



Instituto de
Investigación
Pesquera

Informe Final

FIP 2008-06

“Condición Biológica de Jurel en Alta Mar, año 2008”

Av. Colón 2780,
Casilla 350

Talcahuano

Tel: +56-41-2920410

Fax: +56-41-2920411

inpesca@inpesca.cl

www.inpesca.cl

Talcahuano, Octubre de 2009

TITULO DEL PROYECTO		Condición biológica de jurel en alta mar, año 2008
REQUIRENTE		Consejo de Investigación Pesquera (CIP) Fondo de Investigación Pesquera (FIP) Presidente CIP: Jorge Chocair Santibáñez Secretario Ejecutivo: Rubén Pinochet Polastri
UNIDAD EJECUTORA		Departamento de Pesquerías Instituto de Investigación Pesquera Director: Aquiles Sepúlveda Oróstica
UNIDADES SUBCONTRATADAS		Instituto de Fomento Pesquero Director: Mauricio Braun Alegría
		Universidad Católica de la Santísima Concepción Rector: Juan Cancino Cancino
JEFE PROYECTO		Aquiles Sepúlveda Oróstica Biólogo Marino Instituto de Investigación Pesquera Casilla 350, Talcahuano, Chile Tel.: 56-41-2920410 Fax: 56-41-2920411 E-mail: asepulveda@inpesca.cl

FIP 2008-06

**CONDICIÓN BIOLÓGICA DE JUREL EN ALTA MAR, AÑO
2008**

Jefe Proyecto

Aquiles Sepúlveda Oróstica

AUTORES

Aquiles Sepúlveda

Patricia Ruiz

Sergio Núñez

Rubén Alarcón

Sebastián Vásquez

Mario Aguayo

JavierChong

Roberto Bahamonde

Carolina Lang



**Instituto de
Investigación
Pesquera
Octava Región**

Talcahuano (Chile), 2009.-

PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA

NOMBRE	TITULO	FUNCION
Aquiles Sepúlveda O.	Biólogo Marino	Jefe de Proyecto. Coordinación. Modelos asignación de la edad. . Modelos GAM. Informes
Sergio Núñez E.	Biólogo Marino	Relación ambiente recurso. Oceanografía
Claudio Gatica	Biólogo Marino	Estimación de varianza. Evaluación de tamaños de muestra adultos y estaciones.
Eduardo Navarro	Biólogo Marino	Oceanografía e ictioplancton. Análisis relación ambiente- recurso.
Patricia Ruiz	Biólogo Marino	Modelos de Asignación de edad a huevos. Clasificación de estadios de desarrollo. Estimación de Producción Diaria de huevos. Informes
Rubén Alarcón	Biólogo	Análisis espacial de la densidad de huevos y larvas. Geoestadística. Informes.
Mario Aguayo	Biólogo Marino	Estimación biomasa desovante por edad. Informes.
Marcos Arteaga	Biólogo Marino	Estimación de varianza. Evaluación de tamaños de muestra adultos y estaciones.
Sebastián Vásquez	Biólogo Marino	Crucero, análisis espacial de la densidad de huevos y larvas. Crecimiento Larval.
Claudia Bruno	Biólogo Marino	Crucero. Análisis de alimentación.
Alexandre Gretchina	Biólogo	Huevos y larvas, patrones de historia de vida.
Carlos González	Tecnólogo Marino	Coordinación crucero. Preparación cartas satelitales de temperatura superficial.
Marcia Neira	Biólogo Marino	Edad y Crecimiento jurel.
Evelin Sanhueza	Biólogo Marino	Crucero, revisión muestras planctónicas. Edad y Crecimiento.
Lesly Valenzuela	Biólogo Marino	Revisión muestras planctónicas.
Roberto San Martín	Biólogo Marino	Crucero.
Alejandra Vera	Técnico	Crucero.
Francisco Gómez	Técnico	Crucero.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

NOMBRE	TITULO	FUNCION
Roberto Bahamonde	Ingeniero Pesquero	Coordinación, preparación de crucero. Procesamiento, análisis de datos y preparación de informes.
José Córdova	Ingeniero Pesquero	Análisis de datos y elaboración de informes.
Jorge Castillo	Ingeniero Pesquero	Procesamiento, análisis de datos y elaboración de informes.
Bernardo Leiva	Ingeniero Pesquero	Preparación de crucero, embarque, procesamiento, análisis de datos y preparación de informes.
Carolina Lang	Ingeniero Pesquero	Preparación crucero, procesamiento, análisis de datos.
Carola Hernández	Ingeniero Pesquero	Embarque, procesamiento, análisis de datos y preparación de informes.
Víctor Catasti	Ingeniero Pesquero	Procesamiento, análisis de datos y elaboración de informes.
Guillermo Mesa	Ingeniero Pesquero	Embarque. Registro de datos
Pedro Miranda	Ingeniero Pesquero	Embarque. Registro de datos
Maria José Delpino	Técnico	Embarque. Registro de datos
Gonzalo Valenzuela	Técnico	Embarque. Registro de datos
Felipe Olea	Técnico	Embarque. Registro de datos
Marcos Urqueta	Técnico	Embarque. Registro de datos
Hector Ramírez	Técnico	Embarque. Registro de datos
Guillermo Moyano	Técnico	Embarque. Registro de datos

UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION

NOMBRE	TITULO	FUNCION
Javier Chong L.	Lic. Biología	Condición reproductiva. FPO, fecundidad.
Paola Gonzalès K.	Lic. Biología	Condición reproductiva. FPO.
Guillermo Herrera	Biólogo Marino	Fecundidad
NN1	Biólogo Marino	Fecundidad
NN2	Biólogo Marino	Condición reproductiva.
NN3	Biólogo Marino	Condición reproductiva.

1 RESUMEN EJECUTIVO

Se presentan los principales resultados correspondientes al Proyecto FIP 2008-06 “Condición Biológica de Jurel en Alta Mar, año 2008”, el cual tiene por objetivo estimar índices relativos de abundancia de huevos y larvas de jurel en el sector oceánico de Chile centro-sur, determinar su condición reproductiva y caracterizar las agregaciones del recurso en el área, durante el período de máxima actividad reproductiva.

El crucero se desarrolló entre el 25 de noviembre y el 06 de diciembre de 2008. Comprendió la región oceánica, dentro y fuera de la ZEE, frente a Chile centro-sur entre los 74° a los 94° de longitud oeste y latitudinalmente entre los 32°30 – 38°45'S. Participaron 8 embarcaciones, las cuales realizaron dos transectas cada una, completado un total de 16 transectas separadas entre sí por 25 millas náuticas en un diseño de muestreo sistemático.

La condición ambiental del área de estudio reveló la presencia de aguas comparativamente más cálidas que en los años 2006 y 2007 y similares al 2005 con una termoclina somera hacia la costa (~50 m), profundizándose hacia el W (>120-140 m). Para el área prospectada, la TSM reveló un rango térmico entre los 13.3 y los 19,1°C. Las aguas sobre los 16 °C se encontraron al norte de los 35 °C. En relación al régimen de viento se verificó una rotación anticiclónica, con intensidades más bajas hacia el NW. Se detectó presencia recurrente de meandros y remolinos de mesoescala al interior del área de desove, situados principalmente al W de los 80°W. Alta biomasa fitoplanctónica con claro gradiente zonal y exportación importante, similar a 2007 y mayor que años anteriores.

La mayor abundancia de huevos de jurel estuvo asociada a TSM entre 15-17°C, bajos valores de turbulencia ($<100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$), vientos bajos a moderados ($2,5\text{-}4,5 \text{ m s}^{-1}$) y bajos valores de energía cinética ($< 50 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$), rangos que son muy similares a lo reseñado para larvas de jurel. Lo anterior, configura un ambiente de desove caracterizado por una baja dinámica.

La distribución espacial de huevos y larvas presentó un grado de cobertura adecuado en el área de estudio. La distribución espacial de ambos reveló que las mayores abundancias estuvieron circunscritas al sector más oceánico del área de estudio (oeste de los 80°W), no observándose la presencia de huevos ni larvas en el sector más costero (este de los 80°W). El principal foco de huevos se observó entre los 35°S-38°S, al oeste de los 86°W y en el caso de las larvas los principales focos de abundancia estuvieron circunscritos al norte de los 36°40'S.

En relación al área de desove, se prospectó un área de 427.020 mn², siendo mayor en ~6% al año 2007. El área de desove se calculó en 147.928 mn² (~30% mayor al 2007). Sin embargo, es importante destacar que la proporción que ocupa el área de desove con respecto del área total de estudio para los años 2007 y 2008 es baja comparada con años anteriores y cercanos al 35%. Estos valores dan cuenta del cambio en los patrones de distribución del recurso, ya que el área prospectada en la serie histórica de este proyecto no ha variado significativamente.

Para el año 2008, la producción diaria de huevos fue de 132.5 ind/10m², cifra casi cinco veces superior a lo reportado el año 2007, pero muy similar a lo reportado el año 2005. La Biomasa Desovante 2008, es superior en casi 4 magnitudes a la observada el año 2007, producto principalmente de una mayor producción diaria de huevos en las zonas en donde tradicionalmente se observan focos importantes de abundancia, por ser un año levemente más cálido que el reportado para los últimos dos años y por contar con una mejor cobertura espacial.

En el crucero, se observó una baja disponibilidad del recurso, efectuándose 26 lances de pesca de los cuales sólo 5 fueron positivos (19 %). La distribución espacial de éstos estuvo centrada en el sector más oceánico del área de estudio (83-89°W) y al sur de los 35°S. Las capturas reportadas fueron bajas con un rango que fue de los 28-500 kg. Con respecto a la caracterización de la condición reproductiva de jurel en el área de estudio, se obtuvo un número reducido de lances positivos (5) que permitieran realizar una adecuada

caracterización. Las capturas no fueron mayores a los 500 kilos, disponiéndose de sólo 261 gónadas para este objetivo. Sin embargo cabe mencionar que aun así, se observó que de ese total, el 85% se encontraba maduro, lo cual evidencia que las hembras colectadas se encontraban en condición reproductiva.

La fracción de hembras desovantes fue de un 9% es decir, el jurel estaría desovando cada 11 días. Los valores estimados se encuentran dentro del rango de frecuencias de desove determinadas en proyectos correspondientes a años anteriores sin embargo y producto del bajo número de lances disponibles esta estimación debe tomarse con reserva.

La dieta del jurel estuvo compuesta por 12 ítem presa. La proporción de estómagos con contenidos alcanzó a los 55,7 %. El principal ítem presa encontrado fueron los copépodos con un valor de (IIR = 97,1), dominando tanto en número (96,7 %), peso (91,9 %) como en frecuencia de aparición (22,8%), seguido por la presencia de salpas y eufáusidos, los cuales por primera vez en la serie no fueron los más dominantes.

En relación a la estructura etaria del stock desovante del año 2008 y en comparación con el periodo 2001-2004 se observa una estructura adulta del stock desovante, que es avalada por la importante presencia de grupos de edad mayores de V. La biomasa desovante en el año 2008 es soportada por los GE VI, VII y VIII quienes aportan casi un 70% del total, situación que se viene produciendo desde años anteriores. Se mantiene al igual que en el 2005 una escasa presencia de individuos de los GE II, III y IV, lo que puede reflejar una menor disponibilidad al arte de estas tallas (edades).

Durante el período y área de desarrollo del crucero, las agregaciones de jurel se registraron en rangos latitudinales ($\sim 34^{\circ}\text{S}$ - $\sim 38^{\circ}\text{S}$) y longitudinales ($\sim 74^{\circ}\text{W}$ - $\sim 94^{\circ}\text{W}$) amplios, pero con un escaso número de agregaciones (90) predominando aquellas clasificadas como de baja abundancia, con captura esperada menor de 20 toneladas por lance. El centro de gravedad de la distribución de las agregaciones de jurel estimado para el año 2008

(86°10'W) representa el valor más occidental de la serie y el segundo más meridional (36°10'S).

El índice de cobertura de cobertura de huevos se estimó en 9,81%, siendo uno de los más bajos de la serie 1997-2008, indicando una contracción espacial de la alta abundancia de huevos en relación al área de distribución del jurel.

El índice de Gini estimado para los huevos y jurel en noviembre del 2008 fue de 0,77 y 0,94, respectivamente, siendo la distribución de los huevos de jurel menos gregaria en relación a la fracción adulta de jurel. Los resultados observados en los últimos 4 años que muestran una disminución de los Índices de cobertura, del número de agregaciones y de la densidad de huevos, estarían indicando una menor biomasa del recurso en el área y periodo de estudio.

