dirigidos (lances 4 y 5). En el caso de los barcos Antarctic y Arauco I se observa en cada lance una mayor predominancia

de hembras en estado 3, siendo en el Antarctic el lance de 1 sólo de hembras en estado 3 y con alrededor de un 25 % de hembras en los estados 4 y 2 en los lances 2 y 4, respectivamente. Finalmente, el barco Vikingo fue el que presentó la mayor cantidad de lances positivos (5) con hembras en los diferentes estados de madurez macroscópica (2, 3 y 4).

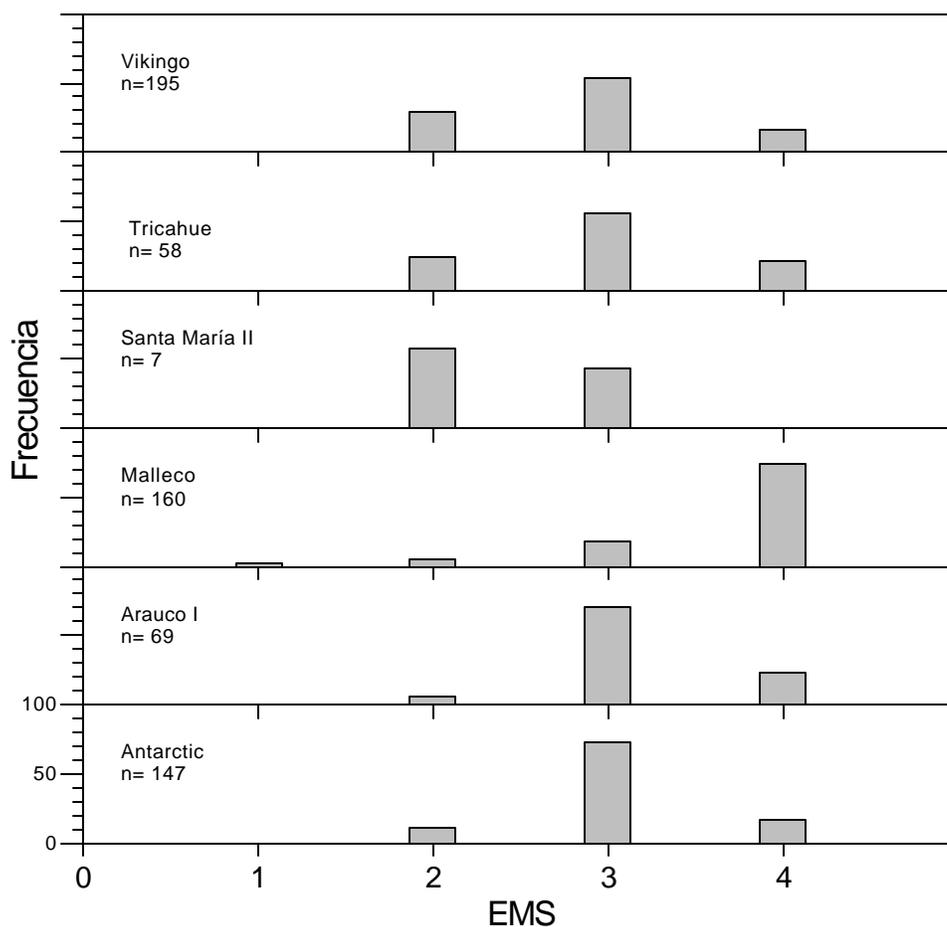


Figura 45. Frecuencia en porcentaje (%) de los distintos estados de madurez sexual (EMS) para el total de hembras analizados por cada barco.

Porcentaje de EMS para el total de lances por embarcación

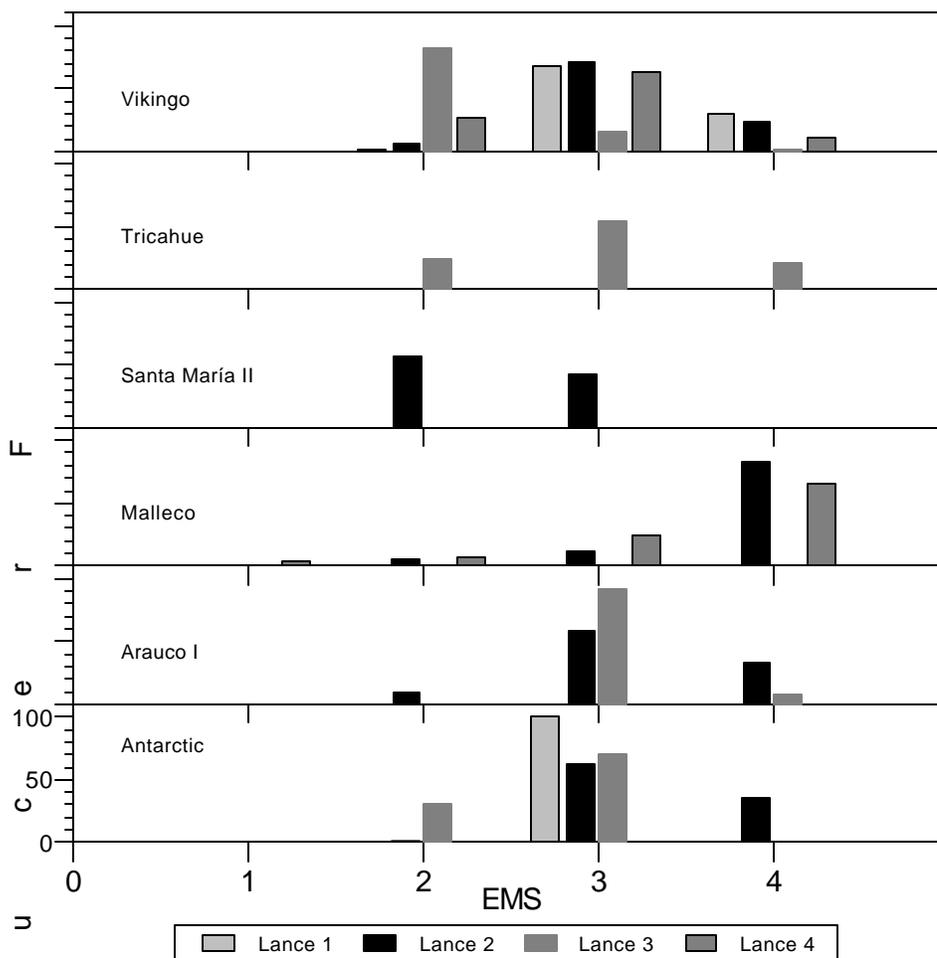


Figura 46. Frecuencia en porcentaje (%) de los distintos estados de madurez sexual (EMS) para hembras de jurel en el total de los lances efectuados por cada embarcación.

b) Índice gonadosomático (IGS)

El índice gonadosomático fue calculado para cada una de las hembras de jurel y posteriormente promediados por intervalos de 2 cm de talla observándose una tendencia a aumentar desde los 20 hasta los 25 cm de LH, manteniéndose estable hasta bs 31 cm para luego comenzar una disminución sostenida hacia las tallas mayores con un repunte en la clase de los 39 – 40 cm de LH (**Figura 47**). La situación de disminución del IGS hacia las

tallas superiores se puede asociar a que en esas clases de tamaño las observaciones son muy escasas por lo que es muy subjetiva la estimación del índice. Por otro lado, también se podría pensar que en caso del jurel el proceso de crecimiento de las gónadas llega hasta un tamaño máximo por razones de limitación de espacio dentro de la cavidad celómica.

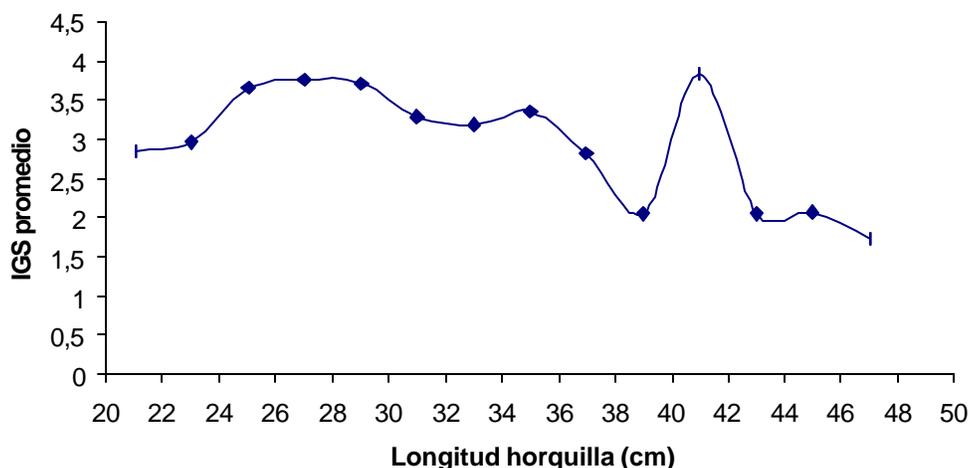


Figura 47. Variación del IGS promedio para el total de hembras de jurel con la longitud horquilla de los peces durante el crucero de prospección.

En el caso del IGS promedio calculado para todas las hembras en cada lance no se observa una situación clara tanto en sentido Norte–Sur como en sentido Este–Oeste (**Figura 48**), en sentido Norte–Sur se encuentran dos valores máximos en los 34° y 36° S de 5,4 y 6,7, respectivamente (**Figura 48a**) y que corresponden a un lance oceánico y otro costero. Por otro lado, en sentido este-oeste tampoco se podría considerar una tendencia clara en el IGS estando el valor máximo más cercano a la costa (75° W) y hacía mar abierto una estabilidad con un IGS promedio alrededor de 3 (**Figura 48b**), con otro máximo secundario en los 83° W.

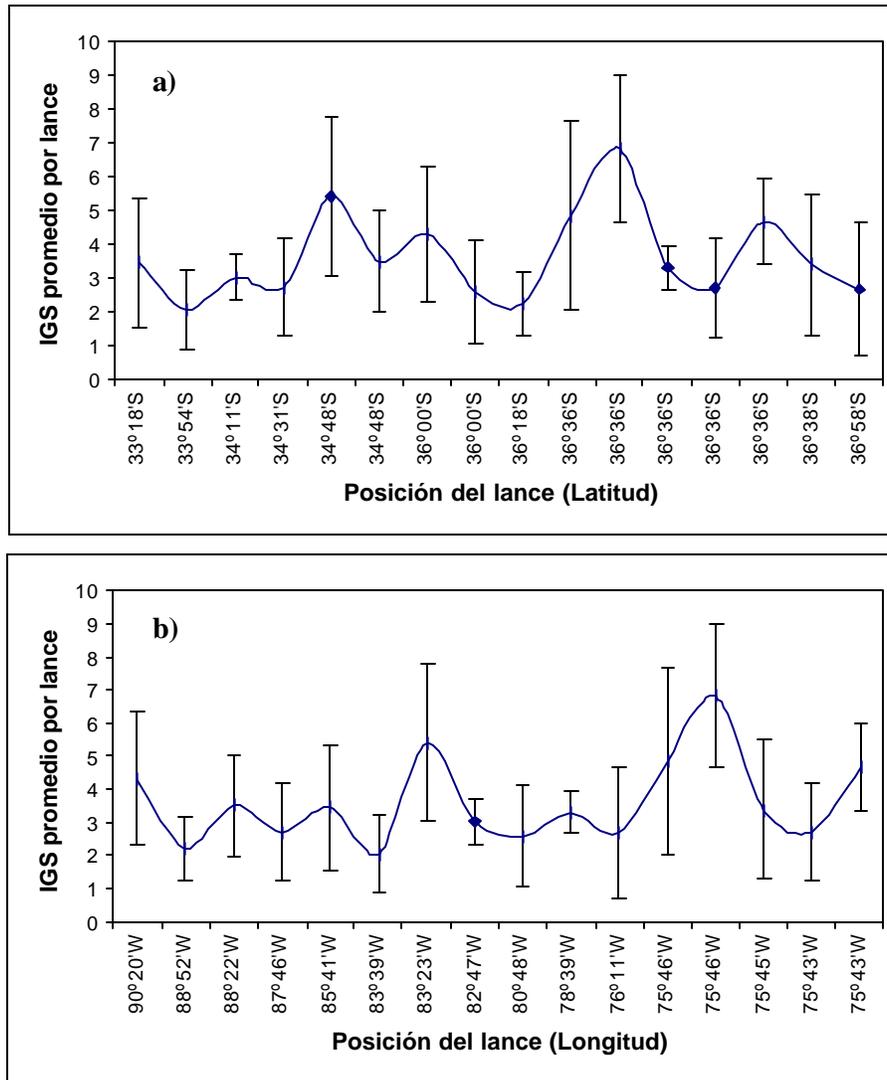


Figura 48. Índice gonadosomático (IGS) promedio por lance para las hembras de jurel analizadas. a) IGS versus latitud del lance y b) IGS versus longitud del lance.

c) Fecundidad parcial⁴ de jurel durante el período de desove

⁴ La fecundidad parcial fue revisada sobre la base de las recomendaciones surgidas en el Taller de Discusión de resultados, y considerando las observaciones del evaluador del proyecto.

La fecundidad fue revisada considerando una segunda estimación a partir del recuento de dos submuestras de la gónada. Se revisó el diagnóstico histológico de las gónadas, precisándose el número de hembras efectivamente hidratadas o con núcleo migratorio. De un total de 83 gónadas de jurel, de las cuales 57 provenían de muestreos dirigidos y las restantes de los muestreos regulares realizados durante el crucero, los cálculos de fecundidad se realizaron con 66 individuos. Se excluyeron aquellas gónadas que presentaron folículos post-ovulatorios, ya que éstos indican que efectivamente se ha producido desove en los días anteriores, lo que conduciría a subestimaciones en la fecundidad.

El rango de tamaños de las hembras hidratadas fluctuó entre los 21 y 46 cm de longitud horquilla (LH) con una talla promedio de 27 cm, la moda principal de los ejemplares estuvo en los 26 cm, observándose el 92,4 % de las muestras entre los 21 y 30 cm (**Figura 49**).

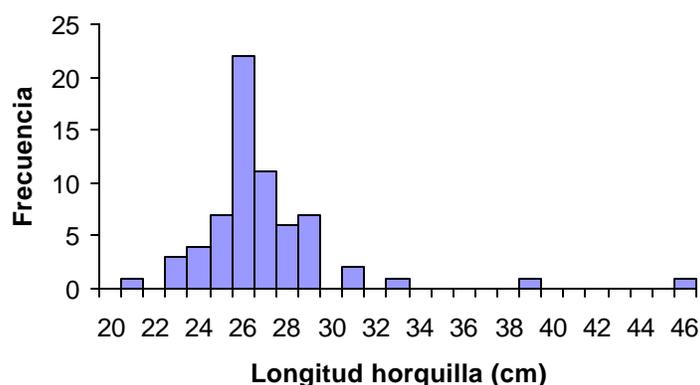


Figura 49. Histograma de frecuencias para la longitud horquilla para las hembras de jurel utilizadas en los cálculos de la fecundidad (n=66).

La relación entre la fecundidad parcial (F) y la longitud horquilla (LH) se estableció utilizando todos ejemplares de jurel. Se probaron los modelos lineal, potencial y exponencial, siendo el mejor ajuste para los datos el de tipo lineal, obteniéndose un r^2 de 0,684 ($p < 0,001$). El modelo ajustado fue $F = 4171,2 \times LH - 86425$ (**Figura 50**).

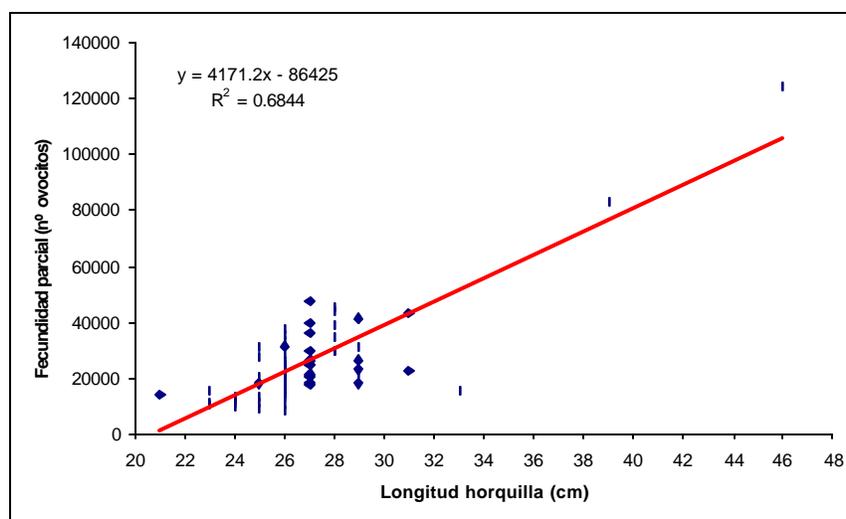


Figura 50. Relación entre la fecundidad parcial (nº de ovocitos) y la longitud horquilla (cm.) para las hembras hidratadas de jurel mediante ajuste lineal (n=66).

De manera similar, el modelo lineal fue el que mejor se ajustó para la fecundidad parcial con el peso eviscerado ($r^2 = 0,769$, $p < 0,01$) de las hembras de jurel, obteniéndose el modelo $F = 123,94 \times PE - 1944,7$. Este modelo presentó un intercepto que no fue significativo de tal manera que se adoptó el siguiente modelo forzado a pasar por el origen: $F = 131,09 \times PE$ ($r^2 = 0,766$, $p < 0,01$, **Figura 51**)

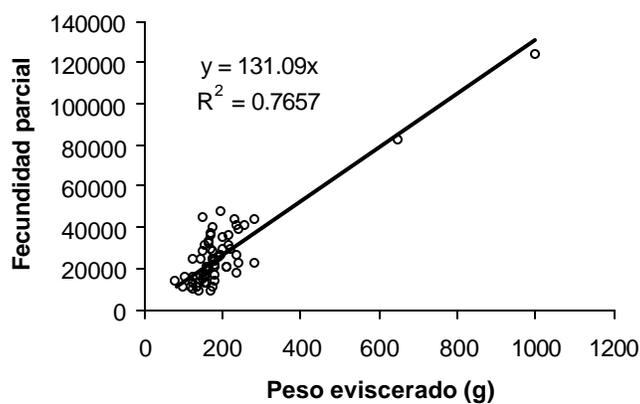


Figura 51. Relación entre la fecundidad parcial (nº de ovocitos) y el peso eviscerado (g.) para las hembras hidratadas de jurel mediante ajuste lineal (n=66).

El peso promedio del peso del cuerpo de las hembras hidratadas que participaron en este ajuste fue de 195,2 g. La varianza de la pendiente fue de 20,33 en tanto que el error estándar alrededor de la regresión fue de 8438,53.

La fecundidad relativa corresponde al número de ovocitos expresado por unidad de peso del pez (g), sin considerar el peso de las gónadas. De acuerdo a lo observado en los ajustes la fecundidad relativa es independiente de la talla como del peso eviscerado del pez con r^2 no significativos (**Figuras 52 y 53**). Los cálculos basados en el peso eviscerado presentó valores extremos de 50 y 301 ovocitos por gramo de peso del pez con un promedio de 135 ovocitos (desviación estándar = 48,3; n= 66).

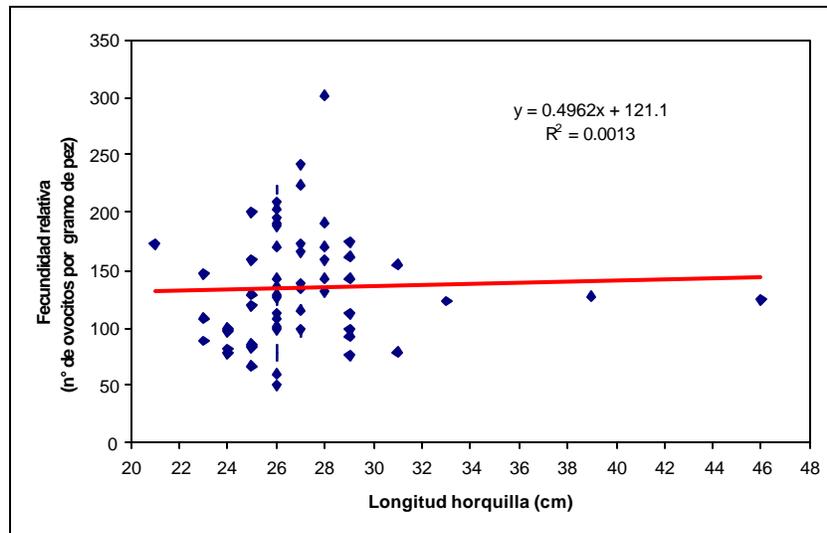


Figura 52. Relación entre la fecundidad relativa (n° de ovocitos/ gramo de pez) y la longitud horquilla (cm.) para las hembras hidratadas de jurel mediante ajuste no-lineal (n=66).

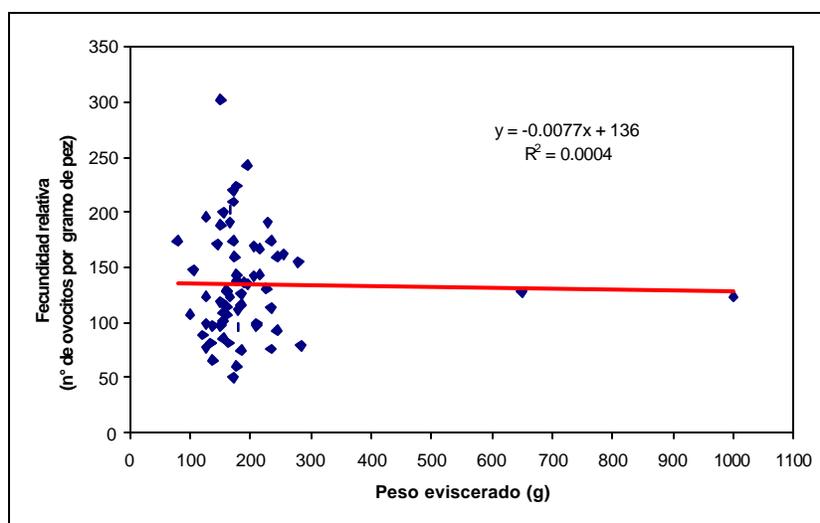


Figura 53. Relación entre la fecundidad relativa (n° de ovocitos/ gramo de pez) y el peso eviscerado (g.) para las hembras hidratadas de jurel mediante ajuste no-lineal (n=66).

La fecundidad media poblacional fue estimada para las hembras maduras (muestreo aleatorio), encontrándose una media de 27.150 ovocitos (CV = 7%), i.e.

PAM	LANCE (n)	FECHA DD-MM-YY	HORA	ZONA Lat-Lon	HM (n)	FPE (n)
Tricahue	3	27-Nov-01	8:08	3638 - 7545	27	22989
Malleco	2	21-Nov-01	07:40	3318 - 8541	37	31851
Malleco	4	28-Nov-01	12:32	3658 - 7611	14	25000
Vikingo	1	20-Nov-01	16:20	3448 - 8323	27	22597
Vikingo	2	21-Nov-01	20:18	3448 - 8822	24	21080
Vikingo	3	25-Nov-01	21:35	3636 - 7839	7	20589
Vikingo	4	26-Nov-01	13:45	3636 - 7543	26	23184
Antarctic	1	21-Nov-01	21:15	3411 - 8247	22	39744
Antarctic	2	24-Nov-01	21:40	3600 - 9020	26	26571
Antarctic	3	26-Nov-01	21:30	3600 - 8048	27	31777
Arauco I	2	21-Nov-01	20:28	3431 - 8746	31	27042
Arauco I	3	23-Nov-01	21:30	3618 - 8852	22	27266
Sta. María II*	2	20-Nov-01	21:14	3354 - 8339	4	46209
N° lances	12*				Prom	27150.0
					Var	3585060
					DE	1893.4
					CV	0.070

*Los datos del Sta. María II no fueron considerados en los cálculos.

d) Vigilancia histológica del período reproductivo

Se procesaron los ovarios de 221 ejemplares (**Tabla 17**) a partir de la segunda semana de octubre. En la misma tabla puede verse la cantidad de individuos asignados a cada estadio histológico, y en la **Figura 54** se presenta en términos porcentuales la representatividad en cada semana de muestreo.

De acuerdo con lo comprometido, en cada semana se procesaron histológicamente aproximadamente 30 hembras. Durante todo el mes de octubre predominó el estado histológico II (Previtelogénico), incluso con un porcentaje menor de hembras inmaduras (estado I). Es importante si, hacer notar que desde el comienzo ya se presentan hembras en estado III (vitelogénico), en porcentajes próximos al 30%. El estado IV, se presenta en muy bajo porcentaje durante octubre.

Tabla 17. Estados de madurez microscópica en jurel. Se indican las cantidades de individuos en cada estado (n= total).

Estados Madurez	11oct	19oct	24oct	30oct	8nov	13nov	21nov
I	3	5	3	4	0	0	0
II	17	13	16	11	2	0	1
III	11	11	8	11	7	1	10
IV	2	1	4	4	28	33	15
n	33	30	31	30	37	34	26

Ya en la primera semana de noviembre se produce un cambio notorio y que se mantiene por el resto del mes, desaparece el estado I y disminuye casi completamente el estado II. También hay una disminución del estado III. Todo lo anterior da como resultado un predominio absoluto de las hembras en estado IV (maduras) en todo el resto de noviembre, llegando incluso a alcanzar más del 95 % durante la segunda semana.

Como se puede ver en la **Figura 54**, en la tercera semana de noviembre se produce una disminución, estando el estado IV de todos modos casi en un 60% y el estado III próximo al 40%. Es decir que en esa semana, ya toda la muestra se encontraba en los dos estados de madurez más avanzado.