TABLA DE CONTENIDOS

1	RESUMEN EJECUTIVO _____	6
2	OBJETIVO GENERAL _____	26
3	OBJETIVOS ESPECIFICOS _____	26
4	RESULTADOS ESPERADOS _____	27
5	ANTECEDENTES _____	29
6	HIPÓTESIS DE TRABAJO _____	34
	6.1.1 Con respecto a la distribución y zonas de producción de huevos: _____	34
	6.1.2 Con respecto a la distribución y agregaciones del recurso _____	34
7	METODOLOGIA _____	36
	7.1 AREA Y EPOCA DE ESTUDIO _____	36
	7.2 DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTONICO _____	38
	7.3 MUESTREO OCEANOGRAFICO _____	40
	7.3.1 Información de terreno _____	40
	7.3.2 Información Satelital _____	40
	7.4 HUEVOS Y LARVAS DE JUREL _____	42
	7.4.1 Muestras planctónicas _____	42
	7.4.2 Estimación de índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio	44
	6.3.3 Distribución espacial de huevos y larvas de jurel _____	46
	2.3.4. Determinación de áreas de distribución de huevos y larvas de jurel _____	50
	7.4.4 Determinación de la distribución vertical de huevos y larvas _____	54
	7.4.5 Experimentos de incubación de huevos de jurel _____	57
	7.4.6 Variabilidad ambiental y distribución de huevos y larvas de jurel _____	59
	7.5 ESTIMACION DE PRODUCCION DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD	61
	7.5.1 Modelos para asignar la edad a los huevos de jurel _____	61
	7.5.2 Modelo de estimación de la producción diaria de huevos _____	63

7.5.3	Delimitación del área de desove	65
7.6	DISEÑO DE MUESTREO DE ADULTOS	66
7.6.1	Plan crucero de adultos	66
7.6.2	Relación longitud-peso y peso promedio de hembras maduras	69
7.6.3	Proporción sexual	70
7.6.4	Índice gonadosomático	71
7.6.5	Análisis histológico de la condición reproductiva de jurel en alta mar	73
7.6.6	Fecundidad parcial por hembra madura y fecundidad media poblacional	75
7.6.7	Caracterización de los folículos postovulatorios de jurel	77
7.6.8	Fracción de hembras desovantes	79
7.6.9	Determinación de la talla de primera madurez sexual	81
7.7	ALIMENTACIÓN	83
7.7.1	Obtención de las muestras	83
7.8	CARACTERIZACION ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL	86
7.8.1	Zona de estudio y plan de muestreo de la ecoprospección	86
7.8.2	Ecosonda	87
7.8.3	Sonar	88
7.8.4	Distribución espacial de las agregaciones de jurel	89
7.8.5	Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel y huevos (1998-2008).	94
7.8.6	Análisis de estructura espacial y asociaciones	97
7.9	ESTIMACION DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL	102
7.10	COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE	104
7.10.1	Muestreo	104
7.10.2	Abundancia en número por grupo de edad	105
7.10.3	Proporción a la edad (Pa)	106
7.10.4	Abundancia por grupo de edad en el stock desovante	108
7.10.5	Peso medio a la edad	109
7.10.6	Biomasa desovante por grupo de edad (BSD _a)	109
8	RESULTADOS	111
8.1	VARIABLES AMBIENTALES	111
8.1.1	Datos de terreno (termómetros de mercurio)	111
8.1.2	Información satelital	112
8.1.3	Análisis histórico	113

8.1.4	Vientos superficiales _____	118
8.1.5	Clorofila _____	123
8.1.6	Corrientes geostróficas _____	126
8.1.7	Registros Verticales _____	129
8.1.8	Secciones Oceanográficas de Temperatura _____	132
8.1.9	Diagramas T-S _____	134
8.2	DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE JUREL _____	136
8.2.1	Área de desove y polígonos de estimación _____	136
8.2.2	Distribución espacial de huevos y larvas de jurel _____	138
8.2.3	Relaciones Ambiente – Recurso _____	141
8.2.4	Variabilidad ambiental y distribución espacial de huevos y larvas de jurel _____	143
8.2.5	Modelos Aditivos Generalizados _____	146
8.2.6	Rangos ambientales preferenciales _____	148
8.3	PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD INSTANTÁNEA _____	150
8.3.1	Distribución de estadios de desarrollo _____	150
8.3.2	Producción diaria de huevos y mortalidad _____	151
8.4	CRUCERO DE ADULTOS _____	154
8.4.1	Estructura de tallas _____	156
8.4.2	Número de muestras y estructura de tallas de hembras de jurel _____	160
8.4.3	Examen macroscópico de la condición reproductiva _____	161
8.4.4	Examen microscópico de la condición reproductiva _____	166
8.4.5	Fracción de hembras desovantes _____	171
8.4.6	Fecundidad de jurel durante el periodo noviembre -diciembre 2008 _____	172
8.4.7	Monitoreo diciembre 2008 (fuera de prospección) _____	175
8.5	ALIMENTACIÓN _____	183
8.5.1	Importancia relativa de las presas. (IIR) _____	184
8.5.2	Similitud trófica _____	187
8.6	CARACTERIZACION DE LAS AGREGACIONES DE JUREL _____	188
8.6.1	Distribución espacial Batimétrica _____	188
8.6.2	Índice del nivel de abundancia de las agregaciones _____	190
8.6.3	Índice de Cobertura _____	191
8.6.4	Índice de presencia de ecotrazos _____	194
8.7	Distribución batimétrica en el ciclo de 24 horas _____	195

8.7.1	Distribución de profundidad media de los ecotrazos por hora, nivel de abundancia – tipo de agregación _____	195
8.7.2	Distribución de profundidad media de los ecotrazos por periodo del día y tipo de ecotrazo _____	197
8.7.3	Altura y profundidad promedio de las agregaciones _____	199
8.7.4	Índice de cobertura de huevos (ICH), índice sintético de presencia de huevos de jurel e índice de agregación (Gini). _____	201
8.7.5	Caracterización de las agregaciones de jurel en el área de distribución de los huevos _____	202
8.7.6	Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel de los cruceros realizados en el periodo 1997 – 2008 _____	205
8.7.7	Niveles de abundancia de las agregaciones de jurel _____	208
8.7.8	Índice de cobertura (IC) macrozona, nivel de abundancia y período del día. _____	213
8.7.9	Análisis del centro de gravedad _____	219
8.7.10	Morfología de los ecotrazos por períodos y macrozona _____	220
8.7.11	Índice de presencia de ecotrazos (IPE) y clusters (1997-2007) _____	229
8.7.12	4.Índice sintético de presencia de huevos (1997-2008) _____	231
8.7.13	Análisis espacial de jurel y huevos. _____	234
8.8	ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL _____	238
8.9	COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE _____	244
8.9.1	Elaboración de clave edad-talla (CET) _____	244
8.9.2	Proporción a la edad (Pa) _____	246
8.9.3	Abundancia por grupo de edad (Na) _____	248
8.9.4	Peso medio por grupo de edad (W_a) _____	248
8.9.5	Biomasa del stock desovante por grupo de edad (B_a) _____	249
8.9.6	Comparación años anteriores _____	250
9	DISCUSION _____	255
10	CONCLUSIONES _____	260
11	REFERENCIAS _____	262
12	ANEXO271	
12.1	TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS FIP 2008-06 _____	271
12.2	PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD _____	275

12.2.1	Asignación Horas Hombre del equipo de trabajo utilizadas hasta este Informe	275
--------	---	-----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Transectas asignadas a los barcos participantes proyecto FIP 2008-06.....	39
Tabla 2.	Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.....	43
Tabla 3.	Estaciones de búsqueda previa a la realización de la minigrilla.....	56
Tabla 4.	Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden y Raitt, 1975).....	67
Tabla 5.	Escala de madurez microscópica.....	74
Tabla 6.	Clases de folículos postovulatorios con sus respectivas características.....	78
Tabla 7.	Bitácora de pesca indicando nombre de la embarcación, número de lance, latitud, longitud, hora, número de estómagos extraídos y porcentaje de estómagos con contenido.....	83
Tabla 8.	Embarcación, armador y transectas programadas para la zona de estudio, noviembre - diciembre 2008.....	86
Tabla 9.	Macrozonas históricas consideradas en el estudio, noviembre- diciembre 2008.....	89
Tabla 10.	Principales características de los cruceros realizados en el período reproductivo entre los años 1997 y 2008.....	95
Tabla 11.	Area (mn^2) de los polígonos de estimación identificados para huevos y larvas de jurel, según el enfoque geoestadístico transitivo.....	137
Tabla 12.	Parámetros del variograma teórico ajustado a los registros de densidad de huevos (núm/10 m^2) y larvas (núm/10 m^2) de jurel. Bondad de ajuste: SCR = suma de cuadrados residuales.....	138
Tabla 13.	Estadística de la distribución de huevos de jurel entre 1997 y 2008. D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) = varianza de la densidad media en estaciones positivas, EE(Dpos) = error estándar; Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima, FS= estimador de Finney-	

Sichel; Var(FS) = varianza del estimador de Finney-Sichel, Pielou= índice de agregación de Pielou, IP= índice de parchosidad (patchness index).	138
Tabla 14. Estadística de la distribución de larvas de jurel entre 1997 y 2008. D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) =varianza de la densidad media en estaciones positivas, EE(Dpos)= error estándar; Dmin= densidad mínima, Dmax= densidad máxima, FS= estimador de Finney-Sichel; Var(FS) = varianza del estimador de Finney-Sichel, Pielou= índice de agregación de Pielou, IP= índice de parchosidad (patchness index).	139
Tabla 15. Porcentaje de huevos de jurel asociado a rangos ambientales de las variables Temperatura (°C), Turbulencia ($m^3 s^{-3}$), Magnitud del viento ($m s^{-1}$) y Energía cinética ($cm^2 s^{-2}$). 142	
Tabla 16. Porcentaje de larvas de jurel asociado a rangos ambientales de las variables Temperatura (°C), Turbulencia ($m^3 s^{-3}$), Magnitud del viento ($m s^{-1}$) y Energía cinética ($cm^2 s^{-2}$).	142
Tabla 17. Parámetros de los modelos GAM aplicados a huevos y larvas de jurel.	148
Tabla 18. Resultados del análisis de rangos ambientales (Perry & Smith, 1994) para huevos y larvas de jurel (Noviembre, Diciembre de 2008), considerando las zonas señaladas en texto. S= distancia máxima entre las distribuciones de frecuencia acumulativas de f(t) y de g(t). P= significancia estadística ($p < 0,05$).	149
Tabla 19. Producción diaria de huevos ($P0$ -huevos/ $10 m^2 d^{-1}$) y tasa de mortalidad diaria ($Z-h^{-1}$) para la serie 1999-2008, estimada mediante regresión no lineal (nls) y por un modelo lineal generalizado (GLM).	152
Tabla 20. Estimación de P_0 y Z , mediante metodologías los dos modelos de datación empelados. 152	
Tabla 21. Resumen de los lances de pesca realizados durante el crucero de 2008.	155
Tabla 22. Estimación del peso promedio de las hembras maduras, crucero 2008.	159
Tabla 23. Numero de lances y ejemplares del jurel por embarcación, noviembre 2008.	160

Tabla 24. Número y porcentaje de los estado de madurez sexual macroscópicos por embarcación.	
	165
Tabla 25. Numero y frecuencia de los estados de madurez sexual macroscópicos por fecha de captura, noviembre-diciembre 2008.....	166
Tabla 26. Frecuencia de estados de madurez microscópicos y de FPO, según edad, para la estimación de frecuencia de desove por lance (EMMi = estados de madurez microscópicos; FPO 0, 1 2 = folículos postovulatorios de día 0, 1 y 2; F DESOV 1, 2, 1+2 = fracción desovante 1, 2 y 1+2).....	172
Tabla 27. Resumen de las estimaciones de fecundidad parcial mediante regresión lineal.	173
Tabla 28. Estimación de fecundidad media poblacional para hembras de jurel, noviembre 2008.	174
Tabla 29. Numero de lances y ejemplares del jurel por embarcación, diciembre 2008.	175
Tabla 30. Número y frecuencia de los estados de madurez sexual macroscópicos por fecha de captura.....	178
Tabla 31. Resumen por año de la estructura de tamaños de jurel, para la caracterización de los ítems alimentarios.....	184
Tabla 32. Índice de Importancia Relativa (IIR), número (N), peso (P) y frecuencia de aparición (F) total y porcentual de las principales presas de <i>T. murphyi</i>	185
Tabla 33. Índice de importancia relativa (IIR) separado por grupos de tamaños.....	186
Tabla 34. Índice de importancia relativa (IIR) por años.	186
Tabla 35. Número de agregaciones por nivel de abundancia por macrozona.	190
Tabla 36. Índice del nivel de abundancia de las agregaciones (INAC) por macrozona y total	190
Tabla 37. Índice de cobertura (IC) de los ecotrazos detectados en el ecosonda en las macrozonas: norte-costero, norte-oceánico y para la zona de estudio, noviembre – diciembre, 2008.	192
Tabla 38. Número de agregaciones presentes por milla náutica lineal (IPE) y número de agregaciones totales presentes por macrozona, noviembre- diciembre, 2008.....	194
Tabla 39. Clusters simples (CS) y clusters complejos (CC) por: a) macrozona, b) nivel de abundancia y c) tipo de agregación, noviembre - diciembre 2008.....	195

Tabla 40. Índice de cobertura ($IC_{est.}$) estandarizado a una hora, noviembre – diciembre, 2008...	198
Tabla 41. Índice de cobertura por ecotrazos y período del día (a) e Índice de cobertura estandarizado por ecotrazos y período del día (b).....	199
Tabla 42. Profundidad mínima (Z_{min}), Profundidad máxima (Z_{max}), Profundidad promedio (Z_{prom}) y Altura promedio (A_{prom}) por: a) nivel de abundancia y b) tipo de agregación, noviembre - diciembre 2008.	200
Tabla 43. Presencia de ecotrazos (%) en la columna de agua a una profundidad superior e inferior a los 100 m, por nivel de abundancia y tipo de agregación.	201
Tabla 44. Índice de cobertura de huevos ICH (%) respecto al área total y densidad promedio de huevos ($Ind/10m^2$) presentes por macrozonas y total, noviembre – diciembre, 2008.....	202
Tabla 45. Caracterización de las agregaciones de jurel en el área de distribución de los huevos	203
Tabla 46. Número de agregaciones por macrozonas para el período reproductivo (noviembre - diciembre), 2000 – 2008.....	205
Tabla 47. Índice de cobertura total y por macrozona para el período, 1997 - 2008.....	214
Tabla 48. (a) Índice de cobertura (IC), profundidad promedio (Z_{prom}) y altura promedio (A_{prom}) de los ecotrazos reportados por el ecosonda, (b) Índice de cobertura estandarizado (IC_{est}) y altura promedio (A_{prom}) de los ecotrazos por período del día y (c) número de cluster /10.000 mn^2 profundidad media de los registros (Z) y porcentaje de cardúmenes en profundidades menores o iguales a 100 m.	217
Tabla 49. Inferencia de las macro zonas en la profundidad media por año y los post - hoc. Inferencia significativa (S) $P < 0,05$ y no significativa (NS), $P > 0,05$	224
Tabla 50. Estructura espacial de la abundancia de jurel y densidad de huevos.....	236
Tabla 51. Parámetros de correlación espacial.....	236
Tabla 52. Parámetros reproductivos y estimación de Biomasa Desovante de jurel para la serie 1999-2008. Método tradicional: Estimación de P_0 mediante nls. Método alternativo: Estimación de P_0 por GLM.....	240