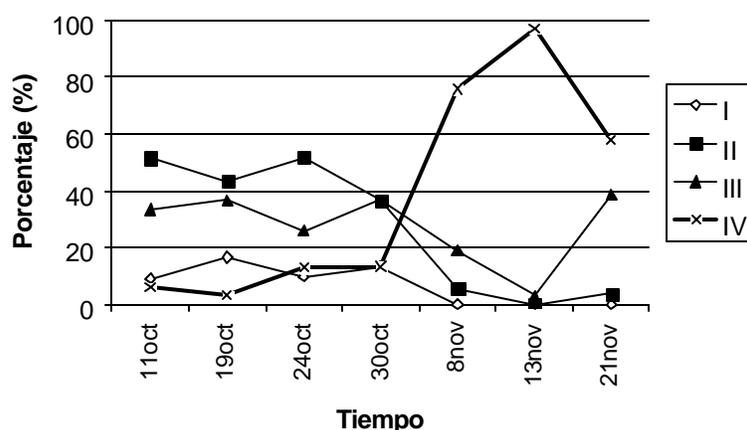


Figura 54. Proporción en que se presentan los distintos estados de madurez histológica en las distintas semanas de muestreo.

e) Estados microscópicos de madurez sexual

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. Esas estructuras permiten establecer la escala de 4 estados utilizada (ver **Tabla 4**).

Del total de cortes histológicos analizados (415 individuos), se observó que la mayor proporción de ejemplares (87,7 %; 364 ejemplares) se encontró en proceso de desove, ya sea maduros, hidratados o con folículos postovulatorios. El resto fue clasificado en los estados I (1,2 %), II (5,5 %) y III (5,5 %) (**Tabla 18**).

Tabla 18. Estados de madurez microscópicos de jurel, noviembre 2001.

Estado de madurez	Muestra total	
	Frecuencia	%
I	5	1,2
II	23	5,5
III	23	5,5
IV	364	87,7
TOTAL	415	100

f) Caracterización de los folículos postovulatorios

En la caracterización de los folículos postovulatorios se utilizaron todas aquellas hembras que histológicamente se encontraron maduras por lance de pesca en que se obtuvieron. Para la estimación de la proporción de estadios foliculares se diferenciaron entre los distintos estadios foliculares de acuerdo a la caracterización descrita por [Hunter y Goldberg \(1980\)](#).

La distinción entre los distintos estados foliculares, se basa como lo describe [Macewicz y Hunter \(1993\)](#) en que, el proceso de degeneración y reabsorción de los Folículos Postovulatorios es un proceso continuo. Por esa razón, las estructuras que se usan como indicadores de la “edad” de los FPO, son aquellas que reflejen algún cambio evidente, en este caso, el tamaño y la forma del folículo.

Las estimaciones de la proporción de folículos postovulatorios varió entre 0 y 0,75 (**Tabla 19; Figura 55**), con una proporción promedio de 0,285 (Sin considerar el Santa María II, Tabla 19). Asumiendo que una gran proporción de folículos post-ovulatorios son de día 1 y 2, del resultado anterior se puede obtener aproximadamente una fracción de hembras en desove por día de 14,3; es decir, cada 7 días aproximadamente.

Tabla 19. Estimación de la proporción de hembras con folículos postovulatorios (FPO) obtenidas por barco y lance (HM= hembras maduras; HH = hembras hidratadas).

Barco	Día hora	Lance	HM	HH	FPO<24	24<FPO<48	FPO>48	Proporción
Tricahue	27 08:08	3	27	7	0	2	3	0,185
Malleco	21 07:40	2	37	13	3	5	0	0,216
Malleco	28 12:32	4	14	1	0	0	0	0,000
Vikingo	20 16:20	1	27	6	0	1	4	0,185
Vikingo	21 20:18	2	24	1	1	3	7	0,458
Vikingo	25 21:35	3	7	0	0	0	0	0,000
Vikingo	26 13:45	4	26	1	1	8	2	0,423
Antartic	21 21:15	1	22	0	7	7	1	0,682
Antartic	24 21:40	2	26	0	1	7	1	0,346
Antartic	26 21:30	3	27	0	0	5	1	0,222
Arauco I	21 20:28	2	31	3	4	8	0	0,387
Arauco I	23 21:30	3	22	2	0	4	3	0,318
Santa María II	20 21:14	2	4	0	0	1	2	0,750

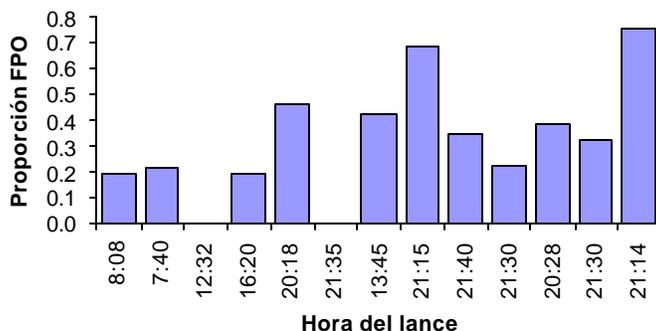


Figura 55. Histograma de la proporción de folículos postovulatorios (FPO) para hembras de jurel, en cada uno de los lances de pesca por barco (M=Malleco, T=Tricahue, V=Vikingo, AR=Arauco I, SM = Santa María, A=Antartic).

La mayor proporción de hembras con FPO generalmente se presentó entre las 20 y 21 horas (**Figura 55**). La estimación de la proporción de hembras maduras desovantes (S_i) se entregan en la **Tabla 20**, donde se observa que la frecuencia promedio de hembras desovantes por lance varió entre 0 y 0,179 (sin considerar el Santa María II), con dos casos donde no se encontraron hembras con folículo postovulatorios. El valor promedio ponderado fue de 0,103 (CV = 2%).

Tabla 20. Estimación de hembras maduras desovantes por lance (S_i) (HM = hembras maduras, HH: hidratadas, $m_{y,i}$: hembras maduras corregidas, m_{ai} = hembras que no están desovando, $S_{1,i}$ fracción de hembras de día 1, $S_{2,i}$: fracción de hembras de día 2).

Barco	Día	hora	Lance	HM	HH	$m_{y,i}$	m_{ai}	$S_{1,i}$	$S_{2,i}$	S_i		
Tricahue	27	08:08	3	27	7	24	10	0,083	0,125	0,104		
Malleco	21	07:40	2	37	13	31	10	0,161	0,000	0,081		
Malleco	28	12:32	4	14	1	13	8	0,000	0,000	0,000		
Vikingo	20	16:20	1	27	6	23	15	0,043	0,174	0,109		
Vikingo	21	20:18	2	24	1	28	10	0,107	0,250	0,179		
Vikingo	25	21.35	3	7	0	7	7	0,000	0,000	0,000		
Vikingo	26	13:45	4	26	1	40	14	0,200	0,050	0,125		
Antartic	21	21:15	1	22	0	29	0	0,241	0,034	0,138		
Antartic	24	21:40	2	26	0	39	16	0,179	0,026	0,103		
Antartic	26	21:30	3	27	0	37	16	0,135	0,027	0,081		
Arauco I	21	20:28	2	31	3	40	8	0,200	0,000	0,100		
Arauco I	23	21:30	3	22	2	28	8	0,143	0,107	0,125		
Santa María II	20	21:14	2	4	0	6	1	0,167	0,333	0,250		
			N=	12*					Prom=	0,103		
											CV=	0,020

*Sin considerar el Santa María II

En el caso de las hembras desovantes promedio por cada día se obtuvieron valores entre 0,103 (26 de noviembre) y 0,179 (20 de noviembre) con coeficientes de variación entre 30 % y 56 % (**Tabla 21**).

De la proporción de hembras desovantes promedio ($S = 0,103$) se desprende que las hembras de jurel estarían desovando en promedio una tanda de huevos aproximadamente cada 9 días ($1/0,103 = 9,7$ días). Sin embargo, hay que destacar que para los días 23, 24 y 27 de noviembre sólo se contó con muestras de un sólo lance, por lo que no se puede obtener un valor promedio, y probablemente exista un sesgo debido a la falta de lances de pesca en estos días. La situación anterior obviamente produce una mayor incerteza en el valor estimado de frecuencia de hembras desovantes.

Por lo tanto de los resultados anteriores se puede decir que el jurel de alta mar, durante el período comprendido entre el 20 y 28 de noviembre del 2001, estaría desovando una tanda de huevos aproximadamente cada 9,7 días. Este valor obtenido es similar al encontrado el año 2000 de entre 7 y 8 días entre cada tanda, y es inferior al encontrado para *T. symmetricus* en la zona de California donde estaría desovando una tanda cada 5 días (Macewitz y Hunter, 1993).

Tabla 21. Estimación de hembras maduras desovantes promedio por día (\bar{S}), varianza, desviación estándar y coeficiente de variación (cv).

Día	\bar{S}	Varianza	D. Estándar	cv
20-Nov	0,179	0,0099	0,100	0,557
21-Nov	0,124	0,0019	0,043	0,348
23-Nov	0,125			
24-Nov	0,103			
25-Nov	0,000			
26-Nov	0,103	0,0010	0,031	0,301
27-Nov	0,104			
28-Nov	0,000			
Promedio	0,107	0,0043	0,066	0,611

g) Proporción de hembras en peso

La proporción sexual en peso se calculó a partir del muestreo de peso de las sub-muestras de frecuencia de tallas (**Tabla 22**). El número total de hembras y machos fue de 1.083 y 1.546, respectivamente. El promedio ponderado por lance de la proporción en peso fue de 0,393 y una varianza de 0,001 (CV = 8,5 %).

La proporción de hembras, en función de la hora del lance, se muestra en la **Figura 56**. La mayor incidencia de machos se puede deber a que la mayoría de los lances se realizaron cerca de las 21 horas, alrededor de 2,5 horas antes de la hora del desove estimada a las 23:30 horas. Este comportamiento ha sido observado en otras especies pelágicas, e.g. anchoveta ([Blaxter y Hunter, 1982](#)).

Tabla 22. Estimación de la proporción de hembras (en peso) de jurel, noviembre de 2001 (L= lance, M=machos, PTM=peso promedio machos, H=hembras, PTH=peso promedio hembras, Ri =proporción en peso de hembras).

PAM	L (n)	FECHA DD-MM	HORA	ZONA Lat-Lon	M (n)	(n)	PTM (g)	H (n)	(n)	PTH (g)	R _i
Tricahue	3	27-Nov	8:08	3638 - 7545	112	50	161,2	144	50	167,8	0,572
Malleco	2	21-Nov	07:40	3318 - 8541	140	50	223,8	129	50	239,7	0,497
Malleco	4	28-Nov	12:32	3658 - 7611	139	50	248,3	89	50	224,3	0,366
Vikingo	1	20-Nov	16:20	3448 - 8323	162	50	188,8	113	50	183,8	0,405
Vikingo	2	21-Nov	20:18	3448 - 8822	47	47	254,4	35	35	188,9	0,356
Vikingo	3	25-Nov	21:35	3636 - 7839	107	49	116,8	97	51	121,3	0,485
Vikingo	4	26-Nov	13:45	3636 - 7543	111	49	187,1	97	50	191,6	0,472
Antarctic	1	21-Nov	21:15	3411 - 8247	212	50	270,0	36	27	313,5	0,165
Antarctic	2	24-Nov	21:40	3600 - 9020	168	50	257,9	142	50	233,8	0,434
Antarctic	3	26-Nov	21:30	3600 - 8048	183	49	361,9	119	50	216,7	0,280
Arauco I	2	21-Nov	20:28	3431 - 8746	115	57	243,3	56	43	211,9	0,298
Arauco I	3	23-Nov	21:30	3618 - 8852	50	50	482,2	26	26	534,2	0,366
n=	12				1546	601		1083	532	Prom*	0,393
										Var(R)	0,001
										CV	0,085

(*)valor promedio y varianza ponderado por el número de hembras maduras.

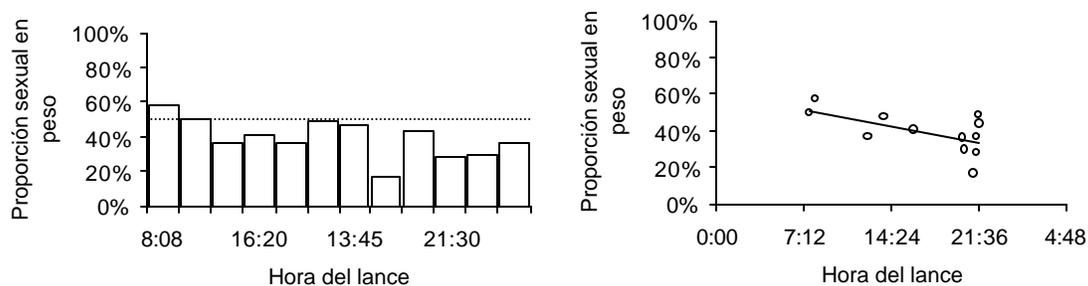


Figura 56. Proporción sexual de hembras de jurel en función de la hora del lance.

9.5.5. Alimentación

El número total de ejemplares fue de 1164, de los cuales el 17,6% de los estómagos presentaron contenido estomacal. La distribución de frecuencias de tallas en porcentaje evidencia claramente la formación de una moda principal en 26 cm para los individuos capturados en el sector oceánico, con un rango de tallas que abarco entre 23 y 50 cm (LH) (Figura 57).

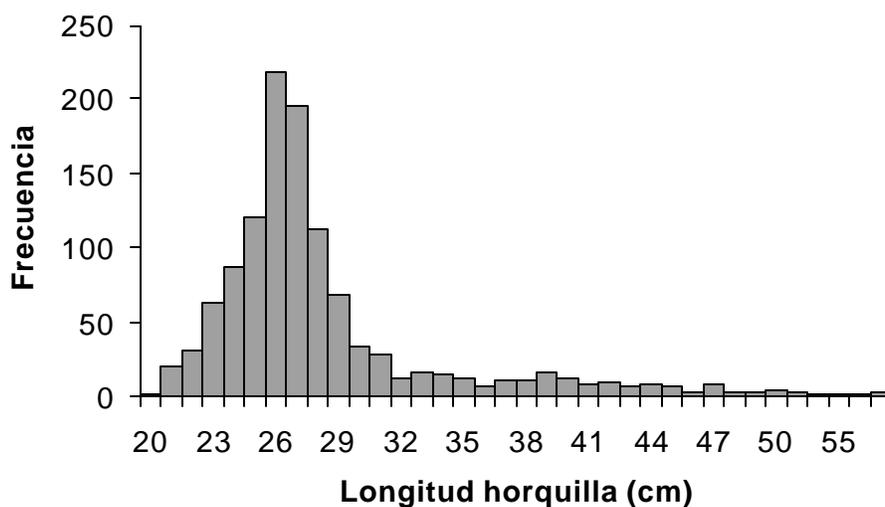


Figura 57. Distribución de frecuencia de tallas de jurel a los que se realizó análisis del contenido estomacal.

a) Importancia relativa de las presas (IIR)

El análisis de importancia relativa de las presas en el área de estudio reveló que los eufáusidos dominaron la dieta de jurel tanto en número, peso y frecuencia de aparición, alcanzando un IIR de 3,91 (**Tabla 23**). A su vez, restos de crustáceos fueron las presas más frecuentes, constituyéndose como el segundo ítem presa en importancia (IIR=1,84). Otros ítem presas importantes fueron los copépodos, larvas de gastrópodos y ostrácodos, y finalmente las salpas.

Tabla 23. Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para las principales presas de jurel, noviembre de 2001.

ITEM	Código	N	N%	P	P%	F	F%	IIR
Eufausidos	Euf	2442	72,68	161,84	90,18	141	50,18	3,91
Mictofidos	Mic	1	0,03	0,03	0,01	1	0,36	0,01
Restos de crustaceos	R.crst	0	0,00	8,66	4,83	40	14,23	1,84
Copepodos	Cop	331	9,85	0,54	0,30	17	6,05	1,80
Ostracodos	Ostr	211	6,28	0,15	0,09	18	6,41	1,62
Anfipodos	Anf	6	0,18	0,20	0,11	4	1,42	0,15
Salpas	Sal	56	1,67	5,03	2,80	16	5,69	1,42
Larvas de gastropodos	Gast	225	6,70	0,12	0,07	20	7,12	1,69
Isopodos	Iso	4	0,12	0,01	0,00	4	1,42	0,07
Peces indeterminados	Indet	75	2,23	2,88	1,60	14	4,98	1,30
Mysidaceos	Mys	9	0,27	0,00	0,00	6	2,14	0,20

En cuanto al análisis de importancia relativa por grupos de tamaño (**Tabla 24**) los eufáusidos se presentaron en la totalidad de los grupos de tamaños, obteniendo su valor máximo en el Grupo I (<25 cm LH), los peces (mictófidos) solamente estuvieron representados en el Grupo II (26 – 30 cm LH). Las salpas se presentaron en todos los grupos, con una importancia relativa creciente. Asimismo, peces indeterminados se presentaron en todos los grupos de tamaño, con índices de importancia altos a partir del grupo III (31 cm y más). Este ítem presa presentó un alto grado de digestión, siendo imposible su identificación.

Tabla 24. Índice de importancia relativa por grupos de tamaño de jurel (ver Tabla 26 para la nomenclatura de los ítem presa).

Grupo	Euf	Mic	R.crst	Cop	Ostr	Anf	Sal	Gast	Iso	Indet	Mys
I	4,19	-	1,00	-	0,51	-	-	1,39	0,19	0,05	0,19
II	3,41	0,08	2,78	2,68	2,46	0,16	0,94	2,18	-	0,49	0,32
III	3,21	-	2,20	2,27	1,38	-	2,26	2,36	-	3,10	-
IV	3,56	-	-	-	-	1,53	2,56	-	-	3,48	-
V	2,60	-	0,87	2,82	-	1,53	3,62	-	-	1,84	-
VI	2,45	-	-	-	-	1,99	3,44	-	-	3,26	-
Total	3,91	0,01	1,84	1,80	1,62	0,15	1,42	1,69	0,07	1,30	0,20

b) Similitud trófica

La similitud trófica promedio por grupos de tamaño fue de 45,22 en la zona oceánica. Los individuos del Grupos II-III y IV presentaron una estrecha relación por presentar como contenido estomacal a eufáusidos. A su vez en los grupos de tamaño V y VI las presas de mayor consumo fueron salpas y peces indeterminados,. Al comparar en conjunto todos los grupos de tamaños se observa una clara disimilitud en el consumo de alimento en peso, entre individuos pequeños y individuos de tallas mayores a 41 cm (Figura 58).

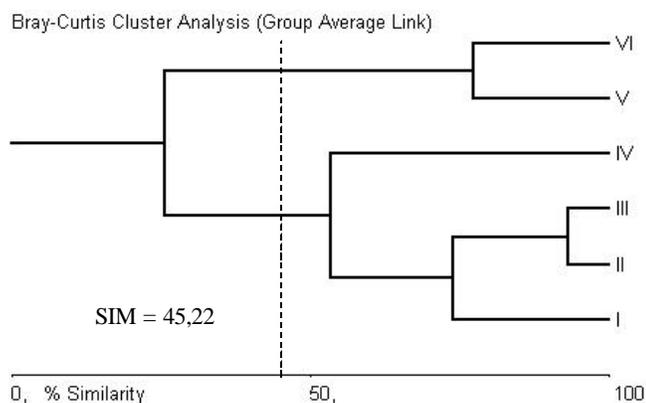


Figura 58. Dendrograma de similitud trófica en jurel, separados por grupos de tamaño.

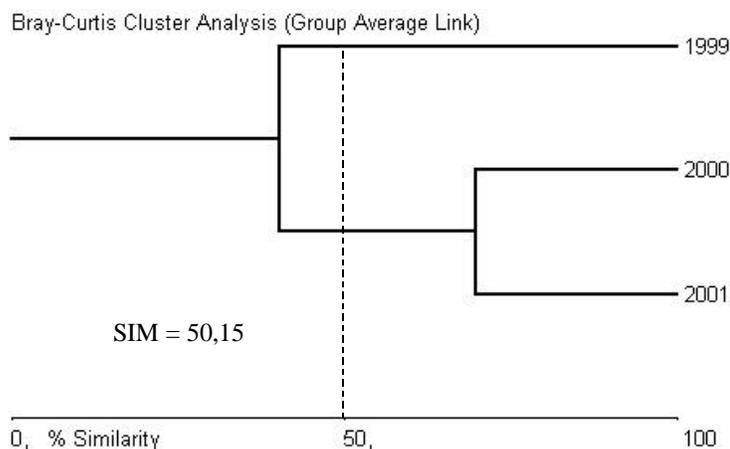


Figura 59. Dendrograma de similitud trófica en jurel, separado entre años.

Entre años, se observó una mayor similitud entre los años 2000 y 2001 (**Figura 59**), difiriendo en mayor grado el año 1999. En la **Tabla 25** se aprecia que los años 2000 y 2001 son más similares entre sí debido a la importancia relativa de los eufáusidos, restos de crustáceos totales, copépodos, y en menor medida los ostrácodos.

Tabla 25. Índice de importancia relativa (IIR) entre años (noviembre).

ITEM	Código	1999	2000	2001
Eufausidos	Euf	3,934	3,914	3,912
Mictofidos	Mic	-	2,532	0,007
Restos de crustaceos	R.crst	-	1,831	1,843
Copepodos	Cop	-	2,135	1,795
Ostracodos	Ostr	-	0,135	1,621
Anfipodos	Anf	-	0,002	0,151
Salpas	Sal	2,270	0,014	1,422
Larvas de gastropodos	Gast	-	-	1,691
Isopodos	Iso	-	-	0,071
Peces indeterminados	Idet	0,507	-	1,303
Mysidaceos	Mys	-	-	0,198
Calamar	Cal	0,200	0,541	-
Camarón	Cam	-	0,012	-
Especie desconocida	Spp	-	0,413	-
Restos de crustaceos pequeños	R.cr. p	-	0,805	-
Gonadostomátidos	Gonad.	2,920	-	-

9.6. Determinación y caracterización de la distribución espacial de las agregaciones de jurel

9.6.1. Índice de cobertura y morfología de las agregaciones

En los 18 transectos realizados en la ecoprospección se efectuaron un total de 13.852 ubm, de las cuales en 540 ubm se detectaron presencia de jurel, con un índice de cobertura de 3,90 % (Tabla 26).

Tabla 26. Índice de cobertura (IC) por tipo de ecotrazos. Crucero noviembre 2001.

Tipo de agregaciones	Tipo de categoría de IC (%)			
	Buena	Regular	Mala	Total
Cardumen	0,01	0,01	0,04	0,07
Estrato	0,03	0,30	0,47	0,80
Disperso	0,00	0,06	1,61	1,67
Individual	0,00	0,07	1,29	1,36
Total	0,04	0,45	3,41	3,90

➤ Tipología de los ecotrazos detectados por los ecosondas

De acuerdo a los tipos de ecotrazos los cardúmenes presentaron un IC de sólo 0,07%, los estratos alcanzaron un IC de 0,80 %, los dispersos un 1,67 % y los individuales lograron el IC más alto con 1,36 % (Tabla 26).

En cuanto a los niveles de captura esperados los ecotrazos se clasificaron como: malos, regular y bueno. Los ecotrazos tipo bueno presentaron un IC de 0,04%, los tipo regular alcanzaron un IC de 0,45% y los malos lograron el IC más alto con 3,41% (Tabla 26). El IC de los ecotrazos tipo cardumen disminuyó respecto a los del crucero del año 2000, mientras que los otros se incrementaron (Cubillos et al., 2002).

El 0,05% de las ubm se presentaron agregaciones susceptibles para ser capturadas con redes de cerco y redes de arrastre de mediagua (ascap), esta participación porcentual disminuyó respecto al crucero del año 2000 se había alcanzado una participación de 0,20% (Cubillos et al., 2002) . En estas se consideran los ecotrazos de las categorías: i) buenas que pertenezcan a los ecotrazos tipo cardúmenes y estratos y ii) regular tipo cardumen (**Tabla 26**).

➤ **Ecotrazos dectados por los sonares**

Con los sonares de las embarcaciones se dectataron 206 ecotrazos, se obtuvo un índice de cobertura de 1,49%. La **Figura 60** presenta en número de ecotrazos u observaciones por UBM, se reporta un ecotrazo por UBM en el 37% de los contactos, dos ecotrazos por UBM en el 15,4%, se presenta una disminución progresiva de la participación porcentual de UBM a medida que aumenta hasta 6 el número de observaciones por UBM, después se estabiliza, esto último puede ser debido a que se encuentra en una zona de abundancia o se puede producir una sobre cuantificación del número de contacto debido al modo de operación de los sonares y que el método de conteo es por observación visual.

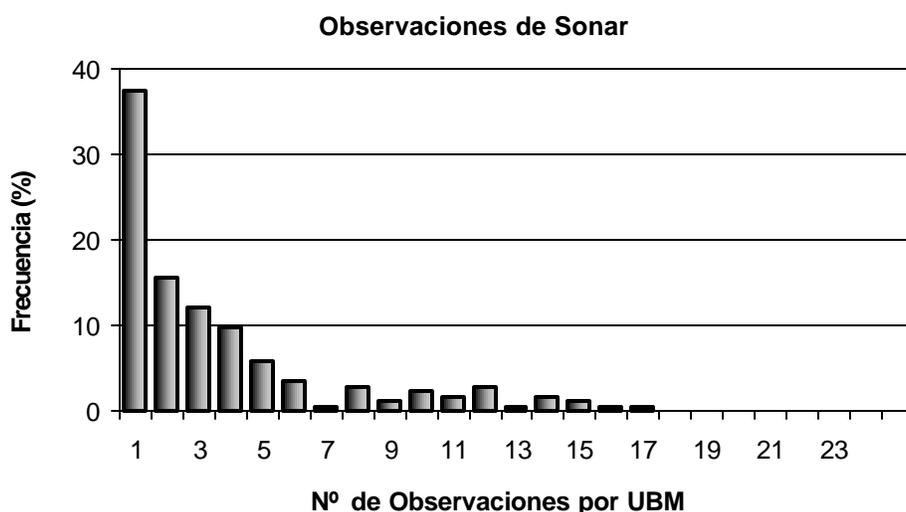


Figura 60. Número de observaciones en el sonar por cada UBM.

9.6.2. Altura y profundidad de las agregaciones

Los ecotrazos del jurel presentaron una altura promedio de 17,1 m, con un rango que fluctuó entre los 16,9 m para la categoría regular y de 33,3 m para la categoría buena. En relación a los tipos de agregaciones la altura promedio mas elevada la presentaron los cardúmenes con 25,0 m y la menos alta la tipo individual con 13,3 m (**Tabla 27**).