Tabla 53. Estimaciones de Biomasa total de jurel dentro y fuera de la zona económica exclusiva (ZEE) mediante hidroacústica y estimaciones de Biomasa desovante mediante MPDH.....	243
Tabla 54. Composición por edad-talla en la muestra de hembras maduras (EM 3- 5) de jurel (2008).	245
Tabla 55. Composición edad-talla en la muestra de machos de jurel (2008).....	246
Tabla 56. Parámetros estimados para el stock desovante de jurel por grupo de edad en noviembre del año 2008.	247
Tabla 57. Abundancia y biomasa de jurel macho en el área de desove	248
Tabla 58. Abundancia del stock desovante de jurel ($\times 10^6$) en el periodo 2001-2008.....	252
Tabla 59. Biomasa del stock desovante de jurel ($\times 10^3$) en el periodo 2001-2008.....	254

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disposición de las transectas de ida (rojo) y regreso (azul). Crucero noviembre-diciembre 2008.....	39
Figura 2. Distribución espacial de las estaciones planctónicas durante el crucero desarrollado el 2008.....	49
Figura 3. Sistema de cierre de la red WP2 (Gatillo + Mensajero)	54
Figura 4. Distribución de las transectas en la zona de estudio, noviembre - diciembre 2008.....	87
Figura 5. Tipos de ecotrazos de jurel.....	88
Figura 6. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio a partir de datos de termómetros de mercurio (información de terreno), noviembre-diciembre de 2008.	112
Figura 7. Imagen satelital de la temperatura superficial del mar compuesta para el periodo del crucero 2007 (25 de Noviembre - 03 de Diciembre de 2008).	113
Figura 8. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio para el mes de Noviembre del período 1998-2008.	115
Figura 9. Distribución espacial de la anomalía de la TSM en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1998-2008.....	116
Figura 10. Serie de tiempo (1985-2008) de la anomalía de la temperatura superficial del mar para el área de desove de jurel frente a Chile central. a) sector NW, b) sector NE, c) sector SE, d) sector SW.	117
Figura 11. Imagen satelital de la viento superficial del mar compuesta para el período entre el 25 de Noviembre y el 3 de diciembre de 2008.....	118
Figura 12. Distribución espacial de la turbulencia ($m^3 s^{-3}$) en el área de estudio, para el mes de Noviembre de 2008.	119
Figura 13. Distribución de vientos (escaterometría) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1999-2008.....	121

Figura 14. Distribución espacial de la turbulencia ($m^3 s^{-3}$) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1999-2008.....	122
Figura 15. Imagen satelital de la clorofila superficial ($mg m^{-3}$) en el área de estudio, compuesta para el período entre el 25 de noviembre y el 3 de diciembre de 2008.	124
Figura 16. Distribución espacial de clorofila-a para el mes de Noviembre del período 1999-2008 en el área de estudio.	125
Figura 17. Corrientes geostroficas calculadas para el periodo del crucero en el área de estudio.	127
Figura 18. Distribución espacial de las corrientes geostroficas ($cm s^{-1}$) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1998-2008.....	128
Figura 19. Distribución espacial de la profundidad (m) de la termoclina en el área de estudio, calculada para el periodo entre el 25 de Noviembre y el 3 de Diciembre de 2008.....	129
Figura 20. Distribución espacial de la ubicación geográfica de las boyas derivadoras Argo durante el período de estudio.	130
Figura 21. Perfiles verticales individuales de temperatura ($^{\circ}C$), salinidad (psu) y concentración de oxígeno disuelto ($mM Kg^{-1}$) en el área de estudio.....	131
Figura 22. Secciones transversales de la temperatura ($^{\circ}C$) en el área de estudio, para el periodo entre el 25 de Noviembre y el 3 de Diciembre de 2008. Los triangulos de color negro muestran la profundidad máxima de los lances planctónicos realizados en cada uno de estos transectos.	133
Figura 23. Diagramas TS para los perfiles verticales analizados para el área y período de estudio.	135
Figura 24. Disposición espacial del área de estudio de la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de de jurel, crucero Noviembre-Diciembre de 2008.....	137
Figura 25. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de huevos de jurel ($huevos/10m^2$) en el área de estudio, Noviembre-Diciembre de 2008.....	139

Figura 26. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de huevos (huevos/10m ²) de jurel (<i>Trachurus murphyi</i>) en el área de estudio en Noviembre-Diciembre de 2008.....	134
Figura 27. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de larvas de jurel (larvas 10m ⁻²) en la zona de estudio.....	135
Figura 28. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de larvas (núm./10m ²) de jurel (<i>Trachurus murphyi</i>) en el área de estudio en Noviembre – Diciembre de 2008.....	137
Figura 29. Cambios interanuales de las abundancias de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y totales. Período 1997-2008.....	140
Figura 30. Cambios interanuales de las abundancias de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y totales. Período 1997-2008.....	140
Figura 31. Distribución espacial de huevos de jurel y a) Temperatura superficial del mar (°C), b) magnitud del viento (m s ⁻¹), c) turbulencia (m ³ s ⁻³), d) corrientes geostróficas (cm s ⁻¹). Noviembre – Diciembre de 2008.....	144
Figura 32. Distribución espacial de larvas de jurel y a) Temperatura superficial del mar (°C), b) magnitud del viento (m s ⁻¹), c) turbulencia (m ³ s ⁻³), d) corrientes geostróficas (cm s ⁻¹). Noviembre- Diciembre de 2008.....	145
Figura 33. Densidad de a) huevos y b) larvas de jurel, en relación a variables de posición y ambiental. Noviembre - Diciembre de 2008. Las bandas representan intervalos de confianza del 95%.....	147
Figura 34. Abundancia de huevos de jurel agrupados por estadio de desarrollo.....	151
Figura 35. Proporción del área que ocupa el área de desove en relación al área total de estudio. Serie 1999-2008.....	153
Figura 36. Distribución espacial de los lances de pesca, crucero 2008.....	154
Figura 37. Distribución de frecuencia de tallas de jurel durante el crucero de 2008.....	157
Figura 38. Distribución de frecuencia de tallas de jurel, zona de pesca, diciembre de 2008.....	157

Figura 39. Relación Longitud-Peso. a) Total, b) Machos y c) Hembras, crucero 2008.	158
Figura 40. Frecuencia de tallas de hembras de jurel, noviembre 2008.	161
Figura 41. Variación del IGS promedio con la longitud de horquilla correspondiente a las muestras de hembras de jurel, noviembre-diciembre 2008.	162
Figura 42. Valores de IGS promedios correspondiente a los estados de madurez sexual macroscópicos en hembras de jurel, noviembre-diciembre 2008.	162
Figura 43. Valores promedios de IGS para los estados de madurez macroscópicos correspondiente a los días de muestreo de jurel, noviembre-diciembre 2008.	163
Figura 44. Frecuencia porcentual de los estados de madurez sexual macroscópicos para el total de la muestra aleatoria, noviembre-diciembre 2008.	164
Figura 45. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópica por embarcación.	165
Figura 46. Frecuencia (%) de estados de madurez sexual macroscópicos según día de muestreo, noviembre-diciembre 2008.	166
Figura 47. Frecuencia (%) de EMMi determinada en hembras del jurel, noviembre-diciembre 2008.	167
Figura 48. Valores promedios del IGS (\pm d.e) correspondiente a los diferentes estados de madurez microscópicos, noviembre-diciembre 2008.	168
Figura 49. Frecuencia (%) de los EMMi por día de muestreos obtenidos en el crucero del jurel, noviembre- diciembre 2008.	169
Figura 50. Frecuencia (%) de los EMMi por embarcaciones obtenidas en el crucero del jurel, noviembre- diciembre 2008.	170
Figura 51. Frecuencia de tallas de jurel, diciembre 2008 (postcrucero).	175
Figura 52. Variación del IGS promedio con la longitud de horquilla correspondiente a la muestra total de hembras de jurel, diciembre 2008.	176
Figura 53. Valores de IGS promedios correspondiente a los estados de madurez sexual macroscópicos en hembras de jurel, diciembre 2008.	177

Figura 54. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópicos, diciembre 2008.	178
Figura 55. Frecuencia (%) de estados de madurez sexual macroscópicos según día de captura.	179
Figura 56. Frecuencia (%) de EMMi en hembras del jurel capturadas en diciembre de 2008.....	180
Figura 57. Valores promedios del IGS (\pm d.e.) para los estados de madurez microscópicos, diciembre 2008.	180
Figura 58. Frecuencia (%) de EMMi por día de muestreos en el jurel, diciembre 2008.....	181
Figura 59. Frecuencia (%) de folículos atrésicos en ovarios de jurel durante diciembre 2008.	182
Figura 60. Distribución de frecuencia de tamaños expresada en porcentaje de los individuos utilizados para el análisis de contenido estomacal de Jurel. (n = 406).....	183
Figura 61: Dendrograma de similitud trófica en jurel, para 4 grupos de tamaños.	187
Figura 62. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por: a) ecosonda y b) sonar en la zona de estudio, noviembre – diciembre, 2008.....	189
Figura 63. Índice de cobertura por nivel de macrozonas y nivel de abundancia.....	193
Figura 64. Índice de cobertura por macrozona por tipo de ecotrazo para la zona total de estudio, noviembre – diciembre 2008.	193
Figura 65. Distribución de profundidad media en el ciclo de 24 horas por nivel de abundancia y tipo de agregación, noviembre – diciembre, 2008.	196
Figura 66. Distribución batimétrica de las agregaciones de jurel por periodos del día Crepúsculo (C), Día (D), Noche (N), Orto (O), noviembre – diciembre 2008.....	197
Figura 67. Frecuencia de ecotrazos por tipo de ecotrazo y período del día (Crepúsculo, Día, Noche, Orto), noviembre – diciembre, 2008.....	198
Figura 68. Distribución espacial de la densidad de huevos de jurel (a), distribución de la abundancia de jurel (ecosonda) y zonas de alta densidad de huevos (b), noviembre – diciembre, 2008.	204
Figura 69. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por el ecosonda para el período reproductivo (noviembre – diciembre), 2000 - 2008.	206

Figura 70. Número de agregaciones de jurel detectadas en las macrozonas norte y sur, para el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 – 2008.....	207
Figura 71. Número de agregaciones detectadas en la macrozona norte costera - oceánica y sur costera-oceánica, para el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2008.....	207
Figura 72. Número de agregaciones por nivel de abundancia para la macrozona norte, en el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2008	209
Figura 73. Número de agregaciones por nivel de abundancia para la macrozona sur, en el periodo reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 – 2008.....	210
Figura 74. Índice de abundancia de las agregaciones (INAC) por macrozonas en el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 – 2008.....	212
Figura 75. Índice de cobertura calculado para el periodo 1998 – 2008; a) para la macrozona norte, sur y área total, y b) para las macrozonas norte costero (NC), norte oceánico (NO), sur costero (SC) y sur oceánico (SO).....	214
Figura 76. Índice de cobertura de las agregaciones por tipo y nivel de abundancia para el período 1997 – 2008.....	216
Figura 77. Centro de gravedad de jurel en primavera – verano. 1998 y 2008.	219
Figura 78. Profundidad media de jurel (m) por períodos del día; orto (O), día (D), crepúsculo (C) y noche (N).	222
Figura 79. Profundidad media de las agregaciones de jurel por macrozona para el período 1998 – 2008.....	223
Figura 80. Distribución de zonas de altas y bajas densidades de huevos y profundidad media de las agregaciones de jurel por macrozona, para noviembre – diciembre, 2008	226
Figura 81. Altura media (m) de las agregaciones por tipo y período del día entre 1997 y 2008....	228
Figura 82. Índice de presencia de ecotrazos (a), índice de cobertura (b) y número de cluster por 10.000 mn ² entre 1997 y 2008.....	230
Figura 83. Índice de cobertura total de jurel (IC) e índice sintético de la presencia de huevos (IA), entre 1997 y 2008.....	231

Figura 84. Curva de Lorenz para el jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2003.	232
Figura 85. Curva de Lorenz para jurel y huevos de jurel para los cruceros 2004 a 2008.	233
Figura 86. Índice de Gini para jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2008.....	234
Figura 87. Variograma omnidireccional experimental y teórico para la abundancia de jurel y la densidad de huevos.....	235
Figura 88. Estimación de la biomasa desovante de jurel, periodo 1999-2008 v/s la Estimación de la Producción Diaria de huevos para el mismo periodo.....	242
Figura 89. Estructura en número del stock desovante de jurel (NSD_a) en 2008.	248
Figura 90. Estructura por grupo de edad de la biomasa desovante de jurel (BSD en toneladas) en 2008.....	249
Figura 91. Comparación de las claves edad-talla para hembras de jurel para los años 2004, 2005, 2006 y 2008.....	250
Figura 92. Componentes de la varianza total de la proporción por grupo de edad en.....	251
Figura 93. Clases anuales de jurel presentes en la abundancia en número (%) de jurel	253
Figura 94. Clases anuales de jurel presentes en la biomasa desovante (%) de jurel.....	254

2 OBJETIVO GENERAL

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

3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

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

4 RESULTADOS ESPERADOS

4.1 Distribución espacial de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio, y su comparación con estimaciones anteriores.