Los ecotrazos del jurel se reportaron a una profundidad promedio de 69 m, con un rango que fluctuó entre los 53,5 m para la categoría regular y de 224,2 m para la categoría buena. Los ecotrazos tipo estrato se reportaron mas someros a 51,2 m y los tipos cardumen mas profundos a 102,5 m en promedio (**Tabla 27**).

Tabla 27. Altura y profundidad promedio de las agregaciones

ABUNDANCIA	P. Min (m)	P. Max (m)	P. Media (m)	Altura (m)
Mala	55,6	72,6	69,1	17,0
Regular	40,0	57,0	53,5	16,9
Buena	202,5	235,8	224,2	33,3
TOTAL	55,5	72,6	69,0	17,1

AGREGACIÓN	P. Min (m)	P. Max (m)	P. Media (m)	Altura (m)
Cardumen	37,0	110,0	102,5	25,0
Estrato	15,6	54,0	51,2	15,6
Disperso	21,8	76,3	71,0	20,7
Individual	13,3	77,1	75,4	13,3
TOTAL	17,8	72,6	69,0	17,1

El 74,1% de los ecotrazos se reportaron entre la superficie y los 100 m de profundidad, el 22,4 % de los ecotrazos de la categoría mala se presentaron a una profundidad mayor de 100 m y estos pertenecían preferentemente a los tipos dispersos e individual (**Tabla 28**).

Tabla 28. Presencia de ecotrazos (%) en la columna de agua a una profundidad superior e inferior de los 100 m, por categoría y tipo de ecotrazos.

Abundancia	<= 100 m	> 100 m	Total
Mala	65,0	22,4	87,4
Regular	8,9	2,6	11,5
Buena	0,2	0,9	1,1
Total	74,1	25,9	

Agregaciones	<= 100 m	> 100 m	Total
Cardumen	1,1	0,7	1,9
Estrato	18,5	2,0	20,6
Disperso	31,5	11,3	42,8
Individual	23,0	11,9	34,8
Total	74,1	25,9	

9.6.3. Distribución espacial y batimétrica

a) Distribución espacial

En la **Figura 61** se muestra la distribución espacial de los ecotrazos del jurel reportados por ecosonda, ésta presentó una amplia repartición en el área prospectada, existe una clara predominancia de ecotrazos de la categoría mala. Los ecotrazos de la categoría buena fueron escasos y los de la regular se presentaron dispersos hacia los límites del área de estudio. En la **Figura 62** se presenta la distribución espacial de los ecotrazos reportados por sonar, estos presentan una distribución mas amplia que la anterior.

La presencia de los ecotrazos expresada en porcentaje por macrozona se muestra en la **Tabla 29**, se observa que en la zona norte costera se reporta mas alta presencia de ecotrazos que la norte oceánica. Cabe señalar que estos datos deben analizarse con cautela porque las áreas norte y sur no tienen el mismo tamaño debido a que son áreas estandarizadas entre año y los cruceros no se sitúan en la misma posición porque la distribución de los huevos es ambiente referenciada (Cubillos et al., 2002).

Tabla 29. Presencia de ecotrazos (%) por macrozona.

MACROZONA	Mala	Regular	Buena	Total
Norte - Costero	20,6	14,6	10,7	45,8
Norte – Oceánico	8,9	7,6	19,6	36,1
Sur – Costero	0,9	6,6	2,2	9,7
Sur – Oceánico	0,9	3,9	3,6	8,4
Total	31,3	32,7	36,0	

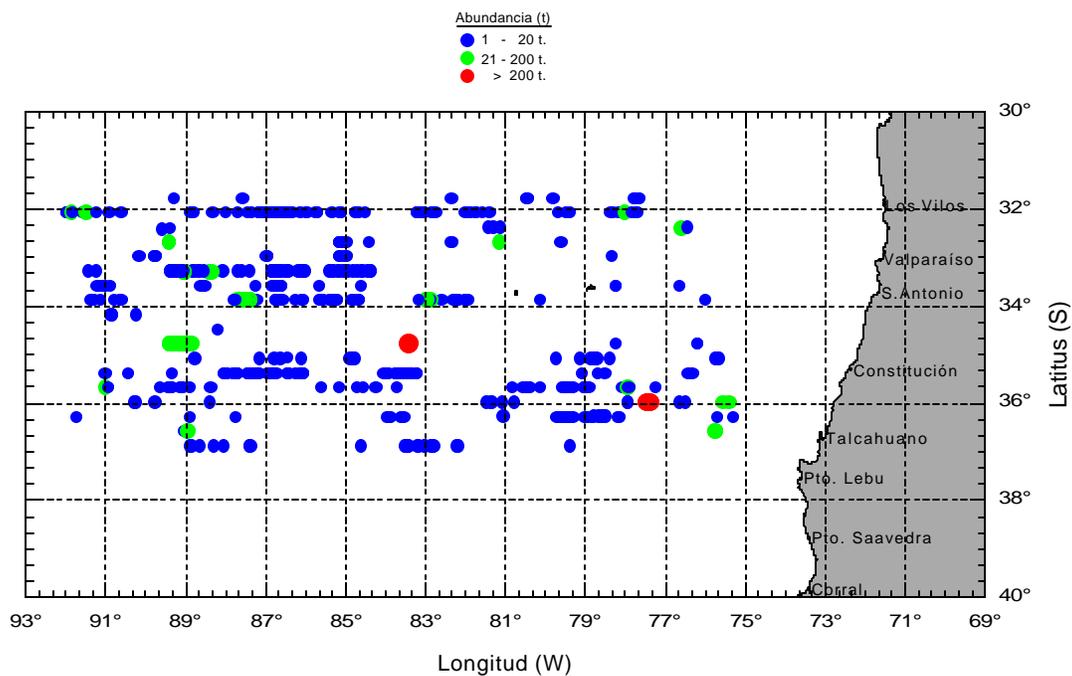


Figura 61. Distribución espacial de las agregaciones de jurel detectadas con ecosonda, noviembre del 2001.

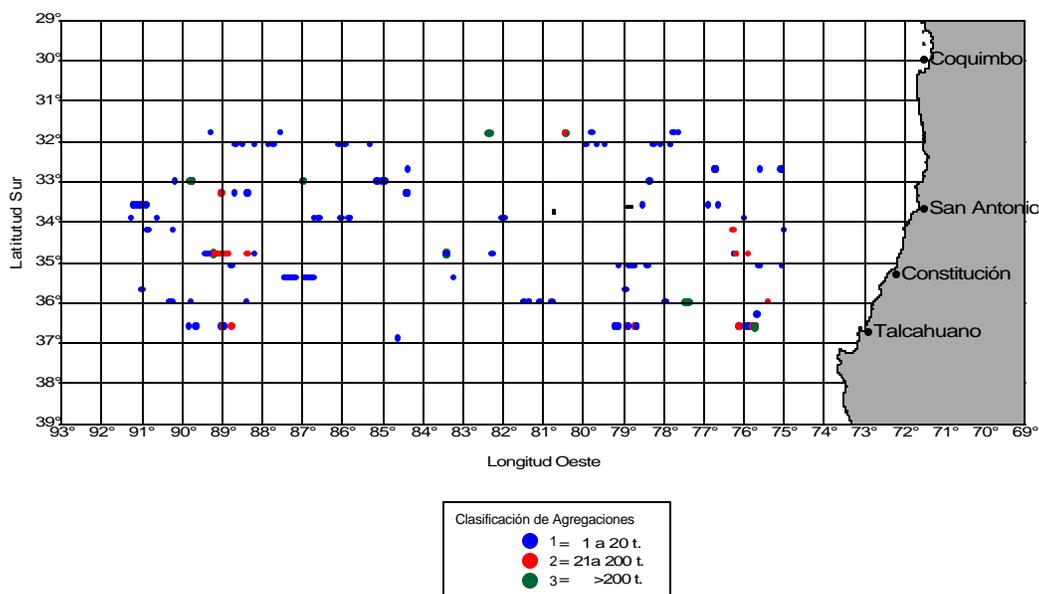


Figura 62. Distribución espacial de las agregaciones de jurel detectadas con sonar, noviembre del 2001.

b) Distribución batimétrica en el ciclo de las 24 horas

En la **Figura 63** se presentan las distribuciones horarias y por profundidad de los tipos y clases de ecotrazos. Se observa que:

- Los ecotrazos se presentaron desde la superficie hasta los 300 m de profundidad, siendo escasos los ecotrazos sobre 200 m.
- categoría buena se reportó sólo a las 16:00 pm preferentemente en altas profundidades sobre los 200 m y las 1:00 am en bajas profundidades (**Figura 63a**). Los ecotrazos eran del tipo cardumen y del tipo estrato (**Figura 64**).
- categoría **regular** estuvo presente entre la superficie y los 220 m durante el ciclo de las 24 horas. Desde el ocaso hasta el orto estas son mas numerosas y desde la 0:00 horas hasta las 14 horas se presentan a menores profundidades (**Figura 63b**). La mayor profundidad la reportan los ecotrazos tipo cardumen, las distribuciones mas someras

durante la noche la presentan los ecotrazos tipo estratos. Los tipos dispersos se reportan entre el ocaso y el orto y los tipo individual entre la 16:00 pm hasta las 8:00 am (**Figura 64**).

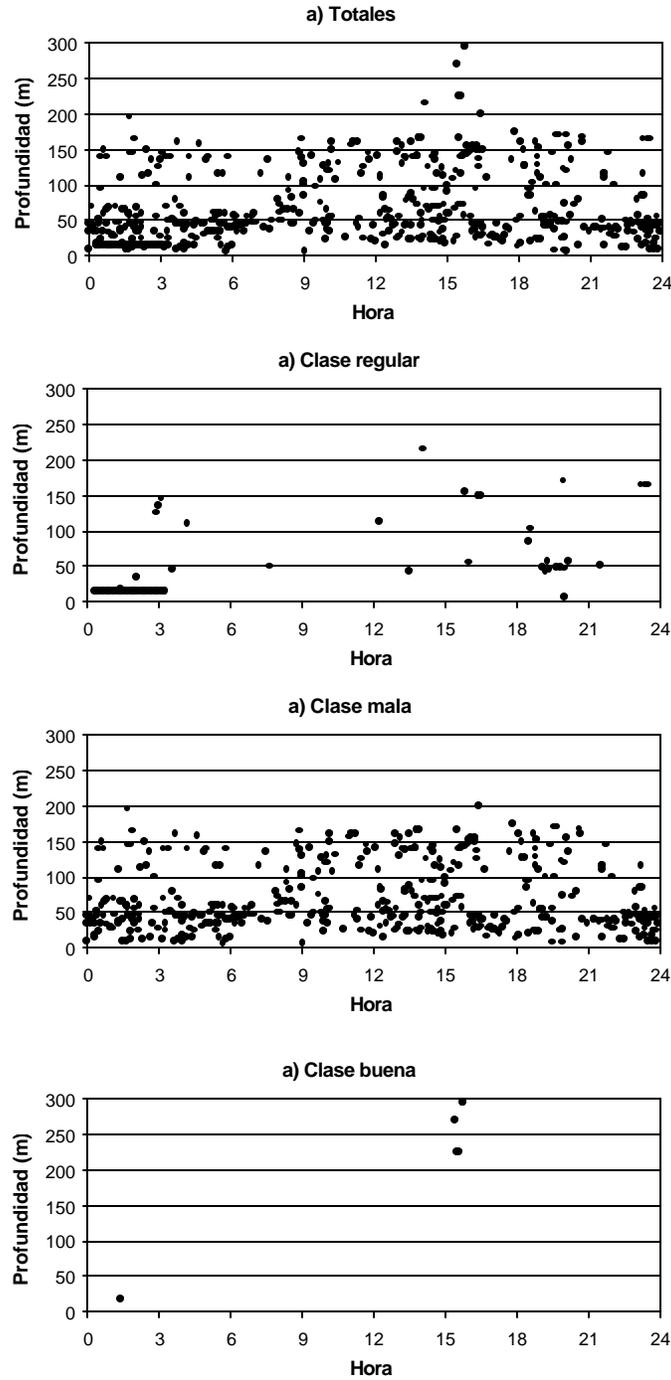


Figura 63 Distribución de las agregaciones por clase de abundancia. Crucero jurel noviembre 2001.

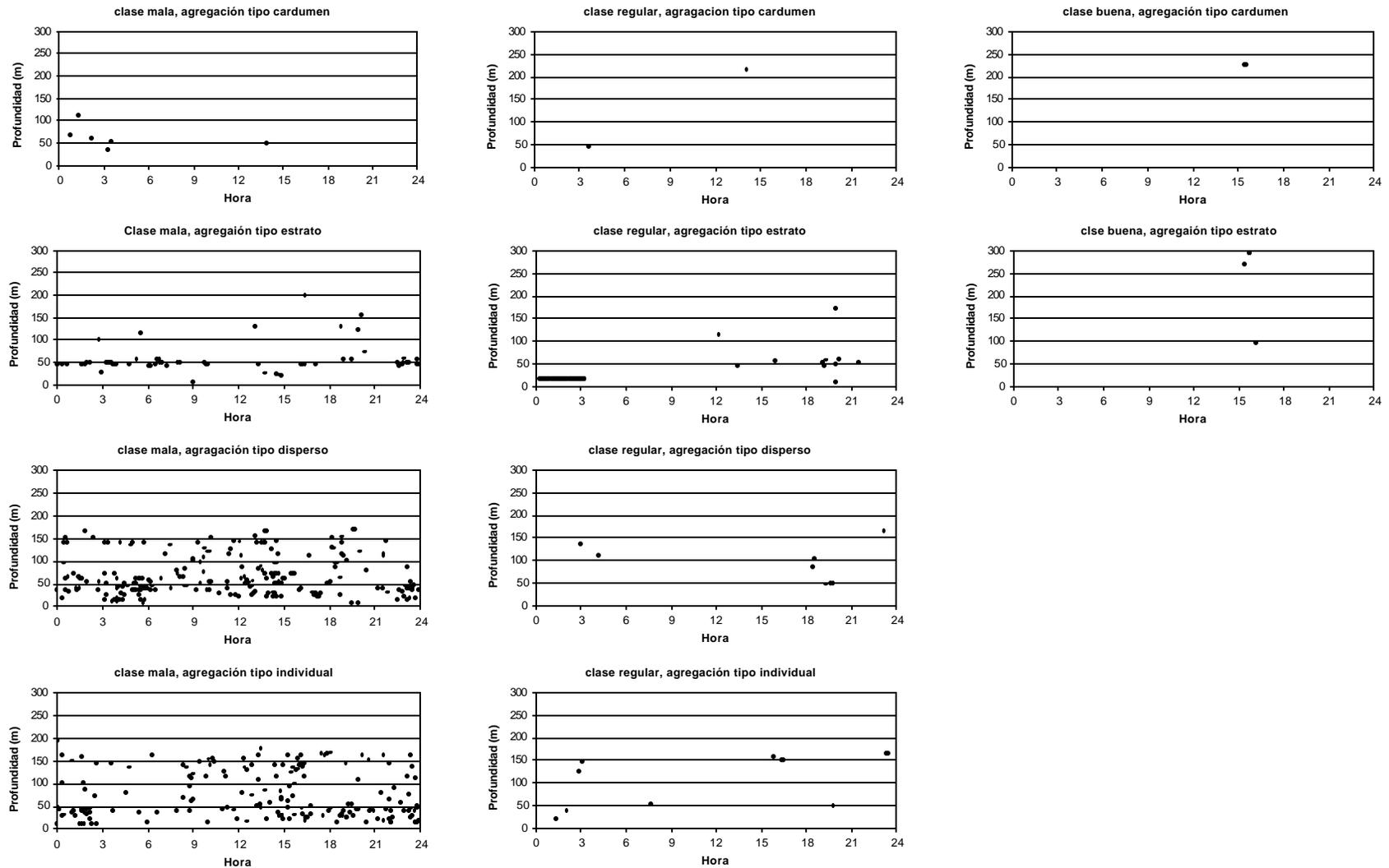


Figura 64. Distribución batimétrica de jurel por clase de abundancia y tipo de agregaciones, noviembre del 2001.

- clase **mala** se presentó una amplia distribución batimétrica, desde la superficie hasta 200 m durante el ciclo de las 24 horas, para los cuatro tipos de ecotrazos (**Figura 63c**). Los ecotrazos tipo estratos son los que tienen una distribución mas somera aunque en algunos casos alcanzan los 200 m. Los tipo disperso se reporten en la columna de agua desde la superficie hasta los 170 m, con una preferencia por aguas mas somera durante la noche. Mientras que los tipo individual se distribuyen mas ampliamente en la columna de hasta los 200 m (**Figura 64**).

9.6.4. Índice de presencia de ecotrazos (IPE)

➤ **Ecosonda**

El número de agregaciones observado por transectas varía de 1 ecotrazos hasta 93 con una media de 30,3 ecotrazos y una desviación estándar de $\pm 22,7$ ecotrazos. El IPE es de 0,0372 varía entre 0,0007 para los ecotrazos tipo cardúmenes y 0,0159 para los tipo disperso, en cuanto a la categoría por niveles de abundancia el IPE mas alto se obtiene para la mala con 0,0325 y el mas bajo para la buena con sólo 0,0004 (**Tabla 30** y **Figura 65**)

Tabla 30. Índice de presencia de ecotrazos (IPE) expresado en número de agregaciones por mn lineal, por categoría y tipo de ecotrazos

IPE (número de agregaciones por mn lineal)				
	Malo	Regular	Buena	Total
Cardumen	0,0004	0,0001	0,0001	0,0007
Estrato	0,0045	0,0029	0,0003	0,0077
Disperso	0,0154	0,0006		0,0159
Individual	0,0123	0,0007		0,0130
Total	0,0325	0,0043	0,0004	

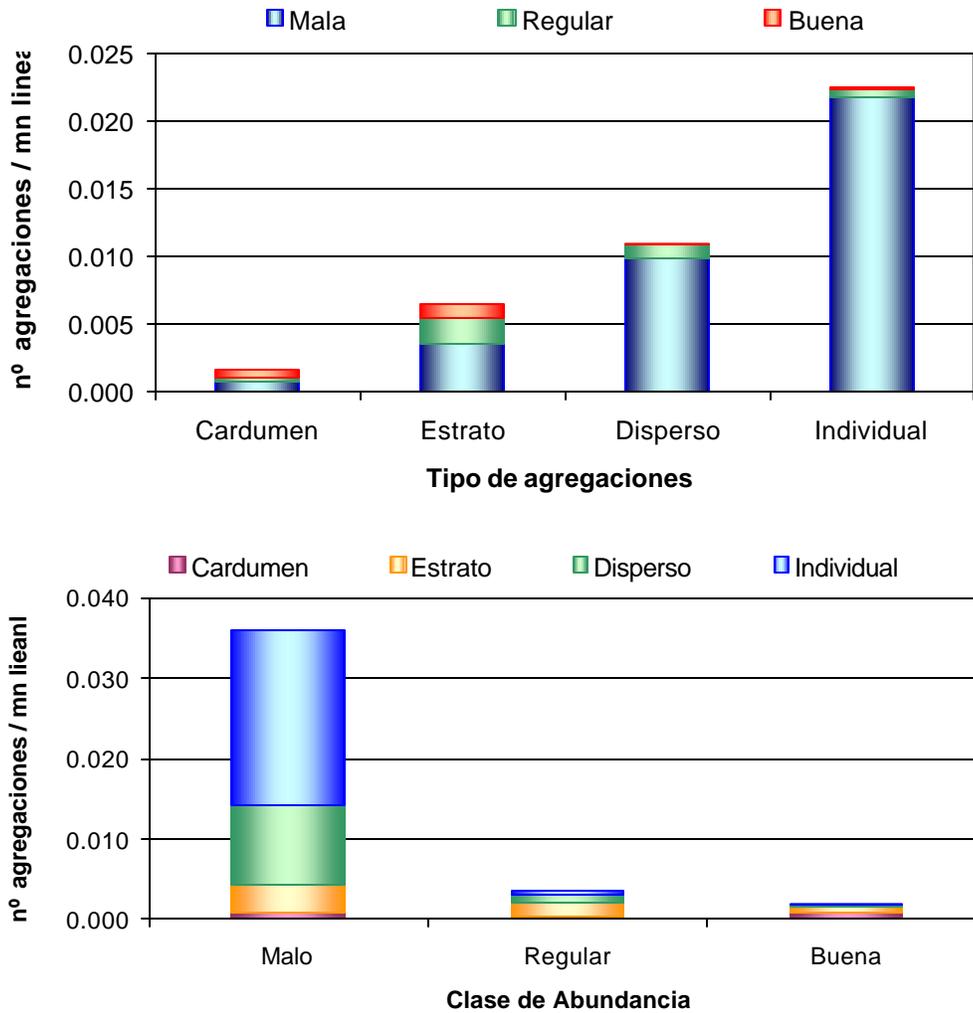


Figura 65. Índice de presencia de ectozos (IPE) expresado por el número de agregaciones por milla náutica lineal total prospectado.

Las distancias promedio de las agregaciones por transectas varía entre 7,85 mn a 129 mn y la media es de 21,9 mn pero presenta una desviación estándar de $\pm 59,3$ mn. El IPE por transecta varía entre 0,00119 a 0,11436 (**Tabla 31**)

➤ **Sonar**

En dos transectas no se detectó información con el sonar en las 16 transectas restantes el IPE varía entre 0,00122 a 0,06038 con un promedio de 0,0142 (Tabla 31).

Tabla 31. Índice de presencia de ecotrazos (IPE) expresado en número de agregaciones por mn lineal, por transecta para ecotrazos reportados por los ecosonda y sonares.

Track	Ecosonda IPE	Sonar IPE
1	0,01214	0,01214
2	0,11436	0,01845
3	0,00938	0,00000
4	0,02058	0,00961
5	0,01426	0,01426
6	0,07992	0,01058
7	0,03531	0,01177
8	0,07420	0,01200
9	0,00356	0,00237
10	0,00119	0,00000
11	0,04144	0,06038
12	0,02858	0,01497
13	0,07818	0,02285
14	0,04728	0,00242
15	0,02480	0,00000
16	0,04257	0,00122
17	0,00611	0,05739
18	0,02921	0,00139
promedio	0,03764	0,01420
desv estándar	0,02591	0,01885

➤ **Ecosonda y sonar**

En la **Figura 66**, se presenta un gráfico de dispersión que relaciona los IPE obtenidos con el sonar y el ecosonda, observándose una correlación moderada entre ambos si se consideran todos los valores ($r = 0,444$) (**Figura 66a**). En cambio, si se eliminan los

dos puntos más altos de IPE de esa relación (correspondientes a dos transectas), la correlación que se obtiene es alta ($r = 0,958$) (**Figura 66b**).

El número de contactos obtenidos con el ecosonda es mas alto que con el sonar, asimismo en los IPE que en promedio son respectivamente 0,03764 y 0,0142. La constante de escalamiento del IPE del ecosonda al del sonar es de 0,24, este resultado debe ser considerado con precaución por la alta desviación estándar (**Tabla 31**)

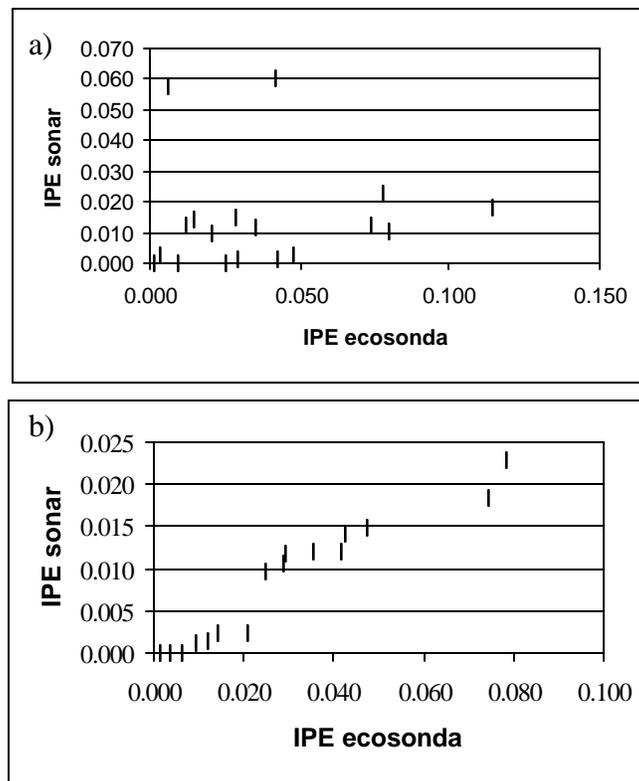


Figura 66. Índice de presencia de ecotrazos (IPE) expresado en número de agregaciones por mn lineal, por transecta para ecotrazos reportados por los ecosonda y sonares.

9.6.5. Presencia y distribución de cluster

En la **Tabla 32** se presenta el número de cluster, que se observaron durante la prospección, estos se definieron como cluster simples (CS) cuando el número de ecotrazos era menor a 1,5 por mn y cluster complejos (CC) cuando era mayor. Los resultados indican que aproximadamente el 93,1% de los clusters son simples y un 6,9 son complejos. La categoría que corresponde a los niveles de abundancia mala presentan el 88,5 % de los clusters, 83,1% son clusters simples y un 5,4% clusters complejos.

Los ecotrazos tipo (i) cardúmenes tienen una participación de 2,2% y se reporta clusters simples 2%, (ii) tipo estratos tiene una participación de un 19,7% y (iii) tipos dispersos con un 43,1% donde los cluster complejos aportan con un 3% y (iv) individual que tiene una participación porcentual de 37,1% (**Tabla 32**).

Tabla 32. Número y porcentaje de cluster simples (CS) y cluster complejos (CC) por tipo y categoría de ecotrazos.

Tipo	Mala (N°)	Regular (N°)	Buena (N°)	Total (N°)	
CS	419	48	6	469	
CC	27	7	1	35	
Tipo	Mala (%)	Regular (%)	Buena (%)	Total (%)	
CS	83,1	9,5	1,2	93,1	
CC	5,4	1,4	0,2	6,9	
Tipo	Cardumen (N°)	Estrato (N°)	Disperso (N°)	Indiv. (N°)	Total (N°)
CS	10	88	202	183	469
CC	1	11	15	4	35
Tipo	Cardumen (%)	Estrato (%)	Disperso (%)	Individual (%)	Total (%)
CS	2,0	17,5	40,1	36,3	93,1
CC	0,2	2,2	3,0	0,8	6,9

9.6.6. Distribución de ecotrazos por zonas de presencia de huevos

En el presenta estudio el IC estimado es de 3,9 % (Tabla 26), se estudia la participación del IC por tipo de ecotrazos en las zonas calificadas como sin presencia de huevos de jurel, presencia baja y regular (1 - 500 ind/10m²) y presencia alta (mayor a 500 ind/10m²), estos son 0,73; 0,8 y 2,37 % respectivamente (Tabla 33). Se observa que la mas baja presencia corresponde al ecotrazo tipo cardumen y la más alta a la tipo disperso en los tres tipos de zonas antes citadas.

Tabla 33. Indice de cobertura de tipo de ecotrazos (cardumen, estrato, disperso e individual) y niveles de abundancia* de jurel (mala, regular y total) en áreas calificadas sin presencia de huevos de jurel, regular y alta.

Zona Huevos	Abundancia*	Cardumen	Estrato	Disperso	Individual	Total
Sin huevos	Mala	0,01	0,32	0,27	0,11	0,71
	Regular	0,01	0,01			0,02
	Buena					
	Total	0,02	0,32	0,27	0,11	0,73
		Cardumen	Estrato	Disperso	Individual	Total
Regular 1- 500 ind/m ²	Mala	0,01	0,06	0,32	0,36	0,75
	Regular		0,01	0,01	0,02	0,05
	Buena					
	Total	0,01	0,07	0,34	0,38	0,80
		Cardumen	Estrato	Disperso	Individual	Total
Alta > 500 ind/m ²	Mala	0,03	0,09	1,01	0,82	1,95
	Regular		0,28	0,04	0,05	0,38
	Buena	0,01	0,03			0,04
	Total	0,04	0,40	1,05	0,87	2,37

9.6.7. Distribución de la temperatura superficial, la biomasa fitoplanctónica, los ecotrazos y los huevos

a) Temperatura superficial del mar

La distribución del campo térmico en el área de muestreo (Figura 67), indica que el rango de temperatura medido para la zona de muestreo fue de 14,5 a 17,5 °C, con los valores mas altos localizados entre las latitudes 32 a 33° S y desde las longitudes 75 a la

90° 30' W. La estructura térmica del área indicó la existencia de dos masas de agua de alta temperatura, es decir mayores de 17,5 °C, separadas por una zona de temperatura en el rango 17 a 16,5 °C.

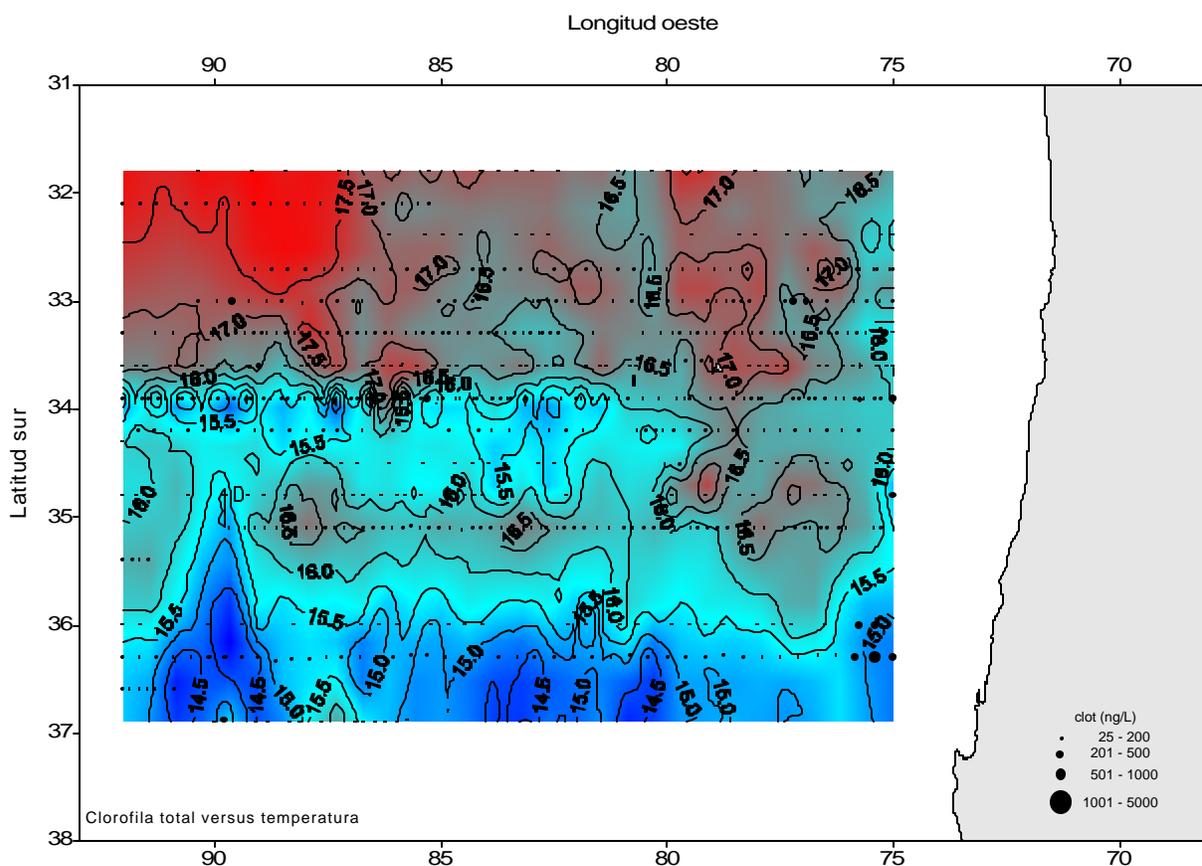


Figura 67. Distribución espacial de la biomasa fitoplanctónica (clorofila total, ng/L) y la temperatura superficial del mar (°C), noviembre de 2001.

En las inmediaciones de la latitud 34° S, y desde la longitud 80° W, es posible observar la existencia de una serie de gradientes térmicos, caracterizados por la formación de núcleos de poca cobertura espacial y de temperatura inferior a 15,5° C. La existencia de estas estructuras de pequeña escala, sugiere una zona de transición debido al encuentro de masas de agua de distinto origen.

Al sur de la latitud 35° S se observó una homogeneidad relativa en la distribución del campo térmico, con algunas desviaciones debido a la presencia de tres núcleos mayores de 16,5° C. Desde la latitud 36° S hacia el sur, el sistema oceánico estuvo definitivamente más

frío que la zona norte del área muestreada, con valores en el rango menores de 15,5 a mayores de 14° C.

b) Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica

La descripción de la biomasa fitoplanctónica en zonas de baja producción biológica requiere de técnicas analíticas de alta sensibilidad tales como la fluorimetría. Utilizando dicha técnica es posible resolver estructuras valores de cuantificación de clorofila inferiores a 0,2 µg/l, valores de biomasa son considerados como típicos de sistemas oligo o ultraoligotróficos. En el caso particular del ambiente oceánico la discriminación entre los diferentes tipos de clorofila (i.e. clorofila a, b, c y otros pigmentos fotosintéticos) existentes no es posible de ser resuelta con la técnica utilizada, por lo que los valores serán expresados como clorofila total, haciendo referencia a la respuesta de fluorescencia de todas las moléculas fotosintéticas presentes en la solución de trabajo, la que es denominada clorofila total (clot) y expresada en ng/L.

La cuantificación de la clot en la zona de muestreo (**Figura 67**) indica que de 750 muestras analizadas, solo un 2 % de los valores fueron superiores a los 200 ng/L o típicos de sistemas mesotróficos, es decir en el rango >200 a <500 ng/L. Mientras que el 11,87 % de la biomasa fitoplanctónica estuvo en el rango oligotrófico ó <200 y >100 ng/L, y el 86,1 % restante fueron valores de clot inferiores a los 100 ng/L, o típicos de sistemas ultraoligotróficos, o sea que prácticamente el 98 % de todos las muestras analizadas correspondieron a valores de biomasa fitoplanctónica propia de sistemas de baja producción biológica .

Desde el punto de vista espacial, el 2% de los valores mesotróficos se agregaron en las latitudes 33° a 34° S y longitudes 75° a 90° W, en las cercanías de San Antonio, y la segunda agregación importante se localizó en la latitud 36° S y las longitudes 75° a 88° W, en las cercanías de la bahía de Concepción y golfo de Arauco. El resto de los valores mesotróficos se localizo en forma esparcida y en áreas de temperatura superiores a 15,5° C.

En la **Figura 68** se presenta la distribución de la clorofila se efectúa un overlay con los ecotrazos de jurel y los huevos de jurel no observándose una relación.

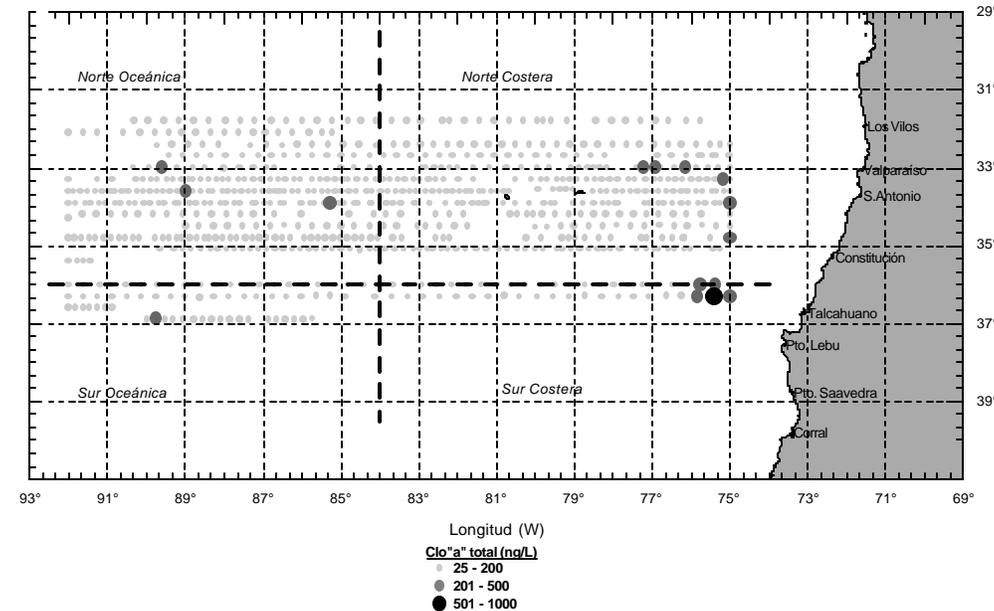


Figura 68. Distribución espacial de la biomasa fitoplanctónica (clot, ng/L)

9.6.8. Análisis multitemporal de los cruceros 1997 al 2001

Desde 1997 a 2001 se han efectuado cinco cruceros (**Tabla 5**), en cuanto al diseño las prospecciones estos se puede dividir en dos etapas, la primera considera los cruceros de los años 1997 y 1998, donde se efectuaron transectos tipo zig-zag y la segunda 1999, 2000 y 2001 con transectos perpendiculares a la costa. A partir de los resultados de la primera etapa se observó que la distribución de los huevos está asociada con la temperatura, por lo que la posición de las transectas depende de esta, la distribución del jurel como los otros grandes peces pelágicos es ambiente referenciada. Por esta razón el área prospecta difiere año a año.

Al comparar la distribución de los huevos y de los ecotrazos de jurel se observa que, en cada uno de los cinco cruceros en las áreas donde se presentan los huevos no se detecta presencia de jurel o esta es muy baja (**Figura 69a y 69b; Figura 70a y 70b; Figura 71a y 71b; Figura 72a y 72b; Figura 73a y 73b**).

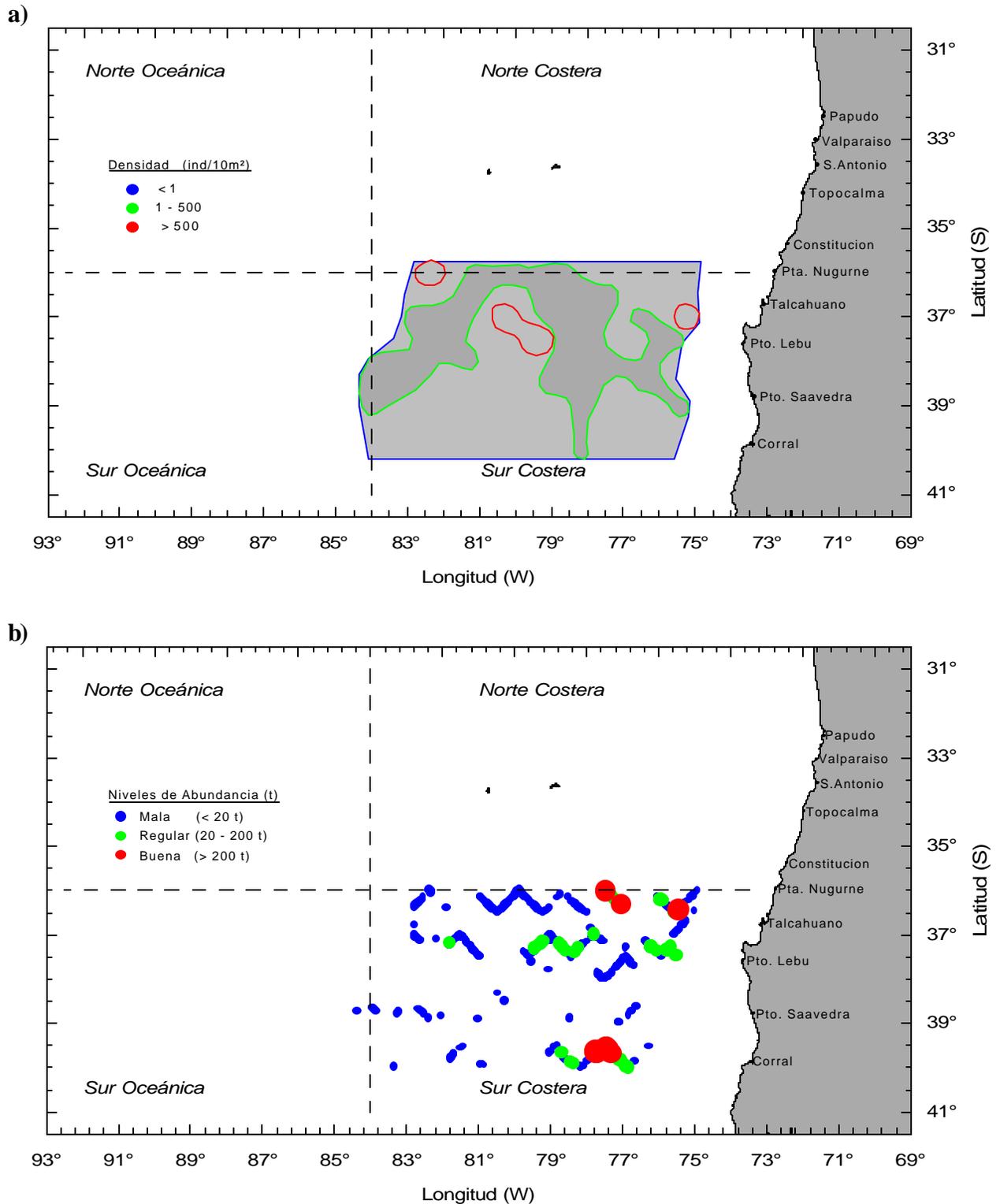


Figura 69. Distribución de: a) abundancia de huevos y b) presencia de ecotrazos acústicos de jurel. Crucero Nov. 1997.

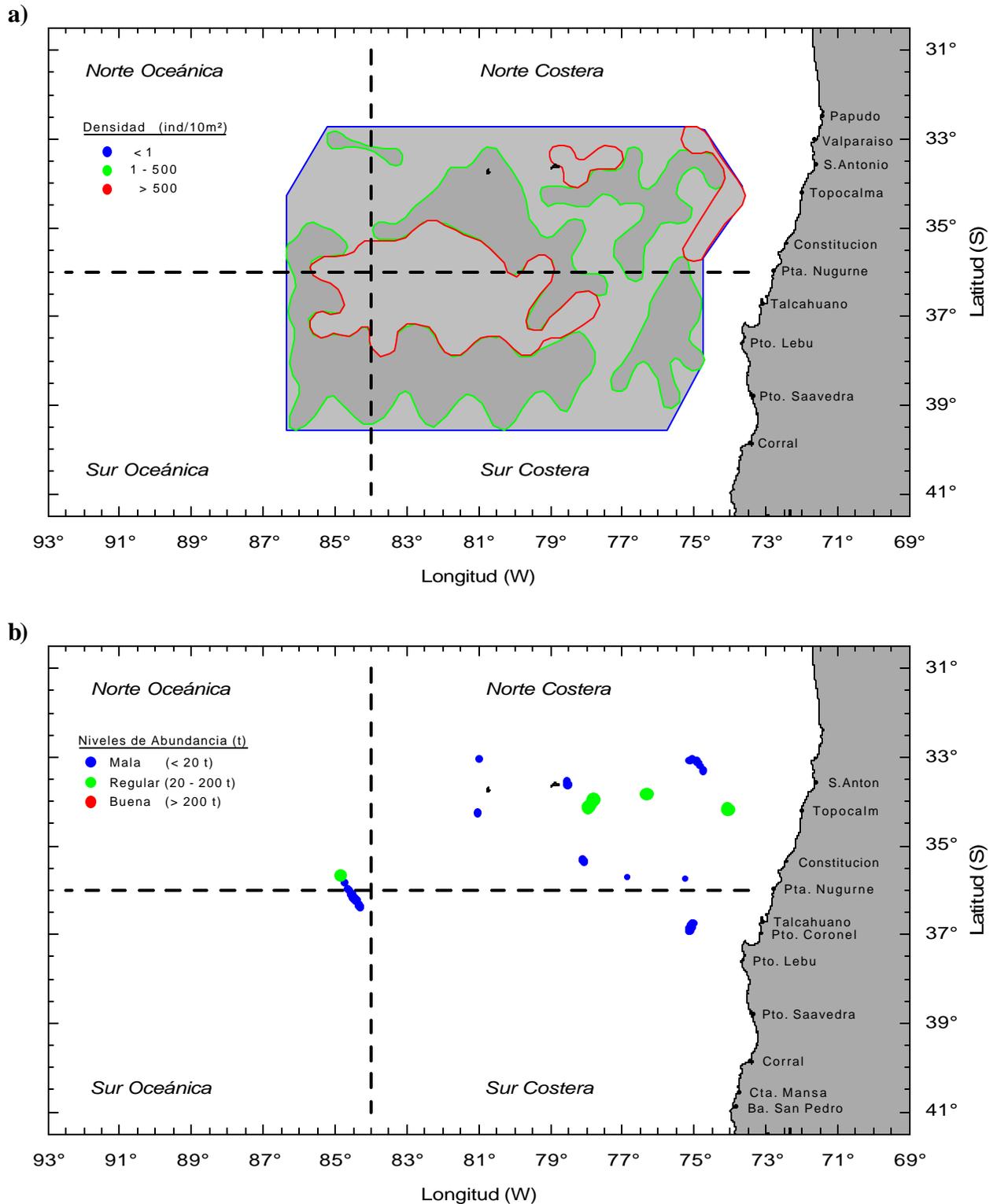


Figura 70. Distribución de: a) abundancia de huevos y b) presencia de ecotrazos acústicos de jurel. Crucero Dic. 1998.

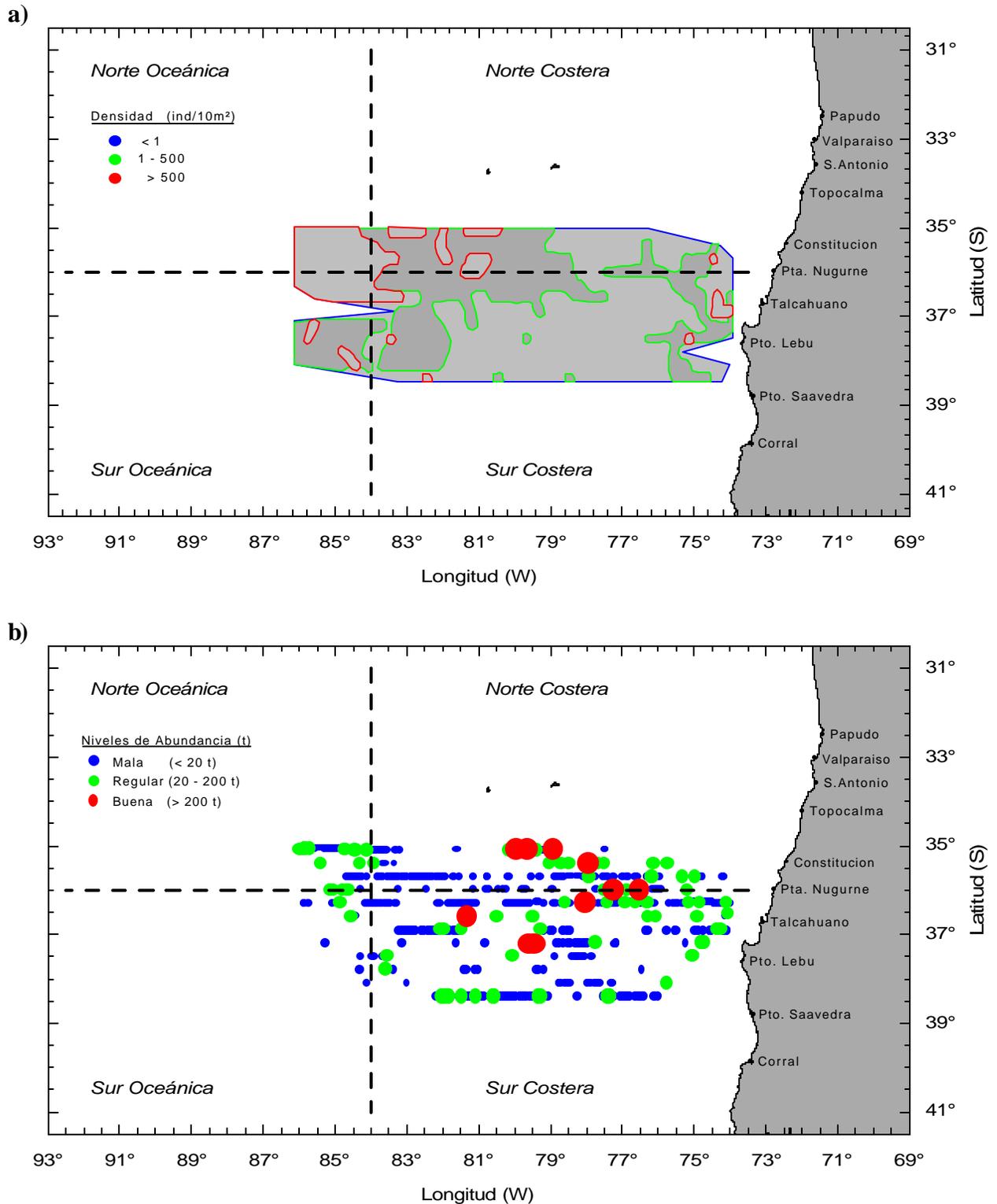


Figura 71. Distribución de: a) abundancia de huevos y b) presencia de ecotrazos acústicos de jurel. Crucero Dic. 1999.

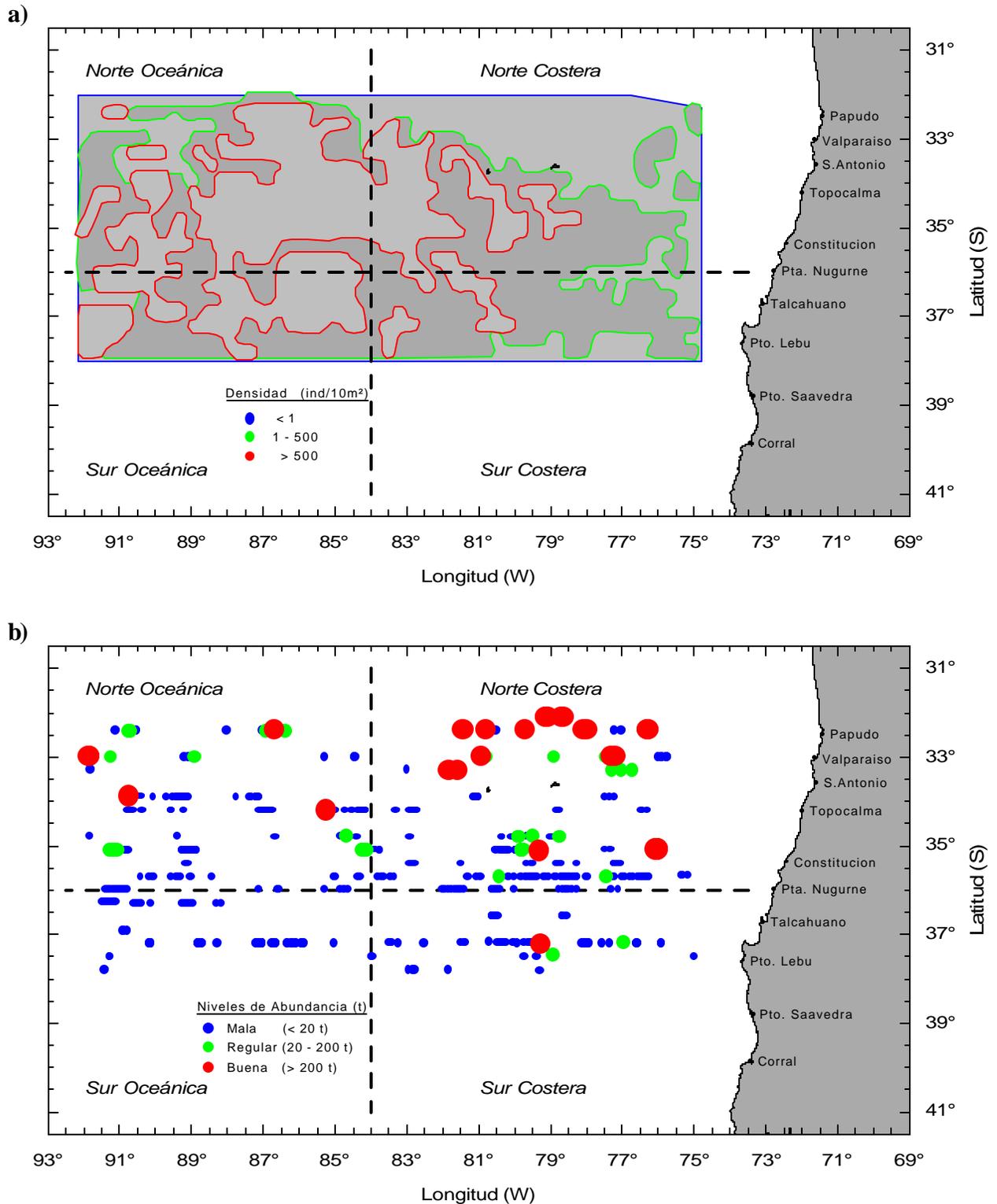


Figura 72. Distribución de: a) abundancia de huevos y b) presencia de ecotrazos acústicos de jurel. Crucero Nov. 2000.