4.2 Índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio y su comparación con estimaciones anteriores.

4.3 Estimación de la condición reproductiva del jurel en la zona de estudio, especificando los estadios de madurez microscópica, la fecundidad parcial en función del peso y tamaño corporal.

4.4 Determinación de la distribución espacial de jurel, en términos de profundidad, en la zona de estudio.

4.5 Determinación de los tipos de agregaciones y nivel de densidad de jurel en la zona de estudio.

(Esta página fue dejada en blanco)

5 ANTECEDENTES

El jurel, *Trachurus murphyi*, es una especie pelágica de amplia distribución y es uno de los recursos más importantes en el Pacífico Sur-oriental. A comienzo de los años 70, se creía que esta especie se encontraba sólo a lo largo de las costas de Chile y Perú, sin embargo, la actividad de la flota Rusa y su experiencia en investigación durante las décadas de los 70' y 80' en aguas oceánicas desde Sudamérica hasta Nueva Zelanda, demostraron que la distribución de jurel se extiende a lo largo del Pacífico Sur desde Chile hasta Nueva Zelanda y Tasmania (**Evseenko, 1987; Bailey, 1989; Jones, 1990; Elizarov et al., 1993; Arcos and Grechina, 1994; Arcos, 1998**).

De acuerdo con **Serra (1991)**, existirían dos unidades de stock autosustentables en el Pacífico Sur-oriental: una localizada en aguas Peruanas y otra frente a las costas de Chile, en la cual la fracción oceánica también está incluida. Sin embargo, hoy en día y producto principalmente de una serie de reuniones convocadas por la Organización Regional de Pesca para el Pacífico Sur (ORP), de la cual Chile es miembro activo, se postula que existiría una sola unidad de stock de este recurso en el Pacífico Sur-oriental.

En base a la distribución espacial de las capturas de jurel efectuadas por la flota industrial de cerco en el Pacífico Sur para el período 1995-2008, existiría una distribución continua del recurso desde la zona económica exclusiva de Chile (ZEE) hasta aguas oceánicas, más allá de los 86°W, inclusive para el año 2008 (**Inpesca, 2008**). Sumado a esa evidencia, existe información de la flota China que opera principalmente sobre jurel para el período 2000-2007, en donde se reportan capturas de esta especie por fuera de la ZEE, alcanzando hasta los 110°W (**Zhang et al., 2008a**). Además, existen estudios genéticos realizados en jurel, los cuales indican que existe una muy baja diversidad de ADN mitocondrial entre muestras de jurel provenientes de dentro y fuera de la ZEE de Chile, lo cual avalaría la existencia de una única población en el Pacífico Sur (**Ojeda et al., 2002, Zhang et al., 2008b**).

En la actualidad cuatro unidades de pesquería son identificadas en las costas de Chile: Costa Norte de Chile (18°S-24°S), Caldera (27°S), Coquimbo (29°S) y la zona centro sur (33°S-40°S). Estas pesquerías presentaron un máximo histórico en 1995, con 4.4 millones de toneladas, comenzando a ser regulada a partir del año 1997, cuando la pesquería de jurel entra en crisis debido a la alta incidencia de jurel juvenil menor a la talla mínima legal de 26 cm de longitud horquilla en la zona centro-sur. Esta situación se mantiene hasta 1998, y sólo a contar del 2001 comienza un período de ordenamiento de la pesquería con la entrada en vigencia de la Ley de Capturas Máximas por Armador (LMCA). En el período 2002-2006, las capturas en esa zona bordearon las 1.2 millones de t producto de la regulación antes mencionada. En el período 2002-2006, las capturas en esa zona bordearon las 1.2 millones de t producto de la regulación antes mencionada. El año 2008, se observó un cambio significativo en relación a la disponibilidad de este recurso en el sector más costero, situación que ya se había empezado a observar a partir del año 2007. Este cambio, significó que en el año 2008 se lograra capturar sólo un 54 % de la cuota asignada a la flota centro-sur, situación que no se había registrado desde la implementación de la LMCA.

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

agua y más profundo, formando agregaciones más pequeñas en primavera - verano **(Barbieri et al., 1998)**.

En relación a la evaluación de stock de jurel que se realiza en nuestro país utilizando modelos edad-estructurados **(Serra y Canales, 2008; Sepúlveda, 2007)**, es necesario contar con índices de abundancia relativa o absolutas. En particular, se han utilizado datos de captura por unidad de esfuerzo estándar y las evaluaciones acústicas de biomasa realizadas frente a la zona centro-sur en otoño-invierno del período 1997-2007. Sin embargo, cambios operacionales en la flota debido al régimen de cuotas individuales, así como, cambios en la disponibilidad de jurel en la zona costera podrían ser determinantes en las tasas de captura de la flota y en la evaluación acústica de la biomasa.

Un ejemplo de ello ocurrió en invierno del 2002, cuando la evaluación acústica se realizó desde Valparaíso hasta el 40°S y hasta las 200 millas náuticas, cuando en realidad el jurel presentó una distribución oceánica por fuera de las 200 millas náuticas al sur de los 36°S, conformando una baja densidad. Los resultados fueron cerca de 1,9 millones de t en circunstancias que el 2001 se habían evaluado casi 6 millones de t **(Córdova et al., 2002)**. Ese mismo año, una evaluación acústica empleando naves de la flota industrial arrojaron que la principal fracción del jurel se encontró en aguas oceánicas por fuera de las 200 millas náuticas de la costa entre los 33°20'S y 38°30'S **(Sepúlveda y Alarcón, 2004)**, reportándose un estimado de biomasa de 7,3 millones de toneladas. Producto de ello, a partir del año 2003 las evaluaciones acústicas debieron expandir su área de prospección hasta las 400 millas náuticas, observándose en los últimos años que la zona fuera de la ZEE toma cada vez mayor relevancia en desmedro del sector más costero, reportándose el año 2007 una biomasa de 3 millones de t, de los cuales el 97% fue detectado fuera de la ZEE **(Córdova et al., 2008)**.

Por lo tanto, posibles cambios en la disponibilidad y patrones de agregación de jurel frente a Chile centro-sur no sólo afecta la operación de la industria sino que también la estimación de la biomasa de jurel mediante acústica, ya que genera una gran incertidumbre,

haciéndose necesaria la utilización de otro indicador alternativo de abundancia relativa para la evaluación de stock de este recurso.

Antecedentes de la época del desove, y de la estrategia reproductiva del jurel la cual consiste en dispersarse en una gran área frente a Chile central, entre los 30° – 40° S (**Barbieri *et al.*, 1999**, **Evseenko (1987)**), sugirió que el desove del jurel estaría confinado a la Zona de Convergencia Subtropical, que se extiende desde Chile hasta los 150 – 160°W. **Elizarov *et al.*, (1993)** encontró importantes núcleos de abundancia de huevos desde los 78° – 90° W en los 38° – 42° S frente a Chile, extendiéndose hasta cerca de 150°W al analizar más de 10 años con datos ictioplanctónicos. Por otra parte, debido a que el jurel está completamente maduro entre los 3 – 4 años de edad, y cada hembra madura puede liberar varias tandas de huevos en la época de desove (**Macewicz y Hunter, 1993**; **Oyarzún y Gacitúa, 2003**), se consideró que era factible estimar la biomasa desovante por medio del método de la producción diaria de huevos (**Lasker, 1985**; **Hunter y Lo, 1993**; **Hunter y Lo, 1997**). Estudios realizados en la zona centro-sur del país entre 1998 y 2000, permitieron identificar núcleos donde se registraron los valores máximos de desove, los que conjuntamente con estimaciones de la producción anual de huevos dado por **Dejnik *et al* (1994)**, sugirieron la posibilidad de que la fracción desovante en esas aguas pudiera ser estimada a partir de la producción diaria de huevos en esa región y que a su vez se lograra disponer de un índice de abundancia para la evaluación del recurso, de manera independiente de la pesquería.

En 1997, un análisis de la condición desovante de jurel, distribución y abundancia de huevos y larvas en aguas oceánicas fue determinante para considerar la posibilidad de contar con información nueva e independiente de la pesquería acerca de la situación del stock. Más tarde, se postuló que el Método de la Producción Diaria de Huevos (MPDH) (**Lasker, 1985**) tenía la potencialidad de ser aplicado al jurel. El Fondo de Investigación Pesquera (FIP), a partir del año 1999 (**FIP 99-14**) y sus sucesivas repeticiones (**FIP 2000-10, 2001-12, 2002-12, 2004-33, 2005-01, 2006-05, 2007-08**) ha demandado analizar esta

factibilidad, con la finalidad de aclarar ciertas interrogantes acerca de la conducta reproductiva de este recurso y estudiar la aplicabilidad del MPDH.

Luego de 8 años de repetición exitosa de este proyecto, se ha logrado responder a muchas de las interrogantes expuestas a fines de los años 90', tendientes a conocer el área principal de desove de este recurso, sus límites y condiciones ambientales (**Cubillos et al., 2008**). Además, gracias al logro de varias mejoras tendientes a mejorar problemas tanto de sesgo como de precisión en los estimados de la producción diaria de huevos y en los parámetros reproductivos de los adultos desovantes, es posible estimar la biomasa desovante de jurel mediante el Método de Producción Diaria de Huevos. Este indicador en la actualidad sirve de calibrador en los modelos de evaluación edad-estructurados y proporciona un índice de abundancia relativa de la biomasa desovante de jurel de manera independiente de la pesquería.

El Instituto de Investigación Pesquera presentó la Oferta Técnica con el convencimiento de que las estimaciones de biomasa desovante de jurel, y los parámetros que definen la condición reproductiva del mismo, mejorarán con cada repetición anual del proyecto. En este contexto, el presente proyecto recoge los elementos que han sido limitantes en la realización de estos proyectos y pretende mejorar varios aspectos, así como, la interpretación de los resultados.

6 HIPÓTESIS DE TRABAJO

El presente estudio se basa en la existencia de un área de desove principal del jurel localizada en la alta mar contigua a Chile centro-sur, la cual es recurrente a través de los años y en la que se manifiesta una alta actividad reproductiva entre los meses de noviembre-diciembre (Sepúlveda et al., 2001, Cubillos et al., 2003, Sepúlveda et al., 2004, Cubillos et al., 2008).

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

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

6.1.2 Con respecto a la distribución y agregaciones del recurso

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

obtenidas son suficientes y representan satisfactoriamente el atributo del recurso en condición reproductiva en aguas oceánicas.

7 METODOLOGIA

El análisis de la condición biológica de jurel en alta mar, considera un muestreo intensivo de la producción total de huevos en el área de desove, y de los atributos biológicos de los adultos que están desovando en términos de la fecundidad media poblacional, fracción de hembras desovantes diarias, peso promedio de las hembras maduras, proporción de hembras durante el período de mayor actividad reproductiva, y la caracterización de la agregaciones de jurel en alta mar (**Cubillos, 2002, 2003, Arcos et al. 2005, Sepúlveda et al. 2006**).

En este contexto, es altamente necesario limitar o circunscribir el área de desove en alta mar, identificar el período de máxima actividad reproductiva, determinar el mejor diseño de muestreo ictioplanctónico en relación con la distribución espacial de los huevos, y el diseño de muestreo de adultos en términos del número de lances necesarios.

7.1 AREA Y EPOCA DE ESTUDIO

Históricamente, los límites latitudinales del área de estudio están basados en los análisis satelitales de la temperatura superficial del mar, fijándose como límite sur la distribución de la isoterma de 15°C en la semana previa a la realización del crucero. Basándose en la distribución y abundancia de huevos de jurel de los datos disponibles (años 1999-2001,2003-2007), se verifica que las principales áreas de abundancia de huevos y larvas de jurel están comprendidas entre los 33 y los 35 ° S y al oeste de los 86°W. Los límites del área de desove, han sido fijados tradicionalmente entre los 32.20 – 38°S y desde los 74° a los 92°W. Esto se corrobora con el trabajo de **Cubillos et al. 2008**, el cual establece que la principal zona de desove ocurre entre los 80°W y 92W y que es máxima a los 35°S, zona asociada a aguas con temperaturas superficiales de 15-16°C.

Para cubrir esa área, es necesario realizar a lo menos 16 transectos separados cada 20 millas náuticas, para lo cual se emplean 8 embarcaciones de la flota industrial de cerco de la Octava Región. No obstante ello, estudios avalan que la realización de este crucero es factible de realizar con un número inferior de naves y que una separación máxima de 36 millas náuticas entre transectos no afectaría los estimadores de varianza, densidad media y abundancia de huevos y larvas de jurel (**Páramo, 2002**).

En la oferta técnica del presente proyecto, se propuso fijar el área de estudio entre los límites de los 74°W y 92° W, y latitudinalmente a través del análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar, estableciéndose como límite sur la distribución de la isoterma de 15 °C. Para ello, se comprometió la participación de a lo menos 9 naves de la flota, las cuales realizarían 18 transectas separadas entre sí por 20 millas náuticas.

Para la realización exitosa de este proyecto, es sabido que es de vital importancia el apoyo de la industria pesquera. Realizar un muestreo simultáneo de la extensa zona de desove de jurel sólo es posible a través de este apoyo, el cual se puede ver condicionado por la disponibilidad del jurel durante el año de ejecución del proyecto. Es así como el año 2007, producto de un notorio cambio en la disponibilidad y patrones de agregación de jurel frente a Chile centro-sur, casi la totalidad de las capturas se efectuaron en el sector más oceánico, generando esta situación una serie de dificultades para lograr capturar la cuota asignada. Una vez llegada la época del crucero, la flota industrial no prestó el apoyo de años anteriores, producto principalmente de que aún les quedaba un remanente importante de cuota por extraer, cercano a las 200 mil toneladas. Finalmente el crucero se realizó, pero con sólo 5 naves, las cuales si bien lograron cubrir en gran parte la zona de desove, la distribución de los principales focos de desove no fueron cubiertos en su totalidad.