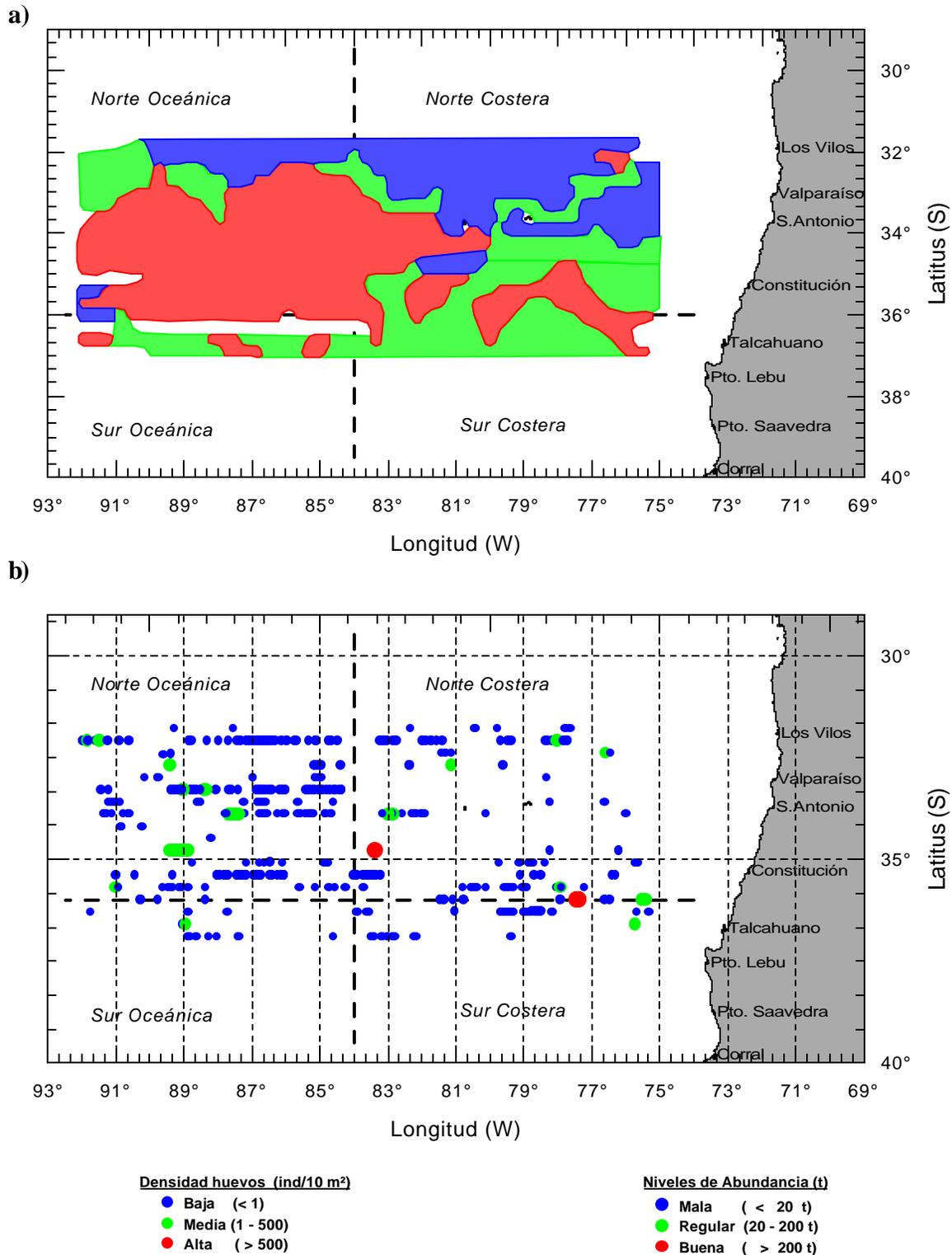


Figura 73. Distribución de: a) abundancia de huevos y b) presencia de ecotrazos acústicos de jurel. Crucero Nov. 2001.

a) Índice de cobertura (IC) y morfología de las agregaciones

Por clase de abundancia del jurel: i) buena (captura esperada mayor a 200 t), ii) regular (captura esperada entre 20 y 200 t y iii) mala (captura esperada menor a 20 t) se estima el índice de cobertura en las áreas tipificada: i) sin presencia de huevos de jurel, ii) con presencia calificada como regular (hasta **Figura 75a**) y iii) con presencia calificada como alta (superior a 500 ind/10m²). Para cada clase el IC es estimado por tipo de ecotrazo (cardumen, estrato, disperso e individual). Los resultados indican que:

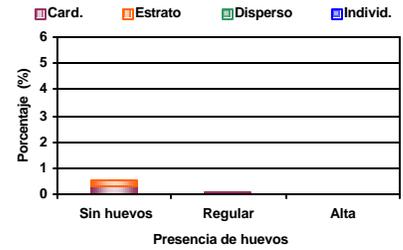
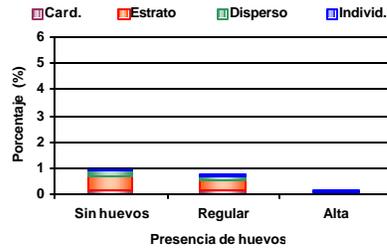
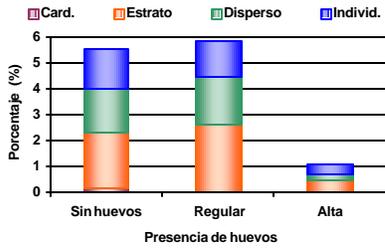
- i. en los años 1997 y 1999 los IC son altos, en el caso de la categoría de abundancia de jurel mala, en las áreas calificadas sin presencia de huevos y regular, los IC estimados superan el 5% en cada caso y el 11% acumulados. En el año 1997 los ecotrazos cardúmenes y estratos tienen una participación porcentual del 41,2% y el 37% en el año 1999. En el caso de la categoría de abundancia de jurel regular los IC alcanzan el 2% en ambos años, estos son mas altos en las áreas calificadas sin presencia y regular donde existen presencia de ecotrazos de la categoría estratos y cardúmenes, mientras que en el área calificada como de alta presencia de huevos el IC es incipiente. En las áreas de alta presencia de jurel los IC son bajos pero la participación mas importante se encuentra en las áreas categorizadas sin huevos (**Figura 74 y Figura 75a**).
- ii. en los años 1998, 2000 y 2001 los IC son bajos, , en el caso de la categoría de abundancia de jurel mala, los IC alcanzan valores cercanos al 1% 4% y 3% respectivamente, se presentan preferentemente los ecotrazos de los tipos: dispersos e individual, en las áreas calificadas sin presencia de huevos y regular. En el caso de la categoría de abundancia de jurel regular los IC son muy bajos no alcanzando el 0,4%. Para la categoría de abundancia de jurel buena el IC es incipiente sólo en el año 2000 (**Figura 74 y Figura 75a**).

Abundancia de jurel: **Mala**

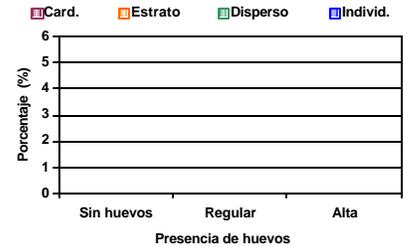
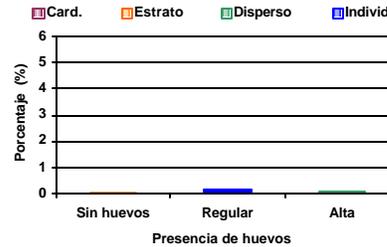
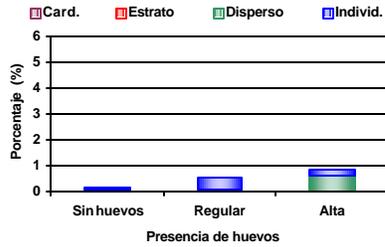
Abundancia de jurel: **Regular**

Abundancia de jurel: **Buena**

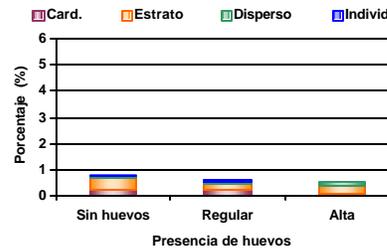
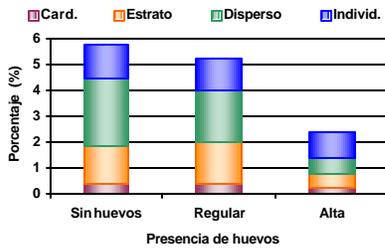
Nov 1997



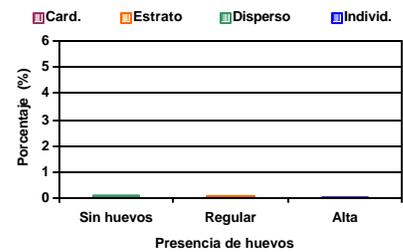
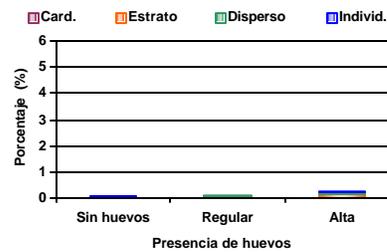
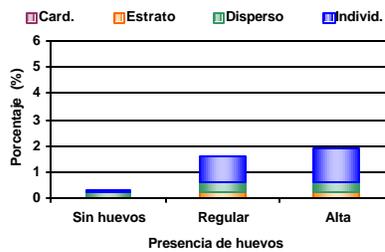
Dic. 1998



Dic. 1999



Nov. 2000



Nov. 2001

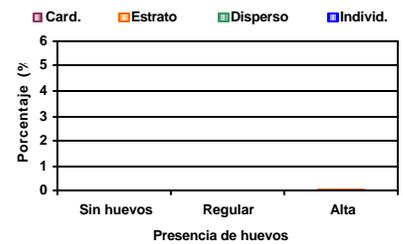
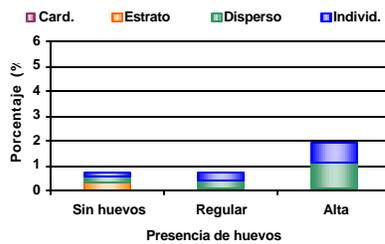


Figura 74. Indices de cobertura (IC) por tipo de agregación, por clase de abundancia de ecotrazos acústicos y por presencia de huevos.

Indice de Cobertura total según la presencia de huevos

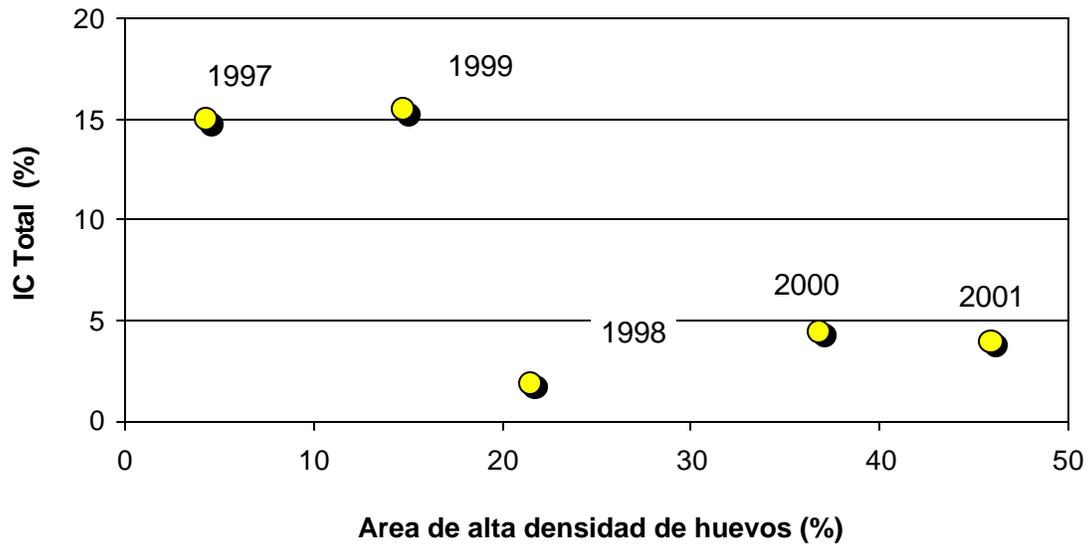
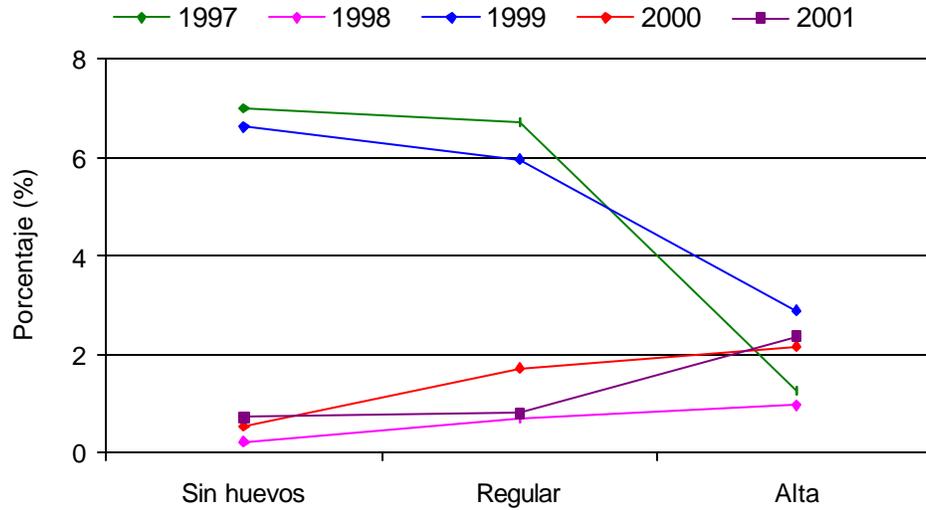


Figura 75. a) Índice de cobertura total (IC) según la presencia de huevos y b) relación entre el IC total (%) y el índice sintético de área de alta densidad de huevos (IA) (%)

En la **Tabla 34** se presenta el índice sintético de la presencia de huevos (IA) se advierte un aumento en los años 2000 y 2001, al relacionar el IA con el respectivo IC, se observa que en los años 1997 y 1999 el IC es mas alto cuando el IA es mas bajo. Se puede entonces afirmar que el índice de cobertura (IC) es inversamente proporcional a la extensión del área de alta presencia de huevos, estimada como una relación porcentual con respecto al área total, de esta manera las superficies se transforman a índices son comparables entre cruceros (**Figura 75a**).

Tabla 34. Índice sintético de la presencia de huevos (IA), donde SAH es la superficie (mn²) de estrato de alta densidad de huevos y ST superficie total (mn²).

Año	ST (mn²)	SAH (mn²)	IA (%)
1997	108,078	4,691	4,3
1998	231,340	49,788	21,5
1999	114,917	17,027	14,8
2000	306,327	112,828	36,8
2001	263,945	103,947	39,4

b) Índice de presencia de ecotrazos (IPE)

En 1997 y 1999 los IC son altos alcanzando 14,97 y 15,46 % respectivamente, en consecuencia en esos cruceros se encontraron los más altos índices de presencia de ecotrazos con 0,12 agregaciones por milla náutica lineal (IPE), la mayor participación corresponde a los ecotrazos de la categoría mala. Mientras que en los otros tres años el IPE es bajo alcanzando sólo 0,037 agregaciones por milla náutica lineal en los años 2000 y 2001. Los ecotrazos tipo cardumen presenta el IPE más bajo en los cinco cruceros, confirmando la hipótesis de que el jurel forma agregaciones muy poco compacta en el momento del desove (**Tabla 35**).

Tabla 35. Índice de presencia de ecotrazos IPE (número de agregaciones por milla náutica lineal) en los cruceros Nov. 1997, Dic. 1998, Dic.1999, Nov 2000 y Nov.2001.

Crucero	Tipo de Agregación	Clases de abundancia			
		Mala	Regular	Buena	Total
Nov. 1997	Cardumen	0,00140	0,00302	0,00279	0,00721
	Estrato	0,04280	0,00768	0,00186	0,05234
	Disperso	0,02977	0,00302	-	0,03280
	Individual	0,02698	0,00163	-	0,02861
	Total	0,10095	0,01535	0,00465	0,12096
Dic. 1998	Cardumen	0,0004	-	-	0,0004
	Estrato	0,0000	0,0010	-	0,0010
	Disperso	0,0038	0,0004	-	0,0042
	Individual	0,0040	0,0002	-	0,0042
	Total	0,0083	0,0016	0,0000	0,0099
Dic. 1999	Cardumen	0,0092	0,0050	0,0016	0,0158
	Estrato	0,0297	0,0080	-	0,0377
	Disperso	0,0433	0,0019	-	0,0451
	Individual	0,0302	0,0009	-	0,0311
	Total	0,1123	0,0158	0,0016	0,1297
Nov. 2000	Cardumen	0,0006	0,0002	0,0006	0,0015
	Estrato	0,0032	0,0017	0,0009	0,0058
	Disperso	0,0089	0,0009	0,0001	0,0098
	Individual	0,0196	0,0005	0,0001	0,0203
	Total	0,0324	0,0033	0,0017	0,0373
Nov. 2001	Cardumen	0,0004	0,0001	0,0001	0,0007
	Estrato	0,0045	0,0029	0,0003	0,0077
	Disperso	0,0154	0,0006	-	0,0159
	Individual	0,0123	0,0007	-	0,0130
	Total	0,0325	0,0043	0,0004	0,0372

c) Presencia y distribución de los clusters

En los cruceros de 1997 y 1999 se reportan las mas altos presencia de clusters simples alcanzando los 538 y 635 respectivamente y en el año 1999 se presenta el número mas alto de clusters complejos con 91 clusters. Para hacerlo comparable entre crucero se estima el índices de presencia de clusters expresados en n° de clusters/10000 mn²., estos índices son más altos en los años 1997 y 1999 con 50 y 55 clusters simples mn², y presentan un valor intermedio en los años 2000 y 2001 con 17 y 18 clusters simples mn² (**Figura 76**). Estos resultados son coherentes con los indicados anteriormente que a mayor n° de clusters por mn² el tamaño del área de alta presencia de huevos es menor.

d) Distribución batimétrica y altura de los ecotrazos

Se ha presentado un cambio en la distribución batimétrica del jurel en el período de estudio, en los años 1997 y 1999 la profundidad media de las agregaciones era 136 y 102 m respectivamente, y sólo el 19,8 y 44,5 % de las agregaciones se reportaban entre la superficie y 100 m de profundidad. En los años 1998, 2000 y 2001 el 65,3; 77,7 y el 74,1 % se presenta desde la superficie hasta los 100 m de profundidad, se observa entonces que en los años donde el IC donde el es bajo y el IA es alto el jurel presenta una distribución batimétrica mas somera (**Tabla 36**).

Tabla 36. Profundidad media y alto promedio de las agregaciones y porcentaje de agregaciones entre la superficie y los 100 m de profundidad.

Crucero	Profundidad Media (m)	Alto Promedio (m)	<= 100 m
Nov. 1997	136,2	28,0	19,8
Dic. 1998	84,0	16,0	65,3
Dic. 1999	102,0	25,0	44,5
Nov. 2000	67,0	24,6	77,7
Nov. 2001	69,0	17,1	74,1

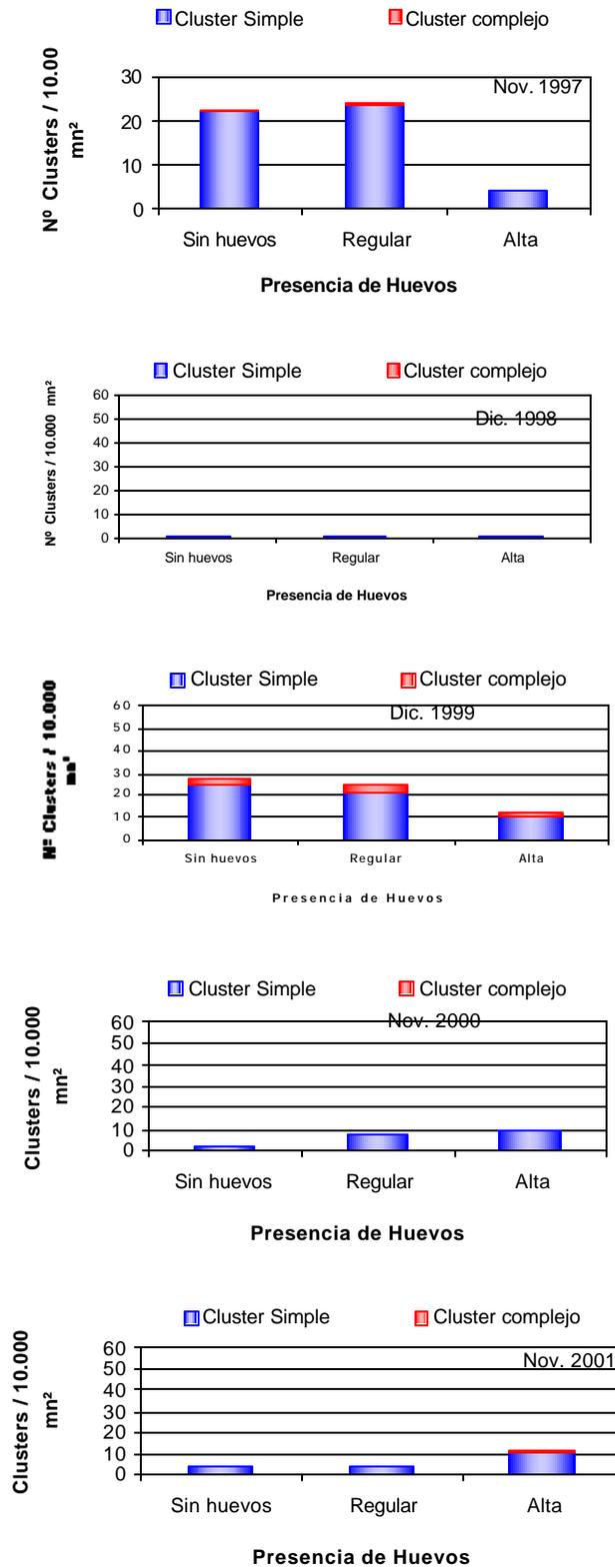


Figura 76. Número de clusters simples y complejos por cada 10.000 m² (100 * 100 mn) en los cruceros de Nov.1997, Dic.1998, Dic. 1999, Nov. 2000 y Nov. 2001.

9.7. Estimación de la biomasa desovante de jurel

Desde el punto de vista de los resultados del proyecto, uno de los aspectos más importantes dicen relación con la estimación de la biomasa desovante de jurel en el área de estudio. Sin embargo, debido a la estrategia reproductiva del jurel surgen algunas limitantes, como también ventajas, que deben ser consideradas al momento de estimar la biomasa desovante.

Las limitaciones más importantes dicen relación con el bajo número de lances de pesca que es posible de obtener durante los 10 – 12 días de duración de un crucero como éste, lo que se debe principalmente al comportamiento del recurso en aguas oceánicas. En efecto, el jurel se encuentra con una distribución abierta donde el éxito de pesca con red de cerco es por lo general muy bajo. En este contexto, los parámetros reproductivos importantes de las hembras desovantes de jurel, tal como la fracción de hembras desovantes diarias, el peso promedio de las hembras maduras, como también la fecundidad parcial están sustentados en un bajo número de lances.

En 1999 no se pudo contar con un número suficiente de lances con hembras hidratadas para estimar la fracción de hembras desovante y la fecundidad no se estimó a partir de éstas, sino más bien a través del método de la moda más avanzada (Sepúlveda et al., 2001). En el 2000, aunque se contó con un número adecuado de hembras hidratadas (histológicamente clasificadas así), la fecundidad se determinó separando los ovocitos de más de 700 um. Sin embargo, en el **Anexo III** se presenta una re-estimación de la fecundidad para el 2000 considerando el método gravimétrico y las hembras histológicamente clasificadas como hidratadas.

En el caso de la fracción de hembras desovantes, en 1999 no se contó con estimaciones de este parámetro a través de los folículos postovulatorios (FPO). En el 2000, si bien es cierto se identificó las hembras con folículos postovulatorios, a éstos no se les asignó edad y la fracción de hembras desovantes se estimó asumiendo la mitad de la proporción de los FPO totales. Una re-estimación de la fracción de hembras desovantes diarias, peso promedio de hembras maduras y proporción sexual para el 2000 se presenta en el **Anexo III**.

En la estimación de biomasa desovante por el método de la producción diaria de huevos, usualmente es la producción diaria de huevos el parámetro sujeto a mayor incertidumbre, con coeficientes de variación del orden de 30 – 40% en la anchoveta (Claramunt com. pers.). En el caso del jurel, la producción diaria de huevos ha sido estimada con una mayor precisión debido a la alta incidencia de estaciones positivas en el área de estudio (mayor al 70 %). Esta característica constituye una ventaja para la estimación de la biomasa desovante a pesar de la limitación contenida en los parámetros reproductivos de los adultos.