El año 2008, la disponibilidad del jurel en las costas de la zona centro-sur fue más crítica aún, teniendo que aumentar considerablemente el esfuerzo de la flota pesquera para poder capturar los pequeños focos de jurel que se formaron en el sector oceánico (al oeste de los 80°W). Al momento de la ejecución del proyecto, sólo se había capturado el 51% de

la cuota asignada, razón por la cual, la participación de las naves en el crucero, era poco conveniente para la industria. Tras una serie de negociaciones, se logró ejecutar el crucero, pero por primera vez, se realizó sin una licitación pública de las naves a participar.

Finalmente, año 2008 se contó con la colaboración de 8 embarcaciones para llevar a cabo los objetivos del proyecto. El crucero en el área de estudio se desarrolló entre los días 25 de noviembre y el 6 de diciembre.

7.2 DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTONICO

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

El crucero se desarrolló entre el 25 de noviembre y el 06 de diciembre de 2008. Comprendió la región oceánica, dentro y fuera de la ZEE, frente a Chile centro-sur entre los 74° a los 94° de longitud oeste y latitudinalmente entre los 32°30 – 38°45'S. Participaron 8 embarcaciones, las cuales realizaron dos transectas cada una, completado un total de 16 transectas separadas entre sí por 25 millas náuticas en un diseño de muestreo sistemático. **(Tabla y Figura 1).**

Producto de que durante el año 2008 el recurso estuvo disponible mayoritariamente en la zona oceánica y además de que en algunos años anteriores el área de distribución de los huevos encontrados estuvo cortada hacia el oeste de la zona de estudio, se propuso que tres embarcaciones extendieran sus transectas hasta los 94°W. Las zonas a cubrir correspondieron al sector central del área de estudio, las cuales están asociadas históricamente a los focos principales de abundancia de huevos de jurel (34°10-35°00)

Tabla 1.

Tabla 1. Transectas asignadas a los barcos participantes proyecto FIP 2008-06.

Transecta	Latitud	Longitud Inicial	Dirección	PAM
1	32°30'	92°00'	REGRESO	Yagán
2	32°55'	92°00'	REGRESO	Ventisquero
3	33°20'	75°00'	IDA	Yagán
4	33°45'	75°00'	IDA	Ventisquero
5	34°10'	94°00'	REGRESO	Don Mauro
6	34°35'	94°00'	REGRESO	Don Edmundo
7	35°00'	94°00'	REGRESO	Malleco
8	35°25'	75°00'	IDA	Don Mauro
9	35°50'	75°00'	IDA	Don Edmundo
10	36°15'	75°00'	IDA	Malleco
11	36°40'	75°00'	IDA	Tridente
12	37°05'	75°00'	IDA	Chivilingo
13	37°30'	75°00'	IDA	Gardar
14	37°55'	92°00'	REGRESO	Tridente
15	38°20'	92°00'	REGRESO	Chivilingo
16	38°45'	92°00'	REGRESO	Gardar

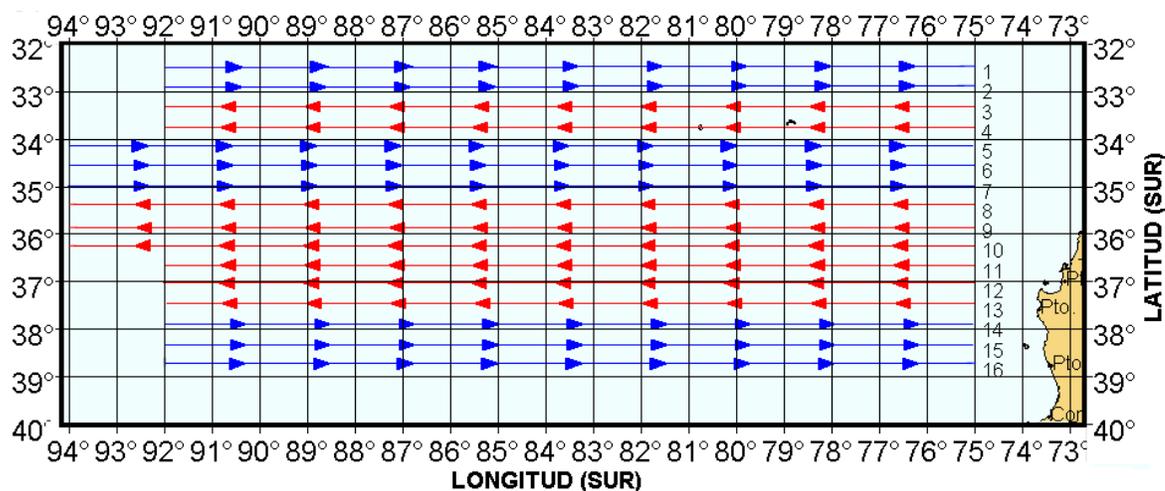


Figura 1. Disposición de las transectas de ida (rojo) y regreso (azul). Crucero noviembre-diciembre 2008.

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

7.3 MUESTREO OCEANOGRAFICO

7.3.1 Información de terreno

Temperatura desde termómetros de mercurio: La temperatura superficial del mar (TSM) fue registrada en cada una de las estaciones de muestreo por medio de termómetros de mercurio de 0,1 °C de precisión. Se efectuaron un total de 707 registros de TSM durante el crucero.

Caracterización vertical de la columna de agua: La estructura vertical de la columna de agua fue caracterizada mediante información proveniente de boyas derivadoras ARGO (CORIOLIS; <http://www.coriolis.eu.org/>), las que están provistas de sondas oceanográficas que entregan perfiles verticales continuos de temperatura, salinidad y en algunos casos concentración de oxígeno disuelto. Las boyas seleccionadas se encontraban en operación en el área y periodo comprendidos por el crucero. La disponibilidad de información permitió obtener 68 perfiles verticales que tuvieron representatividad en toda el área prospectada, y que alcanzaron una profundidad máxima de 2000 metros. La densidad del agua de mar se calculó utilizando la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 (**Millero & Poisson, 1981, UNESCO, 1981a, 1981b**).

7.3.2 Información Satelital

Se contó con imágenes satelitales de temperatura superficial del mar correspondiente al producto combinado satélites NOAA17 -18, TERRA y AQUA, comercializados por el Thematic Maritime Information System (THEMIS). La información satelital de viento corresponde a los campos QuickScat de 0,25° de resolución espacial, con esta información

también se calcularon los parámetros asociados al viento (i.e., turbulencia). Las imágenes de clorofila utilizadas fueron el producto combinado HERMES-GSM de los sensores MODIS-Aqua, MERIS, SeaWiFs de ~4 km de resolución. (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/ftp.html>). Las imágenes fueron escaladas y corregidas atmosféricamente con el software Matlab 8v2 para obtener finalmente valores de clorofila (mg m^{-3}) para la región oceánica frente a Chile central. Los campos de corrientes geostróficas se calcularon en base a las mediciones altimétricas combinadas de los satélites TOPEX-Poseidon, ERS y JASON obtenidos desde el Programa AVISO (<http://www.aviso.oceanobs.com>).

Además se utilizó información proveniente de modelos oceánicos de asimilación de datos en el caso de los registros de temperatura sub-superficial ($^{\circ}\text{C}$) a través del modelo Mercator PSY3_v2 alimentado con datos de campo obtenido desde boyas Argo y profundidad de la termoclina (m), para la región comprendida entre los 31° - 40°S y los 95° - 70°W . La información modelada de temperatura sub-superficial y la profundidad de la termoclina fueron adquiridas a THEMIS.

Para todas las variables mencionadas se calcularon promedios compuestos para el periodo correspondiente a las campañas hidrográficas (25 de noviembre de 2008 al 5 de diciembre de 2008), y son presentadas en el campo de distribución horizontal y vertical (para el caso de la temperatura sub-superficial). Con propósitos comparativos también se obtuvo el campo horizontal de las variables satelitales precitadas para el área y período (Noviembre) de desove de jurel, correspondiente a los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008.

7.4 HUEVOS Y LARVAS DE JUREL

7.4.1 Muestras planctónicas

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

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

En el Instituto de Investigación Pesquera las muestras de plancton fueron analizadas bajo estereomicroscopios Zeiss y Japan Optical con el propósito de separar la totalidad del ictioplancton desde cada una de las muestras planctónicas, identificando y separando los huevos y larvas de jurel según los criterios de **Santander y Castillo (1971)**.

Adicionalmente a esta actividad, los huevos de jurel fueron identificados en estadios de desarrollo. Los criterios de clasificación de huevos han sido previamente descritos por **Sepúlveda et al., (2001)** sobre la base de **Moser y Ahlstrom (1985)** (**Tabla 2**). Huevos con estadios de desarrollo no identificables o desintegrados, se clasificaron como huevos deteriorados.

Tabla 2. Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.

ESTADIO	CARACTERISTICAS
Estadio I	La división celular no ha comenzado, sólo es posible diferenciar el polo animal vegetal (vitelo), el cual cubre 1/4 del corion.
Estadio II	Comienza con la primera división celular en dos blastómeros la cual se forma un surco que atraviesa el polo animal. Se observa la segunda división celular con la formación de otro surco perpendicular al anterior que genera cuatro células. Se observan divisiones (mórulas) claramente diferenciables unas de otras. El estadio finaliza con la formación del blastodisco en esta etapa la división celular es tal, no es posible diferenciar las células tomando en la superficie un aspecto rugoso.
Estadio III	Se caracteriza por la formación del blastodermo como un tejido, donde no es posible diferenciar entre cada célula. En esta etapa se origina la cavidad de segmentación a partir del último clivaje. Al término de este estadio puede observarse la formación del anillo germinal a partir de un engrosamiento en el margen del blastodermo el cual ocupa 1/3 del área del corion.
Estadio IV	El embrión ocupa 1/3 del corion. El embrión se observa hacia un costado del blastodermo, pero en general muestra un engrosamiento mucho más intenso al estadio anterior. La cavidad de segmentación se diferencia claramente ocupando alrededor de un 1/3 del corion. Al final de este estadio el embrión alcanza un largo de 2/3 del corion y el blastoporo puede ser observado muy claramente en la mayoría de los casos.
Estadio V	El blastodermo se ha condensado completamente en un embrión que alcanza un largo total de 1/2 del corion. El blastoporo se observa en un amplio rango de aberturas hasta alcanzar su cierre casi total, además comienzan a aparecer los somitos. También se diferencia la cabeza y vesículas óticas.
Estadio VI	El blastoporo esta casi al cierre para posteriormente cerrarse completamente. Después se produce un engrosamiento del embrión en su región caudal que finaliza con el comienzo de la separación de la cola del vitelo, la cabeza se observar claramente definida con las vesículas óticas y además en este estadio se observa el lente primordial, los somitos se sitúan a lo largo de todo el cuerpo con excepción de la región caudal.
Estadio VII	La cola comienza a desprenderse del vitelo, para luego elongarse y alcanzar como máximo la mitad del largo de la cabeza de embrión. Además se observarse un desarrollo incipiente de la aleta caudal.
Estadio VIII	En este estadio la cola es mayor a 1/2 del largo del embrión alcanzando una longitud igual al largo de la cabeza del embrión. La punta de la cola se ha tornado más puntiaguda y se dobla en el eje del embrión hacia la derecha o izquierda.
Estadio IX	El ancho de la aleta caudal se ha incrementado diferenciándose claramente. El largo alcanzado por la cola es mayor a 1/3 de la altura del corion.
Estadio X	La cola alcanza una longitud mayor a 2/3 de la altura del corion. El ancho de la aleta embrional es casi igual al de la cola.
Estadio XI	La cola alcanza una longitud mayor a 2/3 de la altura del corion y alcanza la cabeza o la traspasa. El ancho de la aleta es mayor o doble al ancho de la cola.

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

La abundancia de huevos y larvas de jurel fue estandarizada a número de individuos para una unidad de área estándar de 10 m^2 (en adelante $\text{N}^\circ \text{ ind. } 10 \text{ m}^2$), para lo cual el ángulo de cala de la red fue medido periódicamente mediante un clinómetro manual.

La distancia efectiva recorrida por la red fue multiplicada por el área de la boca de la red para estimar el volumen de agua filtrada en cada estación de muestreo. La estandarización a la unidad estándar se realizó por medio de la siguiente ecuación.

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

donde C es el número de huevos o larvas en una unidad de área de mar (10 m^2), d es la profundidad máxima del lance (m), w es volumen de agua filtrado (m^3), y c es el número de huevos o larvas en la muestra de plancton.

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

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

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

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

$$w = Q * t$$

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

$$Q = V * A$$

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

Con propósitos comparativos, se consideró los siguientes índices para la abundancia de huevos y larvas de jurel (los resultados de estos índices se comparan con los de cruceros previos para el período 1998-2008).

a) **Densidad promedio**

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

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

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 fue estimada según la expresión:

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

b) Densidad promedio en estaciones positivas

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

$$\hat{D}_{pos} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{pos}} d_{i\ pos}}{n_{pos}} \quad \text{donde } D_{pos} \text{ es la densidad promedio de las}$$

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:

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

6.3.3 Distribución espacial de huevos y larvas de jurel

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

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

Análisis estructural

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

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

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

Modelo de Variograma

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

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

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

Validación Cruzada

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

Mapeo por Kriging

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

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

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

Una vez realizada la interpolación, sólo aquellos nodos de la grilla que se encontraron dentro de los polígonos de estimación, definidos sobre la base de las estaciones positivas y negativas, se consideraron en el mapeo de la densidad y posterior estimación de la densidad media. Se utilizó el módulo Spatial Stat del *software* S-Plus 2000 para el cálculo de los variogramas experimentales, para la validación cruzada, y para el *kriging*. En el presente Informe, se analiza la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de jurel en el área de desove frente a Chile central, considerando el total de las muestras planctónicas realizadas ($n = 707$) (Figura 2). Para la confección de mapas de distribución y abundancia y asignación de categorías de densidad para huevos y larvas de jurel se utilizó el programa SURFER 8.0.