Al considerar que se tiene mayor confianza en los estimados anuales de producción diaria de huevos, la biomasa desovante de jurel se ha estimado considerando las mejores estimaciones disponibles de cada parámetro reproductivo en el 2000 y 2001, mientras que para 1999 se ha utilizado un supuesto conservativo (**Tabla 37**).

Tabla 37. 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 (×10 ¹¹ m ²)	Biomasa Desovante (t)
1999	191,8	26610 ^a	0,126 ^a	0,433 ^a	41,50	6,301	3459608
2000	211,0	26069	0,148	0,472	24,85	7,468	2141533
2001	223,7	27150	0,104	0,393	35,03	5,312	3774203

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

Sólo se pudo estimar la varianza de las estimaciones de biomasa desovante para los años 2000 y 2001, alcanzando coeficientes de variación de 41,5 y 8,9 % respectivamente. El mayor coeficiente de variación de la biomasa para el 2000 se debe a la fecundidad (40,2%) de ese año (ver **Anexo III**).

Cubillos (2001) realizó estimaciones de biomasa desovante de jurel a partir de la evaluación de stock sobre la base del siguiente modelo de estimación:

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

donde SSB_t es la biomasa desovante que sobrevive al primero de octubre, a indica edades y t años, m 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).

La comparación entre las estimaciones de biomasa desovante realizadas por el MPDH y las estimaciones de Cubillos (2001) son bastante coincidentes en términos de la magnitud (Tabla 38). Sin embargo, el MPDH subestima la biomasa en el 2000 y 2001 en relación con el modelo de evaluación indirecta. Esto se puede deber a la incerteza propia del modelo de evaluación en los años más recientes.

Tabla 38. Comparación entre la biomasa desovante del jurel estimada por el modelo de evaluación y el método de la producción diaria de huevos.

Años	Modelo SSB (t)	MPDH B.Desovante (t)	Razón MPDH/SSBt
1999	2705550	3459608	1,28
2000	4308000	2141533	0,50
2001	5665220	3774203	0,67

Se considera que, tal y como los Dr. John Hunter y Beverly Macewicz (NOAA, USA) lo han expuesto en su revisión y evaluación del proyecto FIP 2000-10 y FIP 2001-12 en los talleres de discusión, las estimaciones de biomasa desovante por el MPDH mejorarán con cada repetición anual. Esto, posteriormente, se traducirá en información relevante para la evaluación y diagnóstico del recurso. Cabe señalar que las estimaciones con el método de evaluación y las acá obtenidas mediante el MPDH son independientes entre sí, concluyéndose que el MPDH es un método que permite generar estimaciones absolutas de biomasa desovante en el área de estudio.

10. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

10.1. Condiciones ambientales

Al considerar la distribución horizontal de temperatura superficial del mar y el análisis de la carta satelital de temperatura, se considera que el crucero de Noviembre de 2001 se realizó bajo una condición oceanográfica con características frías en el sector oceánico, adyacente a la zona central de Chile. La isoterma de 16 °C presentó una posición bastante septentrional, lo que determinó que el crucero se extendiera ligeramente hacia el norte en relación con el crucero de noviembre de 2000. Cabe señalar que temperaturas de 18 °C solamente fueron detectadas en un par de estaciones en el sector noroeste del área de estudio, en circunstancias que en el crucero de Noviembre de 2000, se encontraron aguas con temperatura superficial mayor a 19 °C.

La distribución a 5 m es semejante a la encontrada en la superficie a través de la TSM medida en los buques. En el borde occidental hay un fuerte gradiente norte-sur, con las aguas más calientes y más frías de la zona de estudio en sus partes norte y sur, respectivamente. En el sector oriental, en cambio, los gradientes norte-sur son más pequeños. La característica más general de la región completa la constituye las isotermas desde la parte nor-oeste a la sur-este.

Desde el punto de vista del efecto del viento, se observó una alta variabilidad durante la ejecución del crucero entre el 20 y 27 de noviembre. En general, el espesor de la capa de mezcla superficial fue más profunda en el sector occidental del área de estudio y más somera en el sector oriental. La relación entre la profundidad de la capa de mezcla y con estratificación superficial estuvo relacionada directamente, sin desfase. Esta relación podría ser de utilidad en futuros estudios para estimar la profundidad de la capa de mezcla y la estratificación utilizando datos de vientos superficiales obtenidos del Quikscat.

10.2. Distribución y abundancia de huevos y larvas

En noviembre de 2001, se observó una amplia cobertura de estaciones positivas con huevos de jurel. La distribución de la mayor densidad fue cubierta por el crucero, y estuvo centrada entre los 34° y 36° S y desde los 83° W. El análisis geoestadístico reveló que la

distribución de la mayor abundancia de huevos cubrió el sector central del área de estudio, con un rango de 810 km en que ocurre independencia en la estructura espacial de la distribución de huevos. Esta distancia es de 96,9 km en el caso de las larvas, lo que indica que la estructuración de su distribución es mucho más agregada que los huevos. Las larvas presentaron un núcleo principal ubicado en el sector oeste, entre los 80° y 92° W.

El área de desove del jurel es recurrente, y desde 1999 comenzó a ser cubierta plenamente a través de un diseño de muestreo que implica una operación simultánea de 9 – 10 naves industriales. Como se desprende de los resultados de los últimos 3 años, el área de desove es extensa y oceánica. La mayor abundancia de huevos se concentra a partir de los 80 – 82° W y el límite occidental de la distribución todavía no se ha cubierto. A pesar que el límite occidental constituye una limitante desde el punto de vista de la estimación del área de desove, es difícil de resolver considerando la autonomía de 10 a 12 días que disponen las naves industriales para cubrir una transecta de ida y otra de vuelta que totaliza cerca de 2000 millas náuticas por nave participante, sin contemplar la navegación entre el puerto y el punto inicial y final de las transectas de ida y vuelta.

Uno de los resultados consistentes ha sido el hecho de verificar que el desove de jurel ocurre en aguas con temperaturas mayores de 15 – 16 °C. [Grechina \(1998\)](#) postuló que el límite sur de la isoterma de 16 °C podría ser utilizada para demarcar el límite sur de distribución del desove de jurel, mientras que [Cubillos y Montes \(2002\)](#) utilizaron los cambios en la posición latitudinal de la isoterma como un indicador de los cambios ocurridos en el reclutamiento. En este informe, Quiñones y Wiff señalan que la asociación entre la abundancia de huevos y la temperatura superficial del mar no fue significativa debido a que esta última variable se distribuyó bastante homogénea en el área de estudio. No obstante, la evidencia de los datos de años anteriores revela que huevos y larvas se distribuyen significativa y preferentemente en aguas con temperatura superficial del mar mayor a 15,5 °C. Se destaca que un modelo GAM reveló una relación no-lineal tipo domo entre la abundancia de huevos y la temperatura superficial del mar, con la mayor abundancia de huevos en temperaturas de 16 °C, principalmente porque temperaturas mayores de 17 °C fueron escasas. Al parecer, una fracción importante del desove en el 2001 se realizó en temperaturas menores de 16 °C, lo que en parte se podría deber a la falta de gradientes térmicos.

10.3. Producción diaria de huevos y mortalidad

La producción diaria de huevos por unidad de área fue significativamente mayor que la estimada en noviembre de 2000, y similar a la registrada en noviembre-diciembre de 1999. Por otra parte, las estimaciones de mortalidad diaria no son estadísticamente diferentes desde 1999 al 2001, lo que implica que la fracción de huevos que muere diariamente, en promedio, ha sido prácticamente la misma en los últimos 3 años. A pesar de esto, la tasa promedio de mortalidad total de huevos fue menor en el 2001, lo que implica que en promedio hubo una mayor sobrevivencia de huevos que en años anteriores.

Las estimaciones de producción diaria de huevos calculada para los últimos 3 años constituyen las mejores estimaciones que se disponen para la especie, lo que se debe a la resolución de clasificación de huevos en estadios de desarrollo y en el uso de un modelo de asignación de edad estadio-temperatura dependiente. Al respecto, es necesario mejorar este modelo debido a que las edades estimadas para rangos de temperatura por fuera del rango de 17 y 19 °C constituyen extrapolaciones (Cubillos et al., 2002). Si bien es cierto, durante la ejecución de este crucero se pretendía mejorar estos aspectos por razones de fuerza mayor fueron actividades que no pudieron concretarse. Desafortunadamente, la única oportunidad para desarrollar este tipo de estudios lo constituye una ventana temporal de unos 10 – 12 días en noviembre de cada año ya que no es posible tener la certeza de encontrar altas densidades de huevos de jurel en la zona costera. Sin embargo, la fecundación de hembras hidratadas aparece como una alternativa bastante viable y que debe ser explorada en futuros estudios.

10.4. Condición reproductiva

A pesar que en la condición reproductiva el jurel presenta un comportamiento abierto y disgregado, difícil de pescar con red de cerco, se logró contar con muestras de ejemplares adultos que han permitido estimar una serie de aspectos reproductivos relacionados.

La estructura de tallas refleja la situación del recurso, ya que en la pesquería que se desarrolla en la región adyacente a la costa frente a Chile centro-sur es similar. Esto es, con

moda en los 26 – 27 cm de longitud horquilla y prácticamente con más del 90 % de los ejemplares en el rango 20 – 30 cm de longitud.

La proporción de hembras (en peso), por ejemplo fue favorable a los machos principalmente debido a que la mayoría de los lances se realizó en horas previas al desove. La hipótesis subyacente indica que los cardúmenes con hembras en estado hidratado, previo al desove, se caracterizarían por un mayor predominio de machos tal y como se observado en los clupeiformes (Blaxter y Hunter, 1982).

La fecundidad parcial se determinó a partir de hembras hidratadas, descartando las hembras con folículos postovulatorios. La fecundidad media poblacional, de 27150 ovocitos es consistente con la fecundidad para el peso promedio de una hembra de 223,7 g. La regresión de Macewicz y Hunter (1993) para el jurel de California (*Trachurus symmetricus*) entrega estimaciones de 24640 ovocitos para un ejemplar de 220 g ($F=112*W$). En consecuencia, se podría señalar que las estimaciones de fecundidad son consistentes con el rango de tamaños observados y con estimaciones realizadas para el género por otros autores. La fecundidad relativa promedio fue de 135 ovocitos por gramo de hembra. Macewicz y Hunter (1993) encuentran una fecundidad relativa promedio de 112 ovocitos para el jurel de California.

La estimación de la fracción de hembras desovantes constituye uno de los aspectos más importantes, cuya estimación requiere ser mejorada en futuros estudios. Esto es así sobre todo porque las ecuaciones de Santander et al. (1984) han sido elaboradas para muestreo de adultos después de 9 horas de la hora máxima de desove. Stauffer y Picquelle (1985) y Sanz et al. (1989) mencionan que la colecta de hembras efectuada solamente por la noche provoca un sesgo en la proporción sexual y en la de FPO, por lo cual solamente utilizan FPO día 1 para sus cálculos. Sin embargo, Alheit (1985) demuestra que las capturas con red de cerco y repartidas tanto de día como de noche, hacen que la proporción de FPO de día 1 y de día 2 pueden ser combinables para obtener una estimación promedio, con lo cual se reduce la varianza del estimado. Este aspecto se analizó y discutió con la invitada internacional Dra. Beverly Macewicz (Southwest Fisheries Center, NOAA), llegándose a la conclusión que existen formas para tratar y analizar la información proveniente de muestras obtenidas aleatoriamente dentro del día de 24 horas. La ventaja de este esquema de muestreo, es que se puede estimar con mayor precisión la hora pico de

desove a partir de la frecuencia de estadios de madurez y de FPO nuevos (estructuras ováricas que evidencian desove reciente) en función de la hora de captura, además de validar la tasa de degeneración y reabsorción de los FPO.

En el 2001, al distribuir los FPO por hora del lance se aprecia que la mayor proporción de FPO aparecieron entre las 20 y 21 hrs, por lo que se podría señalar que el desove podría estar ocurriendo entre las 22 y 23 horas del día anterior (suponiendo que la mayoría de los FPO es de día 1), lo que es consistente con la hora de mayor frecuencia de huevos en estadio I y con el supuesto de que el pico de desove ocurre a las 23:30 horas (Cubillos et al., 2002).

10.5. Alimentación

En el 2001, hubo una baja proporción de estómagos con contenido estomacal (17,6 %) en relación con el año 2000 (42,4 %, Cubillos et al., 2002). La alimentación del jurel en aguas oceánicas se sustenta básicamente en eufáusidos, seguidos de mictófidios, copépodos y restos de crustáceos, principalmente. La similitud trófica entre el 2000 y 2001 fue similar, lo que implica que en la condición reproductiva el jurel se alimenta de un espectro trófico similar. La disponibilidad de alimento en aguas oceánicas puede ser baja en promedio, sin embargo podrían ocurrir condiciones de concentración y enriquecimiento locales que permitan mantener alimento disponible, tal como edies de mesoescala. Analizar la oferta ambiental de alimento es un de los aspectos que no se ha analizado, y podría constituirse en un aspecto de importancia que podría revelar no sólo el alimento disponible en el plancton sino también la presencia de predadores.

10.6. Caracterización de las agregaciones de jurel

Desde el punto de vista del análisis de la condición biológica de los adultos, una limitante importante lo constituye el comportamiento abierto del recurso en condición reproductiva. En efecto, el análisis multitemporal de los cruceros de realizados entre el año 1997 y 2001, considerando macrozonas con referencias geográficas fijas en el área de distribución del jurel y de los huevos de jurel permiten señalar que el área de distribución está condicionada por las condiciones oceanográficas. Este punto es relevante en el diseño

de la prospección, en los años 1997 y 1998 empleando un diseño georeferenciado, se prospectó sólo parcialmente el área de distribución de huevos de jurel. El diseño de prospección empleado a partir de 1999 es ambiente-referenciado y se logra cubrir adecuadamente el área de distribución de huevos de jurel. Como las superficies prospectadas entre cruceros difiere en ubicación y tamaño para poder comparar los resultados entre cruceros se estandarizan los resultados estimándose índices como el índice de cobertura (IC), el índice de presencia de ecotrazos (IPE), índice sintético de área de presencia de huevos (IA) y el número de clusters por 100 mn² (CAR).

Los IC, IPE IA y CAR reportados con el ecosonda en los años 2000 y 2001 son similares. También el IC y CAR en el año 1998 (Barbieri et al., 1999), en el 2000 y 2001 la densidad de huevos total de huevos fue 444,2 y 639,4 huevos en 10 m², con un número de estaciones positivas superior al 70%. En esas temporadas los IA son mas altos señalando que las superficies de las áreas de distribución de los huevos de jurel son más amplias. En esos casos se observa que el índice de cobertura obtenido a partir de la ecoprospección es inversamente proporcional a la extensión del área o la superficie con alta presencia de huevos (Cubillos et al, 2002).

Esta serie de resultados es muy relevante ya que permiten plantear una hipótesis sobre la distribución del jurel y su condición reproductiva. El jurel al desovar forma agregaciones de baja densidad, las áreas de desove son condicionadas por rasgos ambientales. Las agregaciones formadas por el jurel durante la fase reproductiva no son susceptibles a ser capturadas con redes de cerco y de difícil detección por los equipos acústicos empleados de manera convencional.

10.7. Biomasa desovante de jurel

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. Llevar a cabo esta empresa en una población de un recurso con características biológicas como la del jurel no parecía exitosa años atrás, particularmente cuando se comenzó a prospectar el área de desove oceánico. Actualmente, a pesar de que aún hay aspectos importantes de diseño de muestreo que

mejorar en el ámbito del proyecto (lo que está en directa relación con el financiamiento del proyecto mismo), ha sido posible contar con estimaciones de biomasa desovante de jurel en el área de desova oceánico.

La magnitud de la biomasa desovante es similar a la obtenida a través de la evaluación indirecta del recurso y, en el mediano plazo podría constituirse en información relevante para la evaluación de stock y para el manejo de la pesquería porque las estimaciones son independientes de la pesquería. Por el momento, sólo se tiene tres estimaciones importantes de la masa desovante (1999 – 2001), las que son consistentes con el período de baja abundancia total en que el jurel se encuentra como también con la juvenalización del stock debido al efecto de la sobrepesca realizada sobre el recurso antes de 1997 (Cubillos, 2001; Serra et al., 2001).

Se destaca que el método de la producción diaria de huevos define a la biomasa desovante como la fracción de peces capaces de desovar durante el crucero de evaluación. En el caso del jurel, el crucero se realiza en tan solo 10 – 12 días, de tal manera que se podría indicar que a pesar de las limitaciones el método de la producción diaria de huevos constituye un método sorprendentemente robusto para estimar biomasa. En este sentido, y porque todas las variables que el método requiere son estimadas directamente de la prospección las estimaciones de biomasa desovante serán cada vez más robustas con cada repetición anual de este proyecto.

11. CONCLUSIONES

Las condiciones biológicas del jurel en el área de desove en noviembre de 2001, se caracterizaron por:

- 1) El desove ocurrió en un ambiente que se caracterizó por condiciones frías y con una estructura térmica homogénea.
- 2) Los huevos y larvas de jurel presentaron una amplia cobertura espacial con una incidencia de estaciones positivas de 72,3 y 76,2 %, respectivamente.
- 3) La densidad promedio de huevos de jurel fue de 639,4 individuos en 10 m² de superficie de mar, lo que implica un incremento significativo respecto de la

densidad de huevos observada en noviembre de 2000 y 1999. En el caso de las larvas, la densidad media fue de 242,4 individuos en 10 m², similar a la densidad de larvas registradas en el 2000.

- 4) En noviembre de 2001, huevos y larvas no presentaron una asociación significativa por ciertos rangos de temperatura superficial del mar. Esta situación fue debida a la condición fría y homogénea de la estructura térmica superficial que se caracterizó por el predominio de aguas con 16 y 17 °C.
- 5) Respecto de la distribución espacial, un modelo GAM indica que la mayor abundancia de huevos y larvas de jurel se distribuyó preferentemente entre los 33° y 35° S, y al oeste de los 83-85 °W. Respecto de la temperatura, se observó una relación no-lineal con la mayor abundancia de huevos en temperaturas de 16 °C.
- 6) El análisis geoestadístico revela que las larvas la densidad tiende a no estar correlacionada espacialmente después de los 97 km, situación que contrasta notablemente con la distribución de los huevos cuya independencia ocurre después de 810 km.
- 7) La producción diaria de huevos por unidad de área fue de 35,03 huevos por metro cuadrado por día, significativamente mayor que la producción diaria de huevos estimada en el 2000 (24,9 huevos/m²/día) y similar a la del año 1999 (41,4 huevos/m²/día).
- 8) El área de desove, sin embargo, fue de 531196 km², significativamente menor que el área de desove de noviembre de 2000 (746786 km²) lo que determina una producción diaria de huevos en el área muy similar ($1,86 \cdot 10^{13}$ huevos por día).
- 9) La mortalidad diaria de huevos no ha sido estadísticamente diferente en los 3 últimos años, lo que implica que en dichos años muere, en promedio, aproximadamente la misma cantidad de huevos cada día.
- 10) La distribución de frecuencias de tallas del jurel adulto no fue diferente entre machos y hembras, con una moda en 26 cm LH y una longitud promedio de 27,5 cm.
- 11) El peso promedio de las hembras maduras fue de 223,7 g, cuya fecundidad media poblacional alcanzó a 27.150 huevos, similar al año 2000 (211 g y 26069 ovocitos).

- 12) La proporción sexual favoreció a los machos, aspecto que se debería a que la mayoría de los lances de pesca se realizaron en horas previas al desove. La hipótesis sostiene que los cardúmenes desovantes son dominados por los machos en horas previas al desove.
- 13) Macroscópicamente, el estado maduro dominó con cerca del 50%, siguiéndole el estado hidratado (35%) y finalmente las hembras en proceso de maduración (8%).
- 14) Microscópicamente, de un total de 415 hembras un 87,7% se encontró en proceso de desove, ya sea maduros, hidratados o con folículos postovulatorios.
- 15) La fracción de hembras desovantes se determinó a partir de 264 hembras maduras, estimándose que 10,3% de las hembras ese encontraba desovando diariamente (cada 9,7 días aproximadamente).
- 16) La alimentación del jurel reveló un similitud entre el 2000 y 2001, donde las presas más importantes fueron los eufáusidos, mictófidios, copépodos y restos de crustáceos.
- 17) El índice de cobertura (ubm positivas presentes en la unidad de distancia recorrida) es de 3,90%. La profundidad promedio de las agregaciones es de 69,0 m y el alto promedio de 17,1 m. el 74,1% de los ecotrazos se encuentran entre la superficie y los 100 m de profundidad.
- 18) Índice de presencia de ecotrazos (IPE) reportados por el ecosonda presenta una media de 0,0376 ecotrazos por mn, con un rango de 0,0036 a 0,1144 ecotrazos por mn. el IPE es mas alto para los ecotrazos tipo individual con un IPE de 0,013 y el más bajo para los cardúmenes con un IPE de 0,0007.
- 19) Índice de presencia de ecotrazos (IPE) reportados por el sonar presenta una media de 0,0142 ecotrazos por mn, con un rango de 0,00139 a 0,06038 ecotrazos por mn
- 20) El 93,1 % de los clusters es de tipo simple (menos de 1,5 cardúmenes por milla náutica) y sólo el 6,9% de tipo complejo.
- 21) En las áreas de alta distribución de huevos de jurel se observa una baja presencia del recurso. El Índice de cobertura de jurel es inversamente proporcional a la extensión de la superficie del área con alta presencia de huevos.
- 22) El número de clusters por milla m² jurel es inversamente proporcional a la extensión de la superficie del área con alta presencia de huevos.

- 23) La biomasa desovante de jurel en el 2001 fue de 3774203 t, lo que representa un incremento de 76 % en relación con la biomasa del 2000 (2141533 t). Sin embargo, la magnitud de ambas estimaciones son consistente con otras estimaciones y con el período de baja abundancia que exhibe el stock de jurel frente a Chile.
- 24) El método de la producción diaria de huevos aplicado al jurel aparece como un método robusto de estimación de biomas desovante, cuyas estimaciones serán altamente relevantes para la evaluación y la administración de la pesquería con cada repetición anual de este proyecto.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 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.
- Arcos, D., Cubillos, L., Núñez, S., 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997-98 effects off Chile. *Progress in Oceanography* 49(1-4): 597-617.
- Barbieri, M.A., H. Peña, S. Núñez y C. González, 1999. Prospección del recurso jurel en la zona centro – sur en el sector oceánico. En: Monitoreo de la captura del jurel en la zona centro – sur. 2º Informe avance FIP 98 – 01, 27pp, Figuras + Anexos.
- Barbieri, M.A., J. Córdova, S Lillo, J. Castillo, G.Böhm, E. Yáñez y V.Catasti, 1998. Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur (Fase crucero metodológico). Informe final FIP 95-07, 108pp, Figuras + Anexos.
- Barbieri, M.A., J. Córdova, S. Lillo, H. Peña, A. Grechina, S. Núñez, A. Sepúlveda, L. Miranda & H. Rebolledo, 1999. Análisis de la estructura del stock de jurel fuera de las aguas jurisdiccionales. Informe final Fip 97-05b, 121 pp, figuras +anexos.
- Blanton, J.O., and L.P. Atkinson, Transport and fate of river discharge on the continental shelf of the Southeastern United States, *J. Geophys. Res.*, 88 (C8), 4730-4738, 1983.
- Blaxter, J.H.S., Hunter, J.R. 1982. The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.* 20: 201-223.
- Bloom, S. A. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 5:125-128.
- Borchers, D. L., S. T. Buckland, I. G. Priede & S. Ahmadi. 1997. Improving the precision of the daily egg production method using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 2727-2742.
- Cressie, N.A.C. 1993. *Statistics for spatial data*. John Wiley & Sons. New York. 900 p.
- Crowley, P.H. 1992. Resampling methods for computation-intensive data analysis in ecology and evolution. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 23:405-447.

- 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. Instituto de Investigaciones Pesqueras, Instituto de Fomento Pesquero Universidad de Concepción, FIP 2000-10, 75pp +Anexos Tablas y Figuras.
- Cubillos, L., Montes, R. 2002. Pelagic fisheries in central-southern Chile: recruitment, abundance and availability patterns related to environmental variability. In: Report of the Workshop on Interannual Climate Variability and Pelagic Fisheries, Nouméa, Nouvelle Calédonie, 6-24 November 2000, p. 14.
- 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.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2000. ArcView 3.2a. Redlands Ca USA
- Grechina, A. S., 1998. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols)) en alta mar del Pacífico Sur. In: Arcos, D.(Ed.), Biología y Ecología del Jurel en aguas Chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, pp. 11-34.
- Holden, M.J., Raitt, D.F.S., 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2: métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc. Téc. FAO (115), Rev. 1, 211 p.
- Hunter, J. & S. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin, 77(3): 641-652.
- Hunter, J.R. 1985. Preservation of Northern anchovy in formaldehyde solution. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 63-66.
- Hynes, H. 1950. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitus*), with a review of methods used in studies of the foods of fishes. J. Anim. Ecol. 19(1):36-58.

- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17:411-429.
- Journel, A y Ch. Huijbregts. 1978. Mining geostatistics. Academic Press, London. 324 pp.
- 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., & J. Hunter. 1993. Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. *CalCOFI Rep.*, Vol. 34, 112-121.
- 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.
- 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.
- Oliva, J. W., W. Carvajal & A. Tresierra. 1982. Reproducción e histología de gónadas de peces. Universidad Nacional de Trujillo, Depto. de Cs. Biol., Sección de Recursos Acuáticos, Trujillo, Perú. 93 pp.
- Oliva, J., Bañarados, J., Tirado, M., 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.
- 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, 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.
- 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.
- Petitgas, P. 1996. Geostatistics and their applications to fisheries survey data. In: *Computers in Fisheries Research*. B. Megrey y E. Moksness (Eds.) Chapman & Hall. London
- Picquelle, S. J. & R. P. Hewitt. 1982. The northern anchovy spawning biomass for the 1982-83 California fishing season. Southwest Fisheries Center, Adm. Rep. Lj -82-16.
- Robertson, G.P. 1998. GS⁺ : Geostatistics for the Environmental Science v3.1 for Windows. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan USA.
- 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.
- Santander, H., J. Alheit and P. E. Smith. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos ". *Bol. Inst. Mar Perú, Callao.* 8: 209-250.
- Sanz, A.; L. Motos and A. Uriarte. 1989. Daily fecundity of Bay of Biscay anchovy population in 1987. *ICES C.M.* 1989/H:42.
- Sepúlveda, A., Cubillos, L., Núñez, S., Canales, T., Bucarey, D., Barbieri, M. A., Córdova, J., Espejo, M., 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.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Olea, A. Paillamán, R. Quiñones y M. Sobarzo. 1994. Informe Final Programa para la evaluación del recurso jurel e investigación asociada: años 1991-1992. Instituto de Fomento Pesquero, 110 pp + Anexo de Figuras.

- Serra, R., Canales, C., Barría, P., Cordova, J., Aranís, A., Böhm, G., 2001. Diagnóstico actualizado del jurel al 2001 y análisis de escenario de captura. Informe Proyecto investigación y captura total permisible jurel 2002, 45 p.
- 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.H.A. & R.R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. W. H. Freeman and Company, USA, 573 p.
- Stauffer, G., Picquelle, S. 1985. Procedures for sorting, staging, and ageing eggs. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 33-35.
- Wootton, R. J., 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, London, 404p.

13. ANEXOS

13.1. Anexo I. Taller de Discusión de Resultados

PROGRAMA DE TRABAJO

Taller de Discusión FIP 2001-12 “Condición Biológica del Jurel en Alta Mar, año 2002”

Auditorio Instituto de Investigación Pesquera

Talcahuano, 6 de junio de 2002

(INPESCA – IFOP – UDEC)

Objetivos

Analizar y discutir las condiciones biológicas de jurel en la época y área de desove de 2001.

10:00-10:15	Presentación FIP 2001-12 “Condición biológica del jurel en alta mar, año 2001” Introduction FIP 2001-12 “Condición biológica del jurel en alta mar, año 2001”
<i>Expositor</i>	<i>L. Cubillos</i>
10:20-10:40	Condiciones oceanográficas en el área de desove, Noviembre de 2001. Oceanographic conditions in the spawning area, November 2001.
<i>Expositor</i>	<i>D. Figueroa</i>
10:45-11:05	Distribución y abundancia de huevos y larvas de jurel (1999-2001). Abundance and distribution of jurel egg and larvae (1999-2001)
<i>Expositor</i>	<i>A. Sepúlveda</i>
11:10-11:30	Café
11:35-11:55	Temperatura superficial del mar y su relación con la abundancia de huevos y larvas de jurel (1999-2001) Relationship between sea surface temperature and the abundance of jurel egg and larvae
<i>Expositor</i>	<i>R. Quiñones</i>
12:00-12:20	Frecuencia de tallas, proporción sexual, peso promedio, factor de condición, y alimentación del jurel en aguas oceánicas, 2001. Length frequency, sex proportion, average weight, condition factor, and feeding of jurel in the spawning area, 2001.
<i>Expositor</i>	<i>L. Cubillos</i>
12:25-12:45	Indicadores reproductivos y fecundidad parcial de jurel, 2001. Reproductive indexes and batch fecundity of jurel, 2001.
<i>Expositor</i>	<i>C. Oyarzún</i>
12:50-13:10	Folículos postovulatorios y frecuencia del desove de jurel, 2001. Postovulatory follicles and spawning frequency of jurel, 2001.

Expositor C. Oyarzún

13:15-13:35 Distribución y estructura de las agregaciones de jurel en aguas oceánicas.
Distribution and schooling structures of jurel in oceanic waters.

Expositor M.A. Baribieri

13:45-14:30 Almuerzo casino INPESCA - Lunch

15:00-15:20 Producción y mortalidad diaria de huevos de jurel (1999-2001)
Egg production and mortality of jurel between 1999 and 2001

Expositor L Cubillos

15:25-16:00 Biomasa desovante de jurel: ¿Se puede utilizar en el modelo de evaluación?
Spawning biomass of jurel: Can we use it in stock assessment?

Expositor L Cubillos

16:05-16:20 Café

16:20-17:00 Discusión ampliada y conclusiones

PARTICIPANTES

Dr. Beverly Macewicz
Southwest Fisheries Science Center
PO Box 271
La Jolla, CA 92038-0271
USA
E-mail: bev.macewicz@noaa.gov

María Angela Barbieri
Instituto de Fomento Pesquero
Huito 372
Valparaíso
E-mail: mabarbieri@ifop.cl

MSc Gabriel Claramunt
Departamento de Ciencias del Mar
Universidad Arturo Prat
Casilla 121
Iquique
E-mail: gclaramu@cec.unap.cl

MSc Luis Cubillos
Instituto de Investigación Pesquera
Casilla 350
Talcahuano
E-mail: lcubillos@inpesca.cl

Dr. Dante Figueroa
Departamento de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Concepción
E-mail: dfiguero@udec.cl

Patricia Ruiz
Instituto de Investigación Pesquera
Casilla 350
Talcahuano
E-mail: pruiz@inpesca.cl

Santiago Gacitúa
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción
Casilla 160-C
Concepción
E-mail: sgacitua@udec.cl

Gustavo Aedo
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción
Casilla 160-C
Concepción
E-mail: gaedo@udec.cl

Dr. Fernando Balbontín
Instituto de Oceanología
Universidad de Valparaíso
Casilla 113-D
Viña del Mar
E-mail: fernando.balbontin@uv.cl

MSc. Sergio Núñez
Instituto de Investigación Pesquera
Casilla 350
Talcahuano
E-mail: snunez@inpesca.cl

Dr. Ciro Oyarzún
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción
Casilla 160-C
Concepción
E-mail: coyartzun@udec.cl

Héctor Peña
Instituto de Investigación Pesquera
Casilla 350
Talcahuano
E-mail: hpena@inpesca.cl

Gonzalo Taboada
Fondo de Investigación Pesquera
Bellavista 168, Piso 21
Valparaíso
E-mail: gtaboada@subpesca.cl

Dr. Renato Quiñones
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción
Casilla 160-C
Concepción
E-mail: rquinone@udec.cl

Aquiles Sepúlveda
Instituto de Investigación Pesquera
Casilla 350
Talcahuano
E-mail: asepulveda@inpesca.cl

Rodolfo Serra
Instituto de Fomento Pesquero
Huito 372
Valparaíso
E-mail: rserra@ifop.cl

PRESENTACION

El presente taller es parte integral de las actividades del Proyecto FIP 2001-12, con el objeto de analizar y discutir las condiciones biológicas de jurel en la época y área de desove año 2001, y establecer criterios metodológicos para estandarizar y comparar indicadores.

Las bases del proyecto exigen la asistencia de un experto internacional y, en este contexto se cuenta con la participación de la Dra. Beverly Macewicz, Southwest Fisheries Research Center, La Jolla, EE.UU. Con el objeto de facilitar la participación de la Dra. Macewicz, se ha realizado un resumen extendido con los principales resultados del proyecto, incorporando además la problemática que se intenta resolver con el proyecto como la historia de las investigaciones que se han realizado hasta la fecha.

Recomendaciones del Taller de Discusión

Los participantes del taller coincidieron en señalar los siguientes puntos:

- a) Sobre la importancia de cubrir el área de desove:

Desde el punto de vista del diseño del crucero de huevos, orientado a la estimación de la producción diaria de huevos, se concluye que el diseño es el adecuado a pesar que el límite occidental de la distribución de huevos no se ha cubierto por razones netamente relacionadas con la autonomía y capacidad de navegación de las embarcaciones. El límite norte de la distribución fue, aparentemente cubierto, pero el límite sur debe necesariamente extenderse. Para ello, se requiere de 10 naves industriales.

Si bien el diseño de muestreo del crucero de noviembre de 2000 y 2001 permitió cubrir la distribución del desove en la principal área de reproducción del jurel, la situación podría cambiar año tras año debido a la probable influencia de las condiciones ambientales asociadas con eventos El Niño-Oscilación del Sur. Se planteó la posibilidad que el área de desove se desplace latitudinalmente o longitudinalmente, razón por la cual las condiciones ambientales deben ser tomadas en cuenta para cubrir el área de desove (carta de temperatura superficial satelital).

b) Sobre la producción de huevos y condición de las larvas

Debido al alto número de estaciones positivas y la incidencia de cobertura espacial del desove, la producción diaria de huevos parece ser uno de los parámetros sujetos a menor incertidumbre, siempre y cuando se cubra el área de desove. El modelo de desarrollo de huevos temperatura-dependiente debe mejorarse incluyendo tiempos de desarrollo por estadios a temperaturas más bajas. El tiempo de desarrollo de los huevos debe evaluarse en intervalos de tiempo más corto.

Uno de los aspectos que debería considerarse en futuros estudios es analizar el estado de condición de las larvas. En otras palabras dado que medida las larvas están en una condición adecuada para su sobrevivencia, y su relación con el éxito reproductivo. Para lograr una mejor apreciación de la condición de las larvas se deberá orientar el muestreo de las mismas con un arte diferente de la WP-2.

c) Sobre la asociación entre la abundancia de huevos y larvas con la temperatura superficial del mar

En noviembre de 2001, la temperatura superficial del mar (TSM) fue bastante homogénea, lo que determinó la inexistencia de preferencia significativa de los huevos y larvas por distribuirse en determinados rangos de TSM. En circunstancias que la preferencia por rangos mayores de 15,5 °C han sido detectados en cruceros previos y considerando que la selección de dichos rangos de TSM se debe a una preferencia de las hembras desovantes, se recomienda repetir los análisis considerando la abundancia de los estadios más tempranos de huevos. Una vez más, y a la luz de los resultados, se discute sobre la relación entre estos resultados con la sobrevivencia de huevos y larvas. La TSM se considera un indicador de un ambiente, pero es necesario clarificar si la referencia por ciertos rangos de temperatura es importante en el crecimiento y sobrevivencia o solamente en la preferencia.

d) Sobre el muestreo de adultos

El muestreo de adultos para la caracterización reproductiva constituye uno de los aspectos críticos del proyecto. Lamentablemente, esta situación se debe al comportamiento reproductivo del recurso que no forma agregaciones importantes como para que sean eficientemente capturados en alta mar. El comportamiento de las agregaciones reproductivas indica que no se detecta jurel (o la presencia es muy baja) en las áreas donde se presentan la mayor densidad de huevos. Con el objeto de mejorar el muestreo de adultos podría ser necesario considerar la participación del B/I Abate Molina, y utilizar el arte de pesca de arrastre. Sin embargo, esta posibilidad debe evaluarse en el contexto del diseño de muestreo de huevos en relación con el área de cobertura que podría realizar el B/I Abate Molina. Independiente de si se ocupa el B/I Abate Molina, se debe considerar una embarcación solamente dedicada a labores de pesca de adultos.

e) Aspectos reproductivos

Desde el punto de vista de los parámetros reproductivos de interés para estimar la biomasa desovante de jurel, se debe resguardar los resultados de estimación de la fracción de hembras desovantes en términos de su precisión. No hay inconvenientes ni problemas relacionados con la identificación de folículos postovulatorios, pero los criterios para asignar la edad deben ser claramente establecidos considerando la hora del lance y la hora del desove. Por otra parte, se debe revisar las ecuaciones más apropiadas para corregir por sesgo la cantidad de hembras maduras. En relación con la precisión se recomienda incrementar el número de hembras por lance o en su defecto el número de lances para obtener hembras orientadas a la estimación de frecuencia del desove.

La estimación de fecundidad fue uno de los aspectos que mejoraron en relación con la metodología aplicada el año anterior, y se recomienda revisar las estimaciones del año 2000 sobre la base del promedio de conteo de ovocitos a partir de 3 submuestras de ovario. El tamaño de la submuestra no es necesario que sea de 1 g, pues se consideró excesivo. No es necesario eliminar las hembras con folículos postovulatorios nuevos para la estimación de la fecundidad porque se supone que esos huevos van a ser liberados en esa tanda.

En términos de la proporción sexual, se considera importante distribuir los lances aleatoriamente dentro de un ciclo de 24 horas. La hora del lance puede generar un proporción sexual diferente de 1:1.

Los aspectos relacionados con los parámetros de adultos fueron discutidos extensivamente y en profundidad con la Dra. Beverly Macewicz, quién hará llegar sus recomendaciones por escrito posteriormente.

En los aspectos reproductivos generales, se recomienda considerar la posibilidad de desarrollar un proyecto independiente del crucero cuyo objetivo sea precisar algunos aspectos de dinámica reproductiva general del jurel y que abarque todo el período reproductivo.

13.2. Anexo II. Muestreo Estratificado de Huevos y Larvas

El hecho de no contar con las naves con red de media agua determinó un cambio en el diseño de muestreo para los lances estratificados. Se considero que solamente en una de las naves (PAM Malleco) se realizara lances de plancton estratificados en áreas de alta abundancia de huevos, durante el track de navegación de regreso. La ventaja de hacerlo en el track de regreso radica en el hecho de poder identificar en el track de ida las estaciones con mayor abundancia de huevos.

El track de ida del PAM Malleco se realizó por los 33°18'S, y se constató presencia de huevos de jurel a partir de los 82°W. No obstante, el track de regreso fue realizado por los 32°06'S no encontrándose huevos de jurel durante gran parte de la transecta (Figura 1). Ello imposibilitó la realización de los lances estratificados, pues ante la virtual ausencia de huevos el Jefe de Crucero evaluó la situación y consideró que no valía la pena realizar esta actividad pues implicaba incrementar el presupuesto del tiempo al tener que realizar 1 lance estándar cuantitativo, y otros dos para muestras los cuatro estratos. Para verificar este aspecto, se probó un lance estratificado (78°35' W – 30°05' S, TSM = 17 °C, 25 de Noviembre de 2001) que resultó ser negativo en términos de huevos, obteniéndose solamente larvas en los dos últimos estratos. El número de larvas solamente fue evidente cuando se procesaron las muestras en el Laboratorio.

Estratos Profundidad	Hora Lance	recuentos en muestra		ind en 10 m ²	
		huevos	larvas	huevos	larvas
75 - 100	23:50	0	3	0	106,1
50-75	0:08	0	2	0	70,7
25 - 50	0:25	0	0	0	0
0 -25	0:35	0	0	0	0

Obviamente, cualquier conclusión que se quiera hacer con estos resultados es altamente cuestionable dada la carencia de replicados. Nótese que para muestrear una estación en términos estratificados demandó más de 40 minutos.

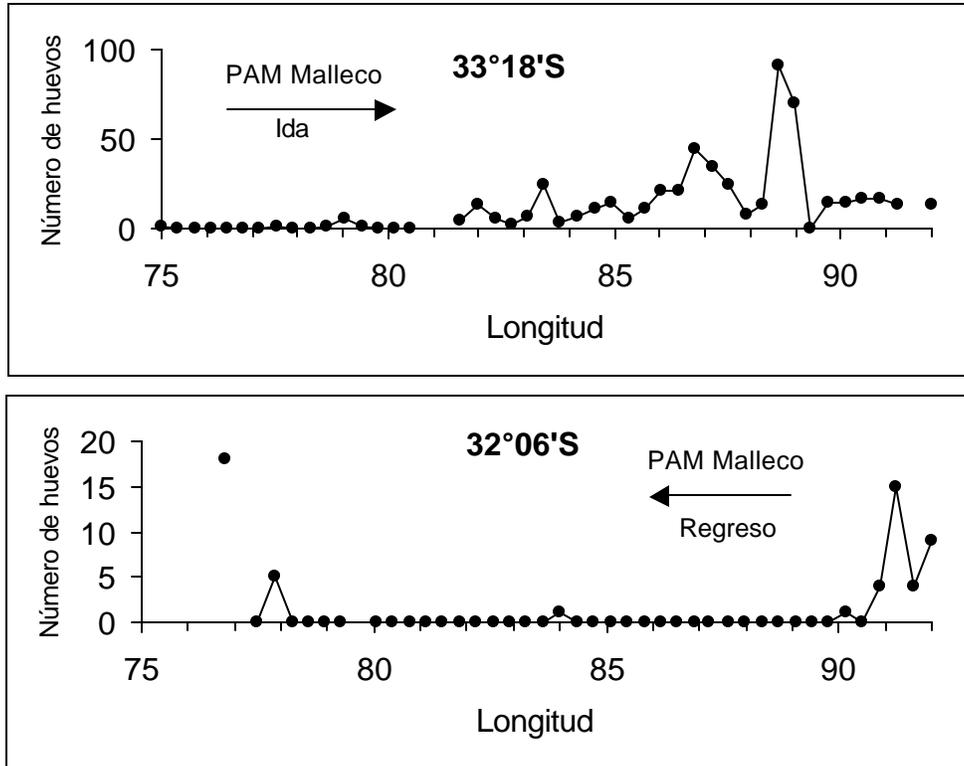


Figura A1. Track de ida y regreso del PAM Malleco. Notese que el track de regreso no presentó abundancia de huevos como para desarrollar un muestreo estratificado.

13.3. Anexo III. Re-análisis Parámetros Reproductivos FIP 2000-10 “Condición biológica de jurel en alta mar, año 2000”

1. Fecundidad parcial

Como resultado del Taller del Proyecto realizado el 06 de junio de 2002 en el Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) en conjunto con los evaluadores del proyecto y la evaluadora externa Dra. Beverly Macewicz, se concluyó que la metodología utilizada hasta el momento para estimar la fecundidad parcial podría estar afectando los resultados en las estimaciones del recuento de ovocitos. Principalmente, debido a que utilizar 1 gramo en cada una de las submuestras sería demasiado, siendo recomendado por la Dra. Macewicz utilizar una porción de muestra inferior la cual contenga un número superior a los 100 ovocitos.

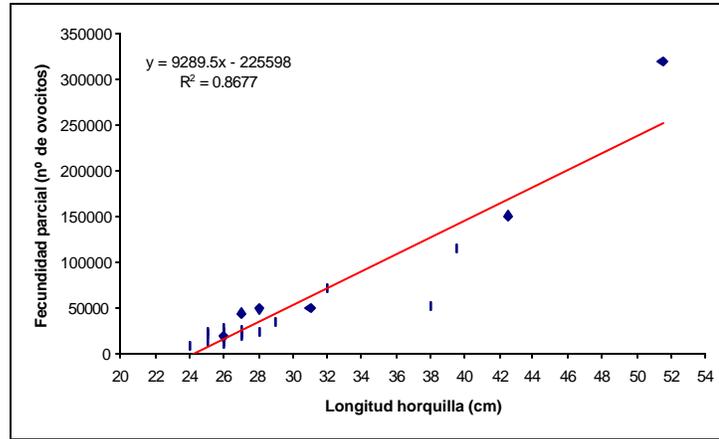
Para cotejar los resultados obtenidos al utilizar 1 gramo por cada submuestra y lo recomendado por la Dra. Macewicz fueron reanalizadas las muestras correspondientes al año 2000 (Proyecto FIP 2000-10) donde los recuentos habían sido realizados sobre aquellas hembras hidratadas, considerando todos ovocitos con un diámetro superior a 700 μm (que eran retenidos en tamices con una apertura de malla de 700 μm), y no contando los ovocitos de aquellas hembras que estaban positivamente hidratados. Por lo que probablemente se estaba subestimando o sobreestimando la fecundidad parcial al estar incorporando ovocitos que si bien tenían un tamaño superior a los 700 μm no estaban hidratados, o al ser tamizados los ovocitos que estaban hidratados y que por su fragilidad podrían romperse y pasar a través del tamiz.

Se tomaron dos submuestras de la parte media de la gónada las cuales fueron pesadas y contadas. Sólo fue posible utilizar 22 gónadas de las 164 utilizadas inicialmente en el año 2000, las que se encontraban realmente hidratadas y no presentaban folículos postovulatorios.

Las relaciones entre la fecundidad parcial y la longitud horquilla, así como con el peso del cuerpo (peso eviscerado) de las hembras hidratadas, fueron del tipo lineal (Figura A1). Las ecuaciones obtenidas fueron las siguientes:

Ajuste	Modelo	r ²	Valor-p
Longitud horquilla (LH)	F=9289,5*LH-225598	0,8677	3,089x10 ⁻¹⁰
Peso eviscerado (PE)	F=226,93*PE-17764	0,9014	1,607x10 ⁻¹¹

A)



B)

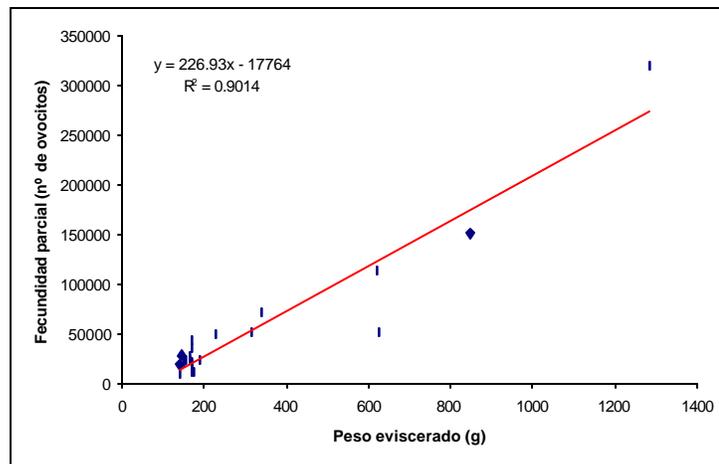


Figura A1. Reanálisis de la relación entre la fecundidad parcial (nº de ovocitos) con A) la longitud horquilla (cm) y b) el peso eviscerado (g) para las hembras hidratadas de jurel del crucero del año 2000, mediante ajuste lineal (n=22).

La fecundidad media poblacional se estimó para las hembras maduras en cada lance, según la siguiente Tabla:

PAM	LANCE	FECHA	HORA	ZONA	HM	LH	PT	PE	FPE
	(n)			Lat-Lon	(n)	(cm)	(g)	(g)	(n)

Vikingo	1	28-Nov-00	23:20	3654 9046	58	27,5	210,4	190,3	25410
Javier	1	25-Nov-00	15:40	3507 7920	28	25,7	161,8	149,5	16154
Javier	4	2-Dic-00	9:00	3712 7706	34	28,1	219,0	204,1	28557
Malleco	1	29-Nov-00	21:17	3730 8137	55	25,3	168,9	154,7	17350
Don Boris	1	27-Nov-00	5:00	3353 9044	76	26,3	178,3	164,5	19560
Cazador	2	28-Nov-00	8:00	3536 8911	79	28,1	224,4	205,4	28838
Cazador	3	28-Nov-00	16:00	3547 9024	34	28,1	212,2	192,5	25923
Cazador	4	30-Nov-00	6:00	3321 8359	30	26,3	179,2	165,5	19793
Paniahue	1	26-Nov-00	17:18	3542 8500	88	27,8	228,9	209,8	29837
Paniahue	2	1-Dic-00	1:39	3748 7918	33	25,6	172,1	157,7	18019
Ligrunn	1	28-Nov-00	2:51	3520 8700	48	26,3	176,1	159,4	18403
Ligrunn	2	29-Nov-00	3:35	3537 9026	44	28,5	227,7	210,6	30021
Malleco	2	1-Dic-00		3719 7421	33	31,6	406,0	367,8	65699
N° lances	13			Promedio		27,3	210,9		26069
				DE		0,389	13,055		10480,7
				CV		0,014	0,062		0,402

El peso promedio de hembras histológicamente maduras (HM) fue de 210,9 g (CV=6,2%), las que presentaron una longitud promedio de 27,3 cm LH. La fecundidad media poblacional fue de 26069 ovocitos, con un coeficiente de variación de 40,2%.

2. Fracción de hembras desovantes diarias

La fracción de hembras desovantes diarias en el 2000 se re-estimó utilizando una corrección de las hembras maduras para evitar el sub o sobremuestreo de hembras hidratadas. En el 2000 no se determinó la edad de los folículos post-ovulatorios y se trabajó con los FPO totales. Asumiendo que la verdadera fracción de las hembras hidratadas es la misma que la fracción de las hembras del día 1 ó día 2, m_{hi} se reemplazó por:

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

Entonces, la fracción de hembras desovantes diarias se puede estimar por:

$$S_i = \frac{FPO/2}{m_{y,i}}$$

donde $m_{y,i}$ es el número de hembras desovantes corregida; esto es:

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

donde

$m_{a,i} = m_i - FPO/2 + m_{h,i}$, que corresponde a la fracción de hembras maduras que no desovaron (incluyendo las hembras con FPO de día 0).

Los resultados se presentan en la siguiente Tabla, donde la media ha sido estimada ponderando por el número de hembras maduras en cada lance. La fracción de hembras desovantes fue estimada en 14,8 % para el 2000.