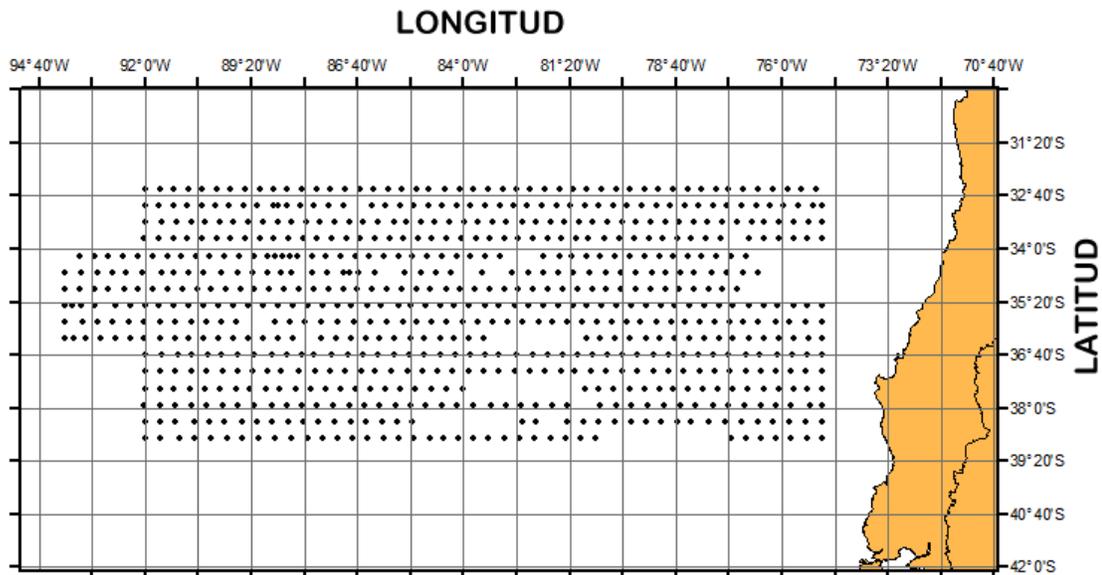


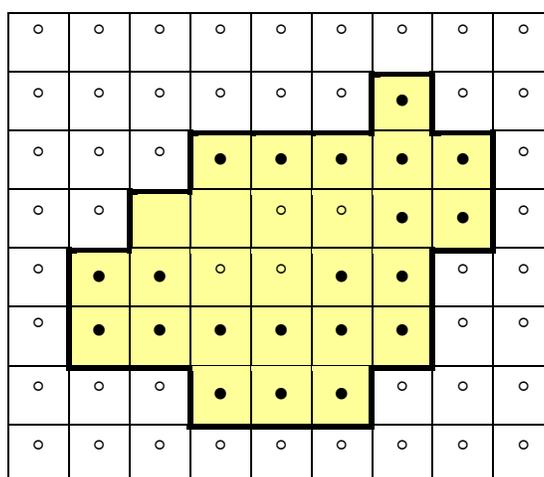
Figura 2. Distribución espacial de las estaciones planctónicas durante el crucero desarrollado el 2008.

2.3.4. Determinación de áreas de distribución de huevos y larvas de jurel

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

a) Cuantificación de las sub-áreas que representan estaciones positivas

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



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

b) Geoestadística transitiva

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

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

Por otro lado, cualquier método de estimación basado en la estadística clásica del muestreo de poblaciones finitas no está permitido pues esa teoría supone que el número total de unidades de muestreo en la población es conocido antes de la estimación. Consecuentemente, cualquier método de remuestreo exhibe de la misma deficiencia pues los datos mismos a ser re-muestreados no contienen información independiente acerca del número de datos a ser re-muestreados. Incluso, la teoría intrínseca de la geoestadística no permite una estimación del área porque en esa teoría no está definida la covarianza entre el hábitat y el proceso estocástico.

Afortunadamente, existe una rama de la geoestadística que permite cubrir este problema desde un punto de vista consistente con la teoría de estimación estadística, la

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

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

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

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

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

y su estimador geoestadístico transitivo es

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

donde x_0, y_0 son los puntos de partida de la grilla, que deben ser elegidos aleatoriamente para garantizar insesgamiento respecto del diseño (que se cumple aquí pues nuestra primera transecta fue elegida al azar dentro de cada estrato), s_x y s_y son las áreas

latitudinales y longitudinales cubiertas por cada unidad de muestreo (cada estación de muestreo dentro de cada transecta), iguales para todas las unidades (garantizado por el diseño de espaciamiento regular), y donde las sumas van hacia el infinito porque se permite el efecto de borde y de hecho el borde mismo es estimado.

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

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

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

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

7.4.4 Determinación de la distribución vertical de huevos y larvas

Con el objeto de analizar la distribución vertical de huevos y larvas, se consideró analizar cuatro estratos en la columna de agua: 0 – 25 m, 25 – 50 m, 50 – 75 m, y 75 – 100 m los cuales fueron muestreados con redes WP-2 de 0,6 m de área de boca y 0,33 mm de abertura de malla. Para analizar la distribución vertical se utilizó el método integrado, consistente en muestrear en una estación fija los diferentes estratos de profundidad. Esta actividad se realizó mediante el uso de un sistema provisto de un gatillo accionable, el cual a través de un cable de acero de 6,25 mm vía mensajero, dispuesto en un huinche de cada embarcación utilizada, permite cerrar la red WP-2 a la profundidad requerida (**Figura 3**).

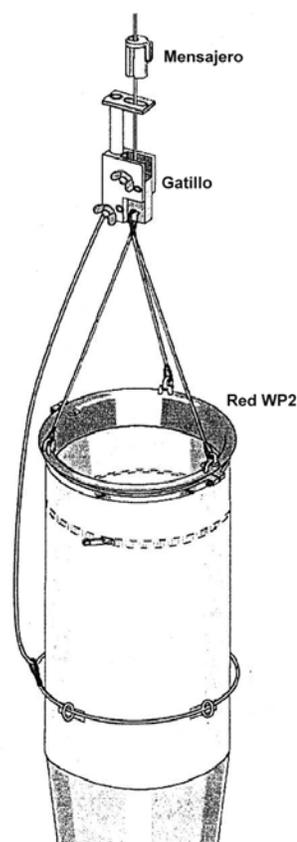


Figura 3. Sistema de cierre de la red WP2 (Gatillo + Mensajero)

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

Para ello, en la embarcación Don Edmundo, se implementó a bordo un laboratorio en el cual se instalaron lupas estereoscópicas para verificar la presencia de huevos en las muestras, previo a la realización de las minigrillas. Para lograr resultados positivos, esta embarcación se ubicó latitudinalmente en los 35°50'S, zona donde históricamente se han encontrado importantes focos de desove. Ésta ubicación se basó además en el trabajo realizado por **Cubillos et al. 2008**, el cual establece que la principal zona de desove ocurre entre los 80°W y 92W y que es máxima a los 35°S, zona asociada a aguas con temperaturas superficiales de 15-16°C.

Con estos antecedentes, se realizó un sistema de búsqueda de focos de importancia de huevos de jurel con la finalidad de realizar estas minigrillas y además encontrar un número adecuado de huevos en estadio temprano de desarrollo, para realizar experimentos de incubación.

En la embarcación Don Edmundo por lo tanto, se revisaron *in situ* las estaciones planctónicas más oceánicas de las dos transectas asignadas (6 y 9, ver **Tabla 1**), con la finalidad de encontrar esos focos. En la **Tabla 3**, se presentan los resultados de la búsqueda. Se verificó un foco de relativa importancia en el sector comprendido entre los 35°50'S y 88°-90°W, realizándose una minigrilla de muestreo en ese sector. En la transecta de regreso (9), a pesar de la búsqueda, no fue posible realizar otra minigrilla, producto de la escasa presencia de huevos en esa zona.

Tabla 3. Estaciones de búsqueda previa a la realización de la minigrilla.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Huevos	Larvas	Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Huevos	Larvas
27/11/2008	25	3550	8402	4	0	30/11/2008	56	3435	9120	0	0
27/11/2008	26	3550	8424	0	0	30/11/2008	57	3435	9117	0	0
27/11/2008	27	3550	8447	4	1	30/11/2008	58	3435	9054	0	0
27/11/2008	28	3550	8510	1	0	30/11/2008	59	3435	9031	1	0
27/11/2008	29	3550	8532	2	0	30/11/2008	60	3435	9005	0	0
28/11/2008	35	3550	8759	1	1	30/11/2008	61	3435	8941	0	0
28/11/2008	36	3550	8823	9	0	30/11/2008	62	3435	8918	0	0
28/11/2008	37	3550	8845	6	0	01/12/2008	63	3435	8856	0	0
28/11/2008	38	3550	8944	7	0	01/12/2008	68	3435	8701	0	0
29/11/2008	39	3550	9006	34	0	01/12/2008	70	3435	8614	0	0
29/11/2008	40	3550	9028	6	0	01/12/2008	71	3435	8651	0	0
29/11/2008	41	3550	9051	1	1	01/12/2008	72	3435	8525	0	0
29/11/2008	42	3550	9114	0	0	01/12/2008	73	3435	8504	0	0
29/11/2008	43	3550	9137	0	0	02/12/2008	76	3435	8332	0	0
29/11/2008	44	3550	9201	0	0	02/12/2008	77	3435	8246	0	0
29/11/2008	45	3550	9224	3	0	02/12/2008	78	3435	8223	0	0
29/11/2008	46	3550	9249	1	0	02/12/2008	79	3435	8200	3	0
29/11/2008	47	3550	9311	12	0	02/12/2008	80	3435	8137	0	0
29/11/2008	48	3550	9334	0	0	02/12/2008	81	3435	8114	0	0
29/11/2008	49	3550	9400	0	0	02/12/2008	82	3435	8050	1	0
30/11/2008	51	3550	9337	0	0	02/12/2008	83	3435	8026	0	0
30/11/2008	52	3550	9312	0	2	02/12/2008	84	3435	8003	2	0
30/11/2008	53	3436	9250	0	0	02/12/2008	85	3435	7940	1	0
30/11/2008	54	3435	9228	0	0	02/12/2008	86	3435	7917	0	0
30/11/2008	55	3435	9205	0	0						

Lamentablemente, de las 9 estaciones estratificadas, sólo una se encontraba en buenas condiciones, en el resto de las estaciones no fue posible identificar la presencia de huevos de jurel, producto de una mala fijación de estas. Los resultados de esa estación, revelaron que en el estrato superior (0-25 m), se encontró la mayor cantidad de huevos (11), en cambio en el estrato más profundo (75-100) sólo se encontraron 3 huevos, con lo cual se infiere un decaimiento de tipo exponencial de la abundancia de huevos con la profundidad. Esta tendencia es similar a la reportada en el proyecto FIP 2005-11 ([Sepúlveda et al, 2008a](#)), sin embargo y producto de la poca información disponible, no fue posible realizar un análisis más completo.

7.4.5 Experimentos de incubación de huevos de jurel

En la actualidad, se emplea un modelo temperatura-dependiente generado el año 2004 ([Arcos et al, 2005](#)) el cual está basado en incubaciones realizadas a 14, 17 y 19 °C. Si bien, las temperaturas empleadas son esperables de encontrar en el océano en época de desove, el número de observaciones no es el óptimo, por lo cual es necesario repetir esta experiencia con la finalidad de mejorar el número de las observaciones y por ende, la estimación.

Debido a lo anterior, en la propuesta técnica se comprometió la realización de experimentos de incubación a bordo de una de las embarcaciones. Se consideró realizar los experimentos de incubación de huevos a las temperaturas de 13, 16 y 20 °C.

El PAM Don Edmundo 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 el siguiente sistema de incubación:

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

-
- c) ***Termo Reguladores:*** Aparatos que permiten elevar la temperatura del agua de cada incubador hasta la temperatura deseada y mantenerla constante.

Para la realización exitosa de este experimento, es necesaria la colecta desde el mar de huevos de jurel en estadio temprano de desarrollo. Para ello, se realizó una búsqueda de huevos de jurel en zonas donde históricamente se han encontrado focos de alta abundancia (ver punto anterior).

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

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

Inicialmente, las temperaturas seleccionadas para las incubaciones fueron de 13, 16 y 20 °C. Lamentablemente, en las zonas de búsqueda de focos de abundancia de jurel, no se encontraron focos importantes de huevos de jurel en estadios tempranos de desarrollo, lo cual impidió la realización de esta experiencia.

7.4.6 Variabilidad ambiental y distribución de huevos y larvas de jurel

En el análisis de eventuales relaciones entre los huevos y larvas de jurel con respecto a variables ambientales, se indagó mediante diferentes metodologías, a saber:

a) Análisis de rangos de variables ambientales para la presencia de huevos y/o larvas de jurel en el área de estudio.

b) Análisis cartográfico entre la distribución espacial de huevos y larvas de jurel respecto de la distribución espacial de las variables ambientales medidas. Para ello, la distribución de las variables ambientales fue interpolada para llevarla a la misma resolución de la grilla espacial de huevos y larvas de jurel, proceso realizado en ambiente MatLab.

c) Aplicación del Método Aditivo Generalizado (GAM) para analizar la densidad de huevos en función de las variaciones espaciales del ambiente (relaciones no lineales). El modelo aditivo extiende el modelo lineal permitiendo que las funciones lineales de los predictores sean reemplazadas por funciones suavizadas y flexibles de estos predictores. La

forma del modelo lineal que es: $Y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta X_i + \varepsilon$ es modificada a la forma

$$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n f_i(X_i) + \varepsilon$$

donde Y es la respuesta, X_i son los predictores, α y β son constantes, y ε es el error. Los términos f_i se pueden modelar en forma paramétrica o no-paramétrica, o ambas formas se pueden combinar en un modelo semiparamétrico. Los términos no-paramétricos de la función fueron ajustados mediante suavizadores de dispersión ("*scatterplot smoothers*", **Hastie & Tibshirani, 1990**) que permiten una buena descripción de la relación entre una respuesta y un predictor sin imposición de una forma *a priori*, permitiendo un buen diagnóstico de las relaciones funcionales sugeridas por los datos (**Daskalov, 1999**).

En este caso, se utilizó un suavizador de dispersión del tipo *spline* para estimar la función no paramétrica. Se utilizó una probabilidad de distribución del tipo *Quasi-Poisson* que describe correctamente la distribución de probabilidades en conjuntos con alta ocurrencia de datos cero, como lo son datos de abundancia por estación para un muestro sistemático de organismos que se distribuyen en "parches" (**Long, 1997**). Se utilizaron como variables predictoras las variables de posición latitud y longitud, la temperatura superficial del mar (TSM, °C), la concentración de clorofila-a (mg m^{-3}), la turbulencia ($\text{m}^3 \text{s}^{-3}$), la energía cinética ($\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$), el gradiente térmico ($^{\circ}\text{C } 20 \text{ km}^{-1}$) y la intensidad del viento (m s^{-1}).

d) El análisis de rangos de preferencia ambiental para el hábitat de jurel respecto de variables ambientales seleccionadas (**Perry & Smith 1994, Perry et al. 1994**).

7.5 ESTIMACION DE PRODUCCION DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD

7.5.1 Modelos para asignar la edad a los huevos de jurel

Para la asignación de edad se emplearon dos modelos, ambos basados en los tiempos de desarrollo generados a partir de experimentos de incubación (Arcos et al., 2005).

a) Modelo de Lo, 1985:

Es un modelo temperatura dependiente, el cual estima la edad de un huevo de jurel en función de su temperatura y estadio. Esto permite, por lo tanto, obtener la edad de un huevo de jurel en un estadio de desarrollo cualquiera, desde una muestra planctónica a una temperatura de terreno determinada.

Para describir el desarrollo en función de la temperatura se emplearon los siguientes modelos:

$$Y_{i,t} = a_i e^{b_i t}$$

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

Donde:

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

i : Estadio de desarrollo

t : Temperatura

a, b, c, d : Parámetros del modelo

El modelo de Lo ha sido históricamente el modelo más empleado en la datación de huevos, sin embargo, presenta algunas falencias en su desarrollo, siendo la principal, una asunción de sincronidad del desove muy fuerte, es decir, si la edad predicha por el modelo de desarrollo \pm rango de edades del estadio es consecuente con el pico de puesta, la edad se calcula como el tiempo exacto entre el pico de puesta y la hora de muestreo. Es por ello que se ha explorado otra manera de describir el desarrollo de los huevos, analizando la información como una distribución multinomial, la cual se detalla a continuación.

b) Modelo Multinomial (Bernal et al., 2004)

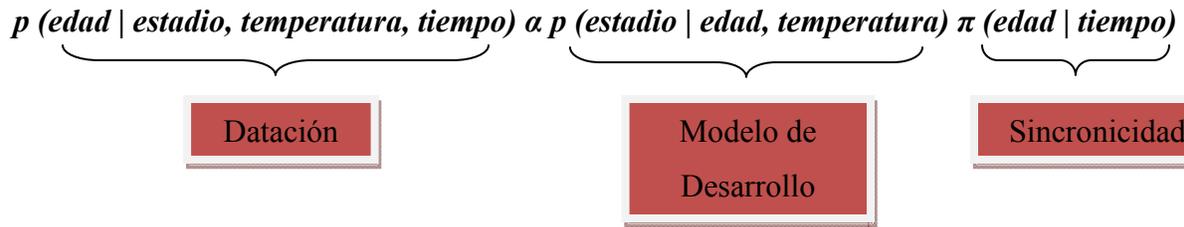
A diferencia del Modelo de Lo, este modelo incluye el conocimiento previo de la frecuencia diaria de desove en el procedimiento de datación, a través de una función de densidad probabilística (PDF) de la hora de desove. De esta manera, el error asociado a la distribución de las edades puede ser estimado e incluido en los subsecuentes análisis que involucran la estimación de edad a los huevos.

En este proceso de asignación de edad, se estima la probabilidad de que un huevo pueda permanecer en un estadio en particular a medida que la edad (dada una temperatura y hora de desove) de los huevos avanza. Este supuesto, asume que existe la probabilidad de encontrar, en una misma hora, más de un estadio de desarrollo, lo cual se acerca más a lo que realmente pasa en el desarrollo de huevos de jurel.

El modelo es representado por el siguiente modelo probabilístico:

$$p(s|a,t)$$

En donde p es la probabilidad de permanecer en el estadio S a la edad a a la temperatura t . Basándose en el Teorema de Bayes, la distribución de edades dada la información obtenida en un crucero en particular (S, t , hora de colecta), permite asignar una edad a cada estadio identificado.



Las estimaciones de ambos modelos fueron desarrolladas en R (**Development Core Team (2008)**) mediante los paquetes estadísticos *eggs* y *eggsplore*.

7.5.2 Modelo de estimación de la producción diaria de huevos

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

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

donde

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

t = Edad en días de los huevos

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

Z = Tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos

ε = Término de error aditivo.

Tradicionalmente, la estimación de la producción diaria de huevos y su mortalidad asociada se realizaba mediante un ajuste no lineal (nls). Sin embargo, se ha encontrado que los modelos lineales generalizados (GLM), permiten ajustar la curva de mortalidad de una forma más exacta, permitiendo elegir la estructura de error a partir de la familia

exponencial (poisson, binomial, negativa y gaussiana) o puede describir directamente en términos de la relación entre la media y la varianza de los datos. El GLM es útil para predecir respuestas tanto para variables dependientes discretas como continuas, las cuales pueden estar relacionadas no linealmente con las variables predictoras.

En el caso de la producción diaria de huevos, este modelo permite tratar los datos de una manera más correcta, utilizando una asunción de distribución binomial negativa, en este caso, los pesos empleados fueron el área proporcionada por cada estación y un offset equivalente al área efectiva muestreada en cada estación.

El modelo se describe de la siguiente forma;

$$Numb = offset(\log(Efarea)) + Age$$

Donde:

Numb: Abundancia de huevos

Offset: Area efectiva de cada estación (Efarea)

Age: Edad asignada a los huevos, según el modelo temperatura-dependiente a emplear.

Previo a la estimación y para conservar algunos criterios empleados en años anteriores, se realizó un corte en las edades extremas, excluyendo de la estimación a los huevos menores a 4 horas y las edades superiores corresponde al 95% de la edad de eclosión, de acuerdo a la T°C de la estación. Además, se incluyeron las estaciones negativas que se encontraban dentro del área de desove.

En el presente informe, se reportan las estimaciones de Po mediante el método tradicional por nls y uno alternativo por GLM. Además, se informan las estimaciones de Po empleando los dos modelos de edad expuestos anteriormente. Todas las estimaciones se realizaron mediante un procedimiento automatizado realizado en el programa estadístico R (**Development Core Team (2008)**), mediante los paquetes estadísticos *geofun*, *sachar*, *egg*, *eggsplore* y *MASS*.

7.5.3 Delimitación del área de desove

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

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

7.6 DISEÑO DE MUESTREO DE ADULTOS

El objetivo específicos 3.2 requiere que simultáneamente con el desarrollo del crucero de huevos se determinen parámetros relacionados con la dinámica reproductiva de ejemplares adultos. Para ello, se implementó un plan de muestreo para satisfacer los requerimientos de cada parámetro reproductivo. De acuerdo con la Oferta Técnica, se planteó analizar los siguientes indicadores reproductivos: a) Estados de madurez macroscópicos; b) Peso promedio de hembras maduras; c) Proporción sexual; d) Índice gonadosomático; e) Análisis histológico de la condición reproductiva; f) Fecundidad parcial y fecundidad media poblacional; y g) Fracción de hembras desovantes.

7.6.1 Plan crucero de adultos

Se estableció en el protocolo de muestreo la realización de 8 lances de pesca de carácter obligatorio con red de cerco en aguas abiertas (1 lance por día), distribuidos en cuatro lances de pesca en el track de ida y cuatro durante el regreso por cada embarcación. Este requerimiento se basó en que el recurso en alta mar se encuentra muy disperso, lo cual disminuye la probabilidad de pesca de tipo comercial. De esta forma, es más probable contar con un número de lances que permita describir la condición reproductiva del jurel en aguas oceánicas.

a) Muestreo aleatorio

Para cada lance de pesca se realizó un muestreo aleatorio sobre los ejemplares de jurel en la captura obteniéndose una muestra aleatoria de 300 ejemplares, a los cuales se les determinó el sexo. Los primeros 70 machos y 70 hembras fueron separados con el objeto de

realizar un análisis biológico posterior (estómagos, peso total, peso eviscerado, estado de madurez sexual). A los 160 ejemplares restantes (machos y hembras) se les midió en su longitud horquilla y se registró la frecuencia al límite inferior de intervalos de 1 cm.

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

Tabla 4. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden y Raitt, 1975).

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

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

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 puede ser muy bajo. Debido a que la fecundidad parcial se relacionará con el tamaño y peso corporal de las hembras, interesa cubrir un rango amplio de tallas y peso corporal. Se consideró como criterio buscar la mayor cantidad de hembras hidratadas en los primeros lances (60 ejemplares), y luego de contar con un número suficiente bajar a un tamaño mínimo de 30 hembras hidratadas, a las cuales se les medirá la longitud horquilla y el peso eviscerado en formularios separados. Las gónadas de estas hembras fueron guardadas en formalina al 10 % con los datos de la hembra, barco, lance y número correlativo de la planilla. Estas muestras fueron rotuladas con el nombre hidratadas para diferenciarlas del muestreo aleatorio de las gónadas que serán utilizadas para la estimación de la fracción de hembras desovantes diarias.

7.6.2 Relación longitud-peso y peso promedio de hembras maduras

Se utilizaron las mediciones de longitud horquilla (cm) y peso total (g) de los ejemplares muestreados en todos los lances para determinar la relación longitud-peso, mediante la siguiente función:

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

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

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

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

Y la varianza por:

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

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

7.6.3 Proporción sexual

La submuestra aleatoria de 70 machos y 70 hembras fue utilizada para estimar el peso promedio. Se define por y_i al número de peces de la muestra de frecuencia de tallas y \bar{R}_i a la fracción en peso de hembras maduras. Se destaca que tanto los peces maduros como inmaduros son incluidos en la estimación debido a que es imposible distinguir entre machos maduros e inmaduros. Por lo tanto, se asume que la razón de sexos, en peso, es la misma para peces maduros e inmaduros. Para ahorrar esfuerzos de muestreo, \bar{R}_i es un valor estimado más bien que un valor medido directamente.

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

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

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

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

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

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

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

La proporción total de hembras en peso fue estimada por:

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

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

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

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

7.6.4 Índice gonadosomático

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

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

donde G representa el peso del ovario y W es el peso total.

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

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

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

a) Análisis microscópicos

Las gónadas de las hembras preservadas en formalina neutralizada fueron procesadas en el laboratorio de histología de la UCSC. Previo al procesamiento histológico se registró el peso de cada par de ovarios utilizando una balanza con una precisión de 0,01 g. El proceso histológico, consistió básicamente en la preparación de cortes histológicos de 5-6 micrones de espesor los cuales fueron teñidos con hematoxilina y contrastados con eosina. La hematoxilina es el colorante más versátil y ampliamente usado en la técnica histológica y se emplea para mostrar núcleo celular, se convierte en hamateína por oxidación. La hematoxilina-eosina es un colorante nuclear (aniónico) y colorante citoplasmático (catiónico).

Las variaciones de la condición reproductiva se determinó a través del análisis de la distribución de los estados de madurez microscópicos (EMMI) de los ovarios, aplicando la escala específica basada en los criterios señalados por **Oliva et al., (1982)** (Tabla 5). La clasificación de los estados de madurez siguió el criterio de una escala de cuatro estadios, y tratándose de una especie desovante parcial, el estado más avanzado en la gónada determinó la clasificación de madurez de cada individuo. 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 5. Escala de madurez microscópica.

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

7.6.6 Fecundidad parcial por hembra madura y fecundidad media poblacional

a) Fecundidad Parcial

Para la determinación de la fecundidad parcial se aplicó el método gravimétrico descrito por **Hunter et al., 1985**, el cual se basa en el conteo de los ovocitos hidratados en una porción del ovario como estimador de la fecundidad parcial. Todos los ovarios clasificados como hidratados (E4) del muestreo dirigido así como los calificados como hidratados (E4) de los muestreos biológicos fueron sometidos a un examen histológico, para descartar aquellos ovarios con indicios de desove (presencia de FPO), para la estimación de la fecundidad.