PAM	LANCE (n)	FECHA	HORA	HM	FPO	m_{hi} (n)	$m_{a,i}$ (n)	$m_{y,i}$ (n)	S_i
				(n)	Totales (n)				
Vikingo	1	28-Nov-00	23:20	58	16	3	47	58	0,138
Javier	1	25-Nov-00	15:40	28	8	1	23	28	0,143
Javier	4	2-Dic-00	9:00	34	4	0	32	34	0,059
Malleco	1	29-Nov-00	21:17	55	12	1	48	55	0,109
Don Boris	1	27-Nov-00	5:00	76	25	10	54	76	0,164
Cazador	2	28-Nov-00	8:00	79	23	15	53	79	0,146
Cazador	3	28-Nov-00	16:00	34	12	13	15	34	0,176
Cazador	4	30-Nov-00	6:00	30	10	8	17	30	0,167
Paniahue	1	26-Nov-00	17:18	88	23	19	58	88	0,131
Paniahue	2	1-Dic-00	1:39	33	7	1	29	33	0,106
Ligrunn	1	28-Nov-00	2:51	48	22	1	36	48	0,229
Ligrunn	2	29-Nov-00	3:35	44	18	3	32	44	0,205
Malleco	2	1-Dic-00		33	10	3	25	33	0,152
								Promedio=	0,148
								DE =	$1,5 \times 10^{-3}$
								CV =	0,01

3. Proporción sexual en peso

La proporción sexual en peso (R) fue re-estimada a partir del peso promedio de las hembras y machos del muestreo de frecuencia de tallas. Las estimaciones para cada lance y el

promedio ponderado por el número de hembras histológicamente maduras (HM) se presenta en la siguiente Tabla:

PAM	LANCE (n)	FECHA	HORA	ZONA Lat-Lon	HM (n)	R
Vikingo	1	28-Nov-00	23:20	3654 9046	58	0,497
Javier	1	25-Nov-00	15:40	3507 7920	28	0,384
Javier	4	2-Dic-00	9:00	3712 7706	34	0,541
Malleco	1	29-Nov-00	21:17	3730 8137	55	0,547
Don Boris	1	27-Nov-00	5:00	3353 9044	76	0,663
Cazador	2	28-Nov-00	8:00	3536 8911	79	0,545
Cazador	3	28-Nov-00	16:00	3547 9024	34	0,404
Cazador	4	30-Nov-00	6:00	3321 8359	30	0,538
Paniahue	1	26-Nov-00	17:18	3542 8500	88	0,223
Paniahue	2	1-Dic-00	1:39	3748 7918	33	0,252
Ligrunn	1	28-Nov-00	2:51	3520 8700	48	0,495
Ligrunn	2	29-Nov-00	3:35	3537 9026	44	0,518
Malleco	2	1-Dic-00		3719 7421	33	0,5 ^a
Nº lances	13			Promedio		0,472
				DE		0,047
				CV		0,098

^avalor asumido ya que no hubo datos de frecuencia de tallas.

13.4. Anexo IV. Análisis de la proporción sexual por longitud, zona y lance de pesca.

Proporción sexual por longitud

El análisis comparativo de la proporción sexual por longitud, se muestra en la Figura 1. Para el 2001, se presenta un marcado predominio de ejemplares machos en casi todo el rango de longitudes y mayormente concentrado entre los 20 y 59 cm LH. La proporción sexual de hembras es menor fluctuando en valores bajo 0.5 en el rango de tamaños entre 20 a 50 cm LH. Es así como a longitudes superiores a 50 cm prevalecen los ejemplares machos, con valores cercanos o iguales a 1 (Figura 1).

Para el año 2000, se observa un patrón similar, con mayor presencia de ejemplares machos, y concentrándose entre los 20 y 54 cm LH. El rango de tamaños en hembras cubre desde 20 a 45 cm, siendo menor en términos comparativos con el rango cubierto el 2001. En el rango de longitudes superior a 45 cm LH dominan los machos.

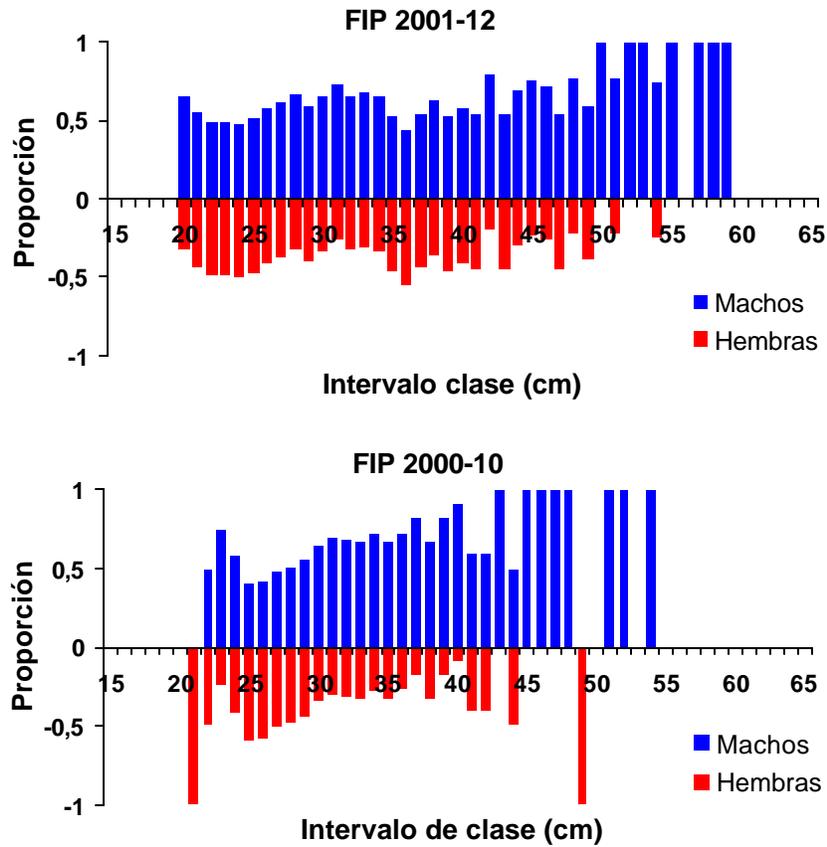


Figura 1. Proporción sexual de jurel en cruceros de investigación de Condición biológica de jurel en alta mar, 2000 y 2001.

Proporción sexual por zona de pesca

Para el análisis de la proporción sexual se agrupó la información de los lances de pesca en 4 zonas en relación a la longitud geográfica (Tabla 1). Esta información agrupada permitió observar que en las zonas 1 a 3 existe un mayor predominio de machos (Figura 2). En la zona 4 este patrón no es claro ya que sólo se posee la información de un lance de pesca positivo.

Tabla 1. Zonas de pesca utilizadas en el análisis de proporción sexual.

Zona	Longitud
1	75°00' - 80°00'
2	80°00' - 85°00'
3	85°00' - 90°00'
4	90°00' - 95°00'

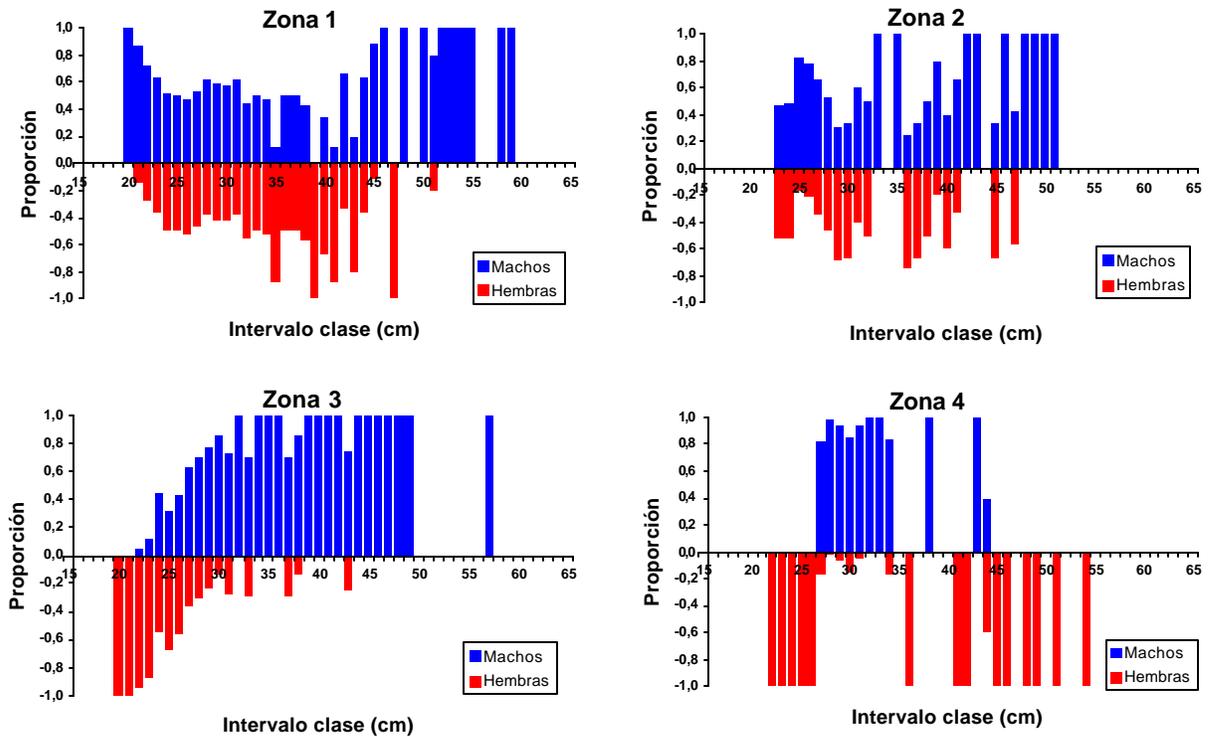


Figura 2. Proporción sexual por zona de pesca correspondiente al crucero del FIP 2001-12.

La frecuencia de ejemplares por intervalo de clase expresada en porcentaje por zona de pesca muestra al igual que la proporción sexual por zona e intervalo de clase, que no existen diferencias significativas entre la composición de machos y hembras por zonas. Sin embargo, si se observa en las zonas 2 y 3 una mayor presencia de ejemplares machos en rangos de tallas superiores a 45 cm LH. Por el contrario, en la zona 4 las tallas mayores corresponden a hembras (Figura 3).

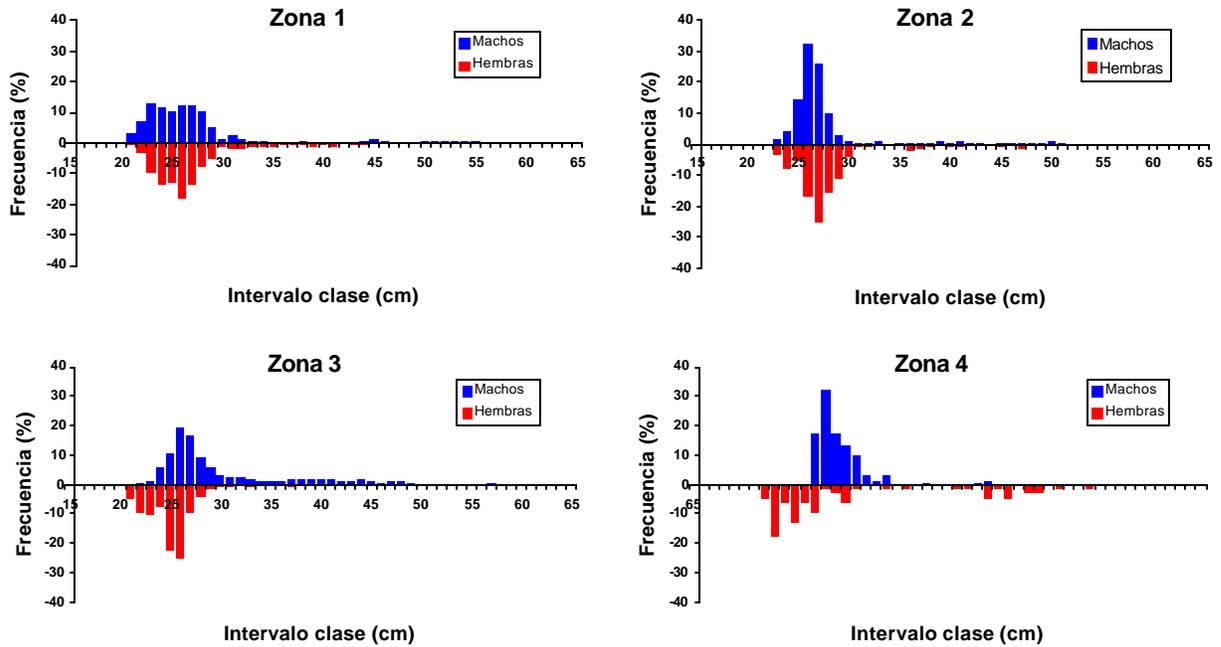


Figura 3. Frecuencia de talla en porcentaje por zona correspondiente al crucero del FIP 2001-12.

El mismo análisis se realizó con la información correspondiente al crucero del año 2000 (Proyecto FIP 2000-10). Este indicó resultados similares, en relación a la mayor proporción de machos en rangos de tallas superiores (Figura 4).

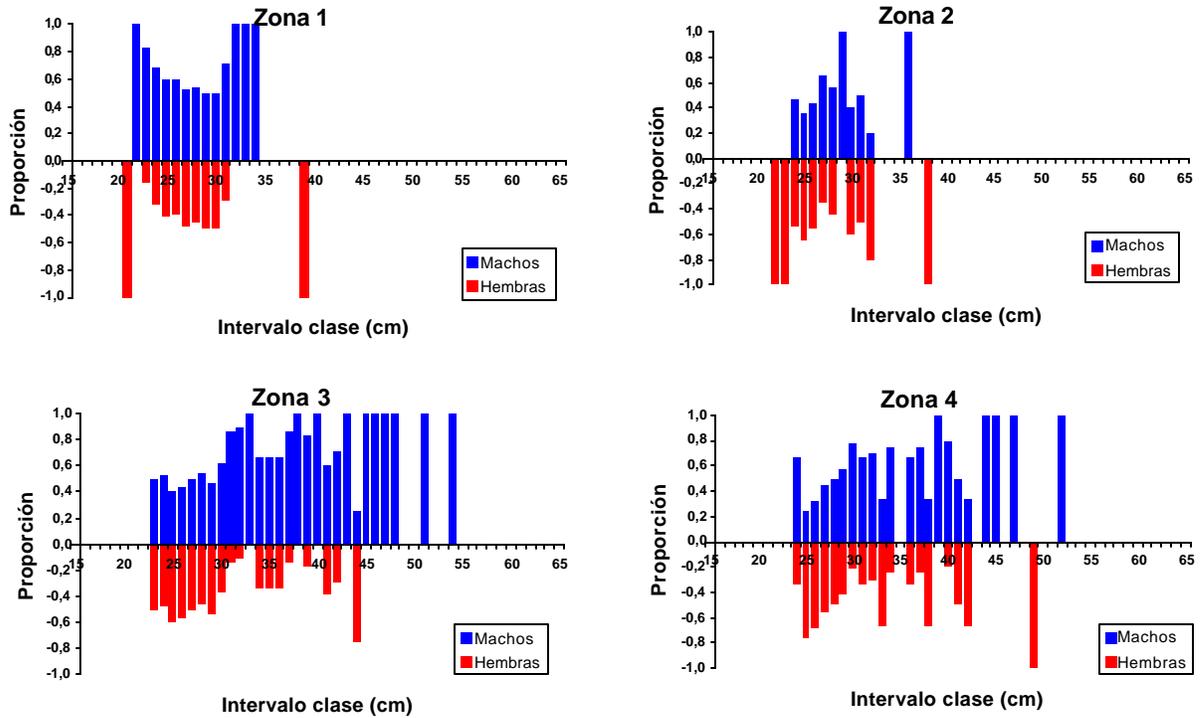


Figura 4. Proporción sexual por zona de pesca correspondiente al cruceo del Proyecto FIP 2000-10.

Con respecto a la frecuencia (%) por zona de pesca se observa un mayor predominio de machos en tallas mayores (Figura 5), siendo este patrón semejante al observado el año 2001 (Figura 3).

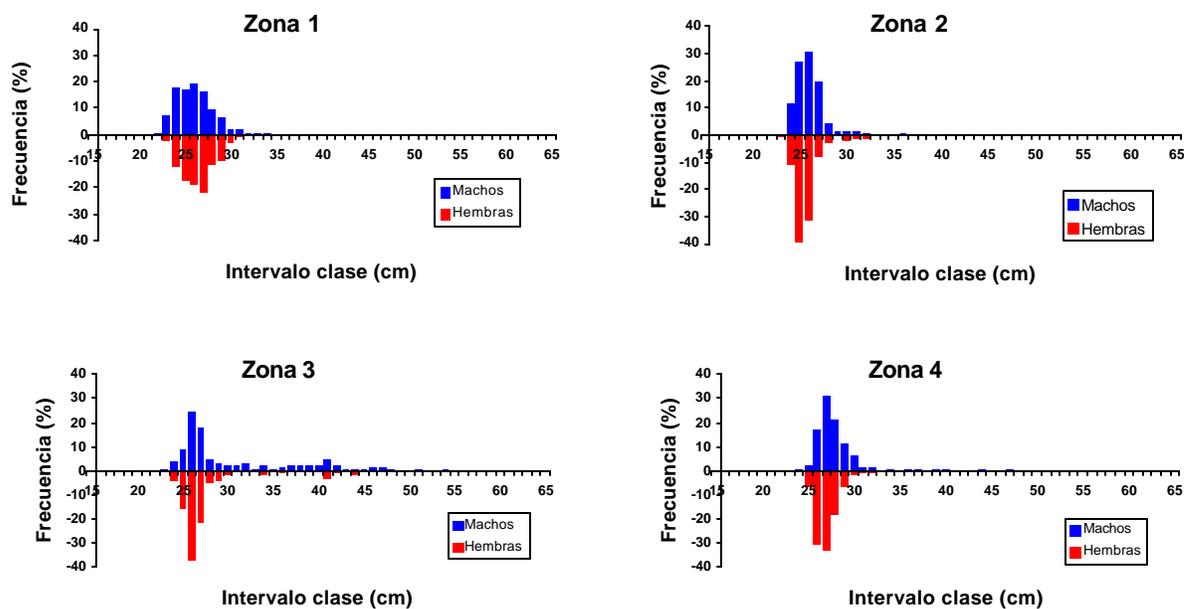


Figura 5. Frecuencia de talla en porcentaje por zona correspondiente al crucero del FIP 2000-10.

Proporción sexual en lances de pesca

El análisis de la proporción sexual en número por lances de pesca realizados el crucero del 2001, muestra un mayor predominio de machos en rangos de tallas superiores a los 45 cm LH. En el rango de longitudes inferior a 45 cm, esta mayor presencia de machos no es evidente. Por otra parte, para verificar si existen diferencias en la proporción de los ejemplares cercanos a la costa y los capturados en zonas oceánicas, se ordenaron los lances de pesca en relación a su longitud geográfica (Tabla 2). Este análisis no indicó que existan diferencias significativas en la proporción sexual de los ejemplares (Figura 6).

Tabla 2. Resumen de los datos de lance FIP 2001-12. Número hembras muestreadas (N°M),
Número machos muestreados (N°M), Número total de ejemplares muestreados (N°T).

PAM	LANCE	FECHA DD-MM-YY	POSICION Lat - Lon	ZONA	N° H	N° M	N° T
Vikingo	1	26-Nov-01	3636 - 7543	1	97	111	208
Vikingo	2	27-Nov-01	3636 - 7543	1	61	74	135
Tricahue	3	27-Nov-01	3638 - 7545	1	144	112	256
Tricahue	4	27-Nov-01	3636 - 7546	1	27	40	67
Tricahue	5	27-Nov-01	3636 - 7546	1	95	121	216
Malleco	6	28-Nov-01	3658 - 7611	1	89	139	228
Malleco	7	28-Nov-01	3655 - 7614	1	44	72	116
Vikingo	8	25-Nov-01	3636 - 7839	1	97	107	204
Antarctic	9	26-Nov-01	3600 - 8048	2	119	183	302
Antarctic	10	21-Nov-01	3411 - 8247	2	36	212	248
Vikingo	11	20-Nov-01	3448 - 8323	2	113	162	275
Malleco	12	21-Nov-01	3318 - 8541	3	129	140	269
Arauco I	13	21-Nov-01	3431 - 8746	3	56	115	171
Vikingo	14	21-Nov-01	3448 - 8822	3	35	47	82
Arauco I	15	23-Nov-01	3618 - 8852	3	26	50	76
Antarctic	16	24-Nov-01	3600 - 9020	4	142	168	310
TOTAL					1310	1853	3163

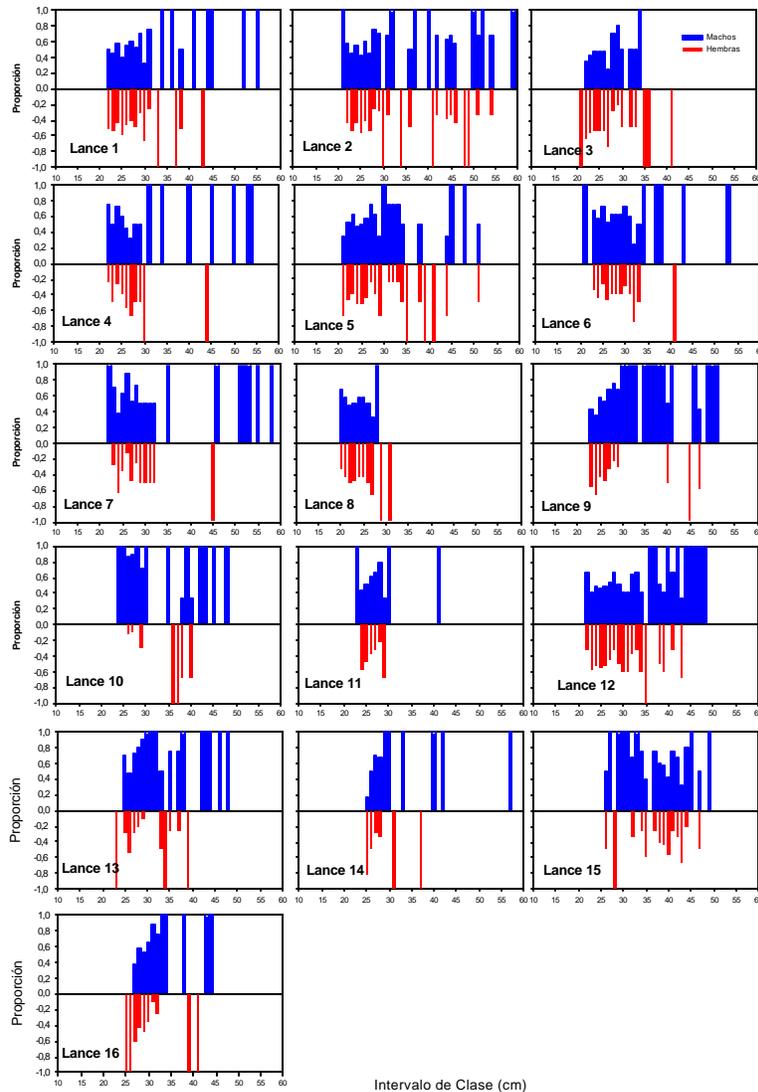


Figura 6. Proporción sexual por tamaño (LH) del jurel por lances de pesca del crucero de condición biológica del FIP 2001-12. Los lances esta ordenados en sentido longitudinal desde costa a océano. En el gráfico machos (columna azul) y hembras (columna roja).

La comparación de la información de los lances de pesca realizados en el crucero del 2000 (Tabla 3), donde el número de lances de pesca positivos fue menor, mostró resultados similares, donde predominan los machos en las tallas mayores sobre 40-45 cm LH. La distribución de los lances en sentido longitudinal desde costa a océano no indicó diferencias importantes en la proporción sexual de los ejemplares(Figura 4).

Tabla 3. Resumen de los datos de lance, FIP 2000-10. Número hembras muestreadas (N°M), Número machos muestreados (N°M), Número total de ejemplares muestreados (N°T)

PAM	LANCE	FECHA DD-MM-YY	POSICION Lat – Lon	ZONA	N° H	N° M	N° T
Javier	1	02-Dic-00	3712 – 7706	1	93	77	170
Paniahue	2	01-Dic –00	3748 – 7918	1	37	105	142
Javier	3	25-Nov-00	3507 – 7920	1	48	80	128
Malleco	4	29-Nov-00	3730 – 8137	2	144	118	262
Cazador	5	30-Nov-00	3321 – 8359	2	131	106	237
Paniahue	6	26-Nov-00	3542 – 8500	3	43	108	151
Ligrunn	7	28-Nov-00	3520 – 8700	3	80	68	148
Cazador	8	28-Nov-00	3536 - 8920	3	87	70	157
Cazador	9	28-Nov-00	3547 - 9024	4	67	84	151
Ligrunn	10	29-Nov-00	3537 - 9026	4	119	108	227
Don Boris	11	27-Nov-00	3353 - 9044	4	116	58	174
Vikingo	12	28-Nov-00	3654 - 9046	4	191	158	349
TOTAL					1156	1140	2296

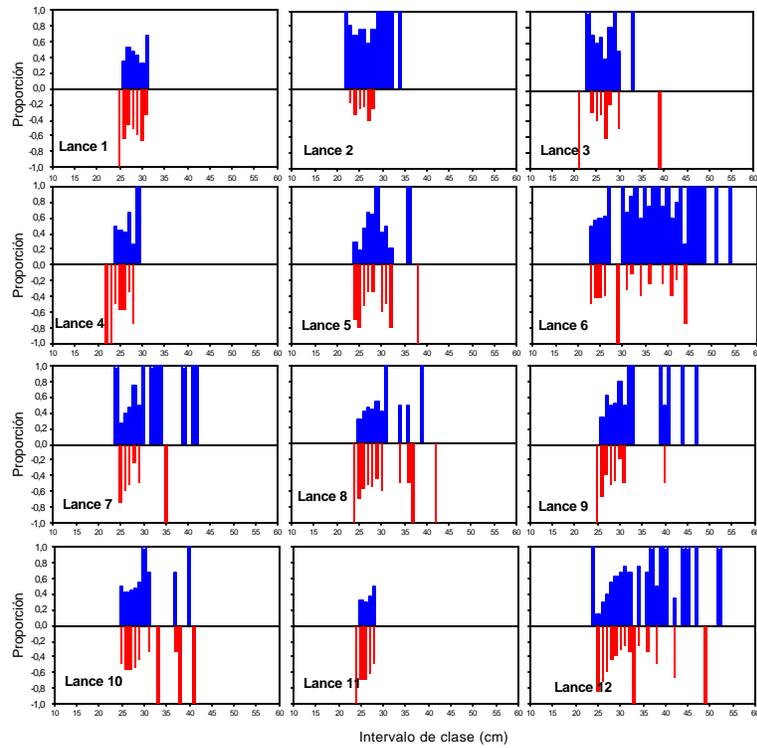


Figura 7. Proporción sexual por tamaño (LH) del jurel por lances de pesca, FIP 2000-10. Los lances están ordenados en sentido longitudinal desde costa a océano. En el gráfico machos (columna azul) y hembras (columna roja).