Previo al conteo, el líquido superficial fue absorbido con papel filtro y luego se obtuvo una submuestra de la mitad más grande del ovario, tomando dos segmentos del tejido: uno del centro y otro de la parte media entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario. En cada una de las dos submuestras de 0,15 g se contabilizaron los huevos bajo microscopio estereoscópico. El promedio del número de ovocitos hidratados de las dos submuestras (**Hunter et al. 1985**) fue utilizado para estimar el número total de ovocitos hidratados del ovario mediante la siguiente expresión:

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

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

b) Fecundidad Media Poblacional

La fecundidad parcial se determinó usando las hembras hidratadas colectadas en los muestreos aleatorios y dirigidos en el área de muestreo. La relación entre la fecundidad parcial

(número de ovocitos hidratados) y el peso del cuerpo de las hembras (peso eviscerado) y la longitud horquilla (LH) se obtuvo mediante técnicas de regresión. La fecundidad media poblacional y su varianza se estimó siguiendo la metodología descrita por **Hunter et al. ,1985**:

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

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

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

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

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

7.6.7 Caracterización de los folículos postovulatorios de jurel

La caracterización de los folículos postovulatorios (FPO) se realizó sobre la base del criterio utilizado por **Hunter y Goldberg, 1980**, donde cada ovocito hidratado está rodeado por un folículo alargado y fino, una capa epitelial de células granulosas y una única capa externa de tejido conectivo de células con algunos capilares sanguíneos. Durante la ovulación los ovocitos completamente hidratados son liberados desde sus folículos. El folículo vacío o FPO no se fragmenta y se mantiene íntegro en el ovario, sin embargo, éste se deteriora rápidamente y es prontamente absorbido. Para utilizar los FPO en la estimación de la frecuencia de desove es necesario dividir el proceso de deterioración y reabsorción del folículo en series de estadios histológicos diferentes, cada uno con una edad asignada. Los criterios para clasificar por edad a los FPO se basaron en la hora de colecta, hora de desove y en los diferentes estadios de degeneración por los que ellos atraviesan, la definición de éstos se llevó a cabo sobre la base de criterios discretos de las características citológicas y morfohistológicas del folículo (tamaño, forma aparente, aspectos de las células de la granulosa y del lúmen).

En la clasificación por edades de los FPO se utilizaron los criterios citológicos y morfohistológicos propuestos por **Hunter y Goldberg, 1980** para *Engraulis mordax* y por **Macewicz y Hunter, 1993** para *Trachurus symmetricus*, asumiendo que dichos criterios y cambios estructurales son similares a los que experimentan los FPO de jurel (**Tabla 6**).

Tabla 6. Clases de folículos postovulatorios con sus respectivas características.

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

7.6.8 Fracción de hembras desovantes

La fracción diaria de hembras desovantes se determinó según [Santander et al.,1984](#), quienes establecen que cuando el muestreo de hembras hidratadas o de hembras con FPO de día 1 ó de día 2 no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes en el lance *i* puede ser estimado por:

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

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

Y cada uno de los términos corresponden a:

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

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

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

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

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

S_i = Fracción desovante en el lance *i*.

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

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

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

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

Y la fracción desovante de hembras de día 2 es:

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

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

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

Finalmente, la estimación de la fracción de hembras desovantes diarias para el lance i se realizó promediando las ecuaciones (43) y (44), mediante la siguiente expresión:

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

La fracción de hembras desovantes promedio se estimó según:

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

Con varianza igual a:

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

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

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

7.6.9 Determinación de la talla de primera madurez sexual

Uno de los parámetros utilizados como medida de regulación en el jurel es la talla mínima de extracción, fijada actualmente en 26 cm LH. Sin embargo, en los últimos años no ha sido evaluada y particularmente mediante la utilización de EMS microscópico, metodología que es más exacta que las observaciones macroscópicas. Por lo anterior, se ofertó estimar la Talla de Primera Madurez sexual del jurel sobre la base de los EMS determinados por histología ovárica.

La estimación de la talla de primera madurez sexual, se realiza mediante la asignación de individuos maduros e inmaduros considerando los estados de madurez diagnosticados en forma microscópica de las gónadas. De esta forma se incluyen como maduros a todos aquellos ejemplares con ovarios que presentan ovocitos en maduración o con algún grado de formación de vitelo. En la estimación se aplica el criterio de L_{50} , que corresponde a la longitud donde el 50% de las hembras se encuentran maduras, para lo cual se utiliza el ajuste mediante una función logística.

La expresión que describe la curva de madurez según la función logística es:

$$P(l) = \frac{1}{1 + e^{(\beta_1 + \beta_2 * l)}}$$

Donde: $P(l)$: proporción de individuos maduros a la longitud " l "; y β_1 y β_2 : coeficientes de posición de la función logística (constantes)

Posteriormente, el cálculo de la talla de la primera madurez deriva de la siguiente expresión que representa la talla a una proporción de madurez dada:

$$l_p = \frac{1}{\beta_2} \ln\left(\frac{1}{P} - 1\right) - \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

Donde: los parámetros β_1 , β_2 fueron definidos previamente, P corresponde a la proporción de madurez y l_p representa la longitud a una proporción de madurez dada (**Hosmer & Lemeshow, 1989**). La expresión anterior permite determinar la talla de primera madurez sexual utilizando para ello el criterio $L_{50\%}$, asumiendo entonces que $P = 0,5$, por lo que la expresión anterior se simplifica y queda reducida a:

$$l_{50\%} = - \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

Finalmente, el intervalo de confianza asintótico es obtenido utilizando el método "Bootstrap percentil", a través de la técnica de simulación Monte Carlo incluida en el algoritmo MATSIM (**Roa et al. fide Roa & Tapia, 1998**).

Lamentablemente, el rango de tallas de este crucero correspondió a una fracción adulta por sobre los 30 cm de LH, lo cual impidió realizar esta estimación.

7.7 ALIMENTACIÓN

7.7.1 Obtención de las muestras

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

El número total de estómagos obtenido y la información relativa a cada lance de pesca se presentan en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Bitácora de pesca indicando nombre de la embarcación, número de lance, latitud, longitud, hora, número de estómagos extraídos y porcentaje de estómagos con contenido.

Barco	Lance N°	DD	MM	AA	Posición		Hora	N° Muestra	Estómagos % c/contenido
					Latitud	Longitud			
Don									
Edmundo	2	5	12	2008	2642	7107	13:21	59	5,9
Don									
Edmundo	1	27	11	2008	3551	8557	17:35	53	51,1
Don Mauro	1	28	11	2008	3525	8813	21:00	59	41,8
Gardar	3	1	12	2008	3730	8837	22:12	3	100,0
Malleco	2	28	11	2008	3615	8745	10:40	49	91,8
Tridente	1	30	11	2008	3756	8826	19:24	99	93,8
Chivilingo	1	28	11	2008	3820	8906	09:56	38	2,6

El análisis e identificación del contenido estomacal de la especie objetivo se realizó considerando el nivel taxonómico más bajo posible, dependiendo del grado de digestión de

los recursos alimentarios, utilizando para ello un estereoscopio marca Zeis de amplificación 10x. El bolo alimenticio fue analizado utilizando los métodos gravimétricos, numérico y de frecuencia de ocurrencia. (Hynes, 1950). Aquellos ítems con un alto grado de digestión que imposibilitaron su identificación, se agruparon en categorías más amplias (restos de crustáceos, teleósteos en el caso de los peces y restos de cefalópodos).

El análisis e identificación de los recursos alimentarios, se realizó por conglomerados clasificados arbitrariamente en seis grupos de tamaño que representan la totalidad de los ejemplares capturados, según:

Grupo	Longitud Horquilla (cm)	
	Desde	Hasta
I	<30	30
II	31	35
III	36	40
IV	41	45
V	46	50
VI	51	>51

a) Índice de Importancia Relativa

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

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

b) Similitud Trófica

La similitud trófica en los estómagos fue determinada mediante el cálculo de similitud de Czekanowski, o Bray-Curtis, también conocido como índice de similitud porcentual

(**Bloom, 1981**). El análisis de similitud trófica consideró componentes entre grupos de tamaños y resultados de cruceros anteriores.

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

donde: \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 sobre posición, por lo que se considera más ventajoso en este tipo de estudios.

En los análisis sólo se consideraron las presas que aportaron con más del 1% en peso del contenido estomacal total. Para la construcción de los dendrogramas se utilizó el criterio de enlace de pares no ponderados, utilizando promedios aritméticos (**Sneath y Sokal, 1973**). La significancia de agrupamiento se determinó mediante la metodología desarrollada por **Arancibia (1988)**, que consiste en obtener el promedio de las similitudes entre pares de variables para la matriz de similitud.

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

7.8 CARACTERIZACION ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL

La prospección acústica se desarrolló entre el 24 de noviembre y 10 de diciembre del 2008, fecha en que recaló la última embarcación participante. En el desarrollo del crucero de investigación se realizaron las siguientes actividades: prospección acústica, pesca de identificación, caracterización ambiental (temperatura superficial y perfiles térmicos), estaciones de plancton vertical estratificado y muestreo biológico de las capturas de jurel.

7.8.1 Zona de estudio y plan de muestreo de la ecoprospección

La zona de estudio se extendió en sentido latitudinal desde los 32°30' S hasta los 38°45' S y en sentido longitudinal desde los 75°00'W hasta los 94°00'W (1.140 mn promedio) (**Figura 4**), abarcando una superficie aproximada de 342.135 mn². La zona fue explorada por 8 embarcaciones de empresas pesqueras que operan en la pesquería del jurel centro-sur, realizándose 16 transectas perpendiculares a la costa distanciadas por 25 millas náuticas entre una y otra (**Tabla 8; Figura 4**).

Tabla 8. Embarcación, armador y transectas programadas para la zona de estudio, noviembre - diciembre 2008.

Embarcación	Armador	Latitud Transectas
Yagán	Pesquera Camanchaca S.A.	32° 30' LS y 33° 20' LS
Ventisquero	Pesquera San Jose S.A.	32° 55' LS y 33° 45' LS
Don Mauro	Alimentos Marinos S.A.	34° 10' LS y 35° 05' LS
Don Edmundo	Pesquera Itata S. A.	34° 35' LS y 35° 25' LS
Malleco	Southpacific Korp S. A.	36° 15' LS y 36° 40' LS
Tridente	Tripesca S. A.	36° 05' LS y 37° 55' LS
Chivilingo	Pesquera Foodcorp S. A.	38° 20' LS y 37° 05' LS
Gardar	Pesquera Bio Bio S.A.	38° 45' LS y 37° 30' LS

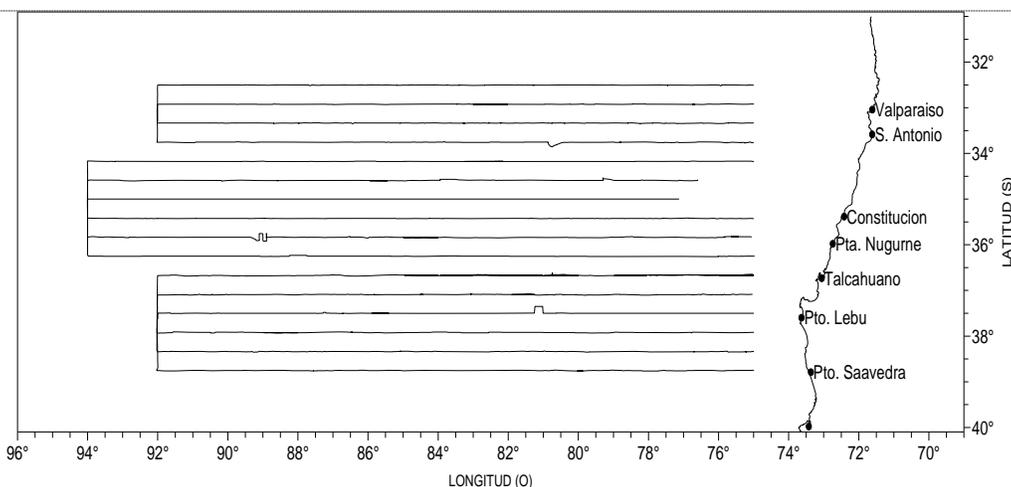


Figura 4. Distribución de las transectas en la zona de estudio, noviembre - diciembre 2008.

La ecoprospección se efectuó con los equipos acústicos (ecosonda y sonar) de las embarcaciones, registrándose la información proveniente del ecosonda según niveles de abundancia y tipos de ecotrazos, la observación del equipo fue continua discretizada para efecto del análisis en unidades básicas de muestreo (UBM) de 6 minutos, valor que corresponde al tiempo que demora una embarcación en recorrer una milla náutica a una velocidad de 10 nudos. Se aplicó el diseño de prospección propuesto por **Barbieri et al., (1998)**, que considera los procedimientos de diseño del crucero y análisis propuesto por el ICES (**Simmonds et al., 1991** y **MacLennan and Simmonds, 1992**).

7.8.2 Ecosonda

Para cada ecotrazo registrado, se determinó su posición (latitud y longitud) y profundidad superior e inferior, clasificándose las agregaciones por tipo de ecotrazo (**Figura 5**) y niveles de abundancia acorde a la probable captura esperada (NCE) si se realizaba un lance, esto según el juicio experto del patrón de la nave, de acuerdo a la siguiente escala:

Categoría	Abundancia	Nivel de captura esperada (NCE)
1	Baja	< 20 t
2	Media	21 a 200 t
3	Alta	> 200 t

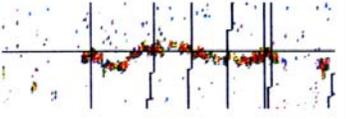
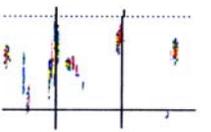
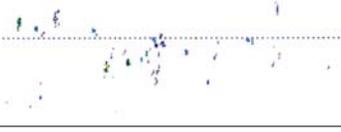
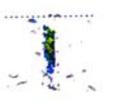
1) Cardumen	
2) Estrato denso	
3) Estrato medio	
4) Estrato disperso	
5) Disperso	
6) Individual	

Figura 5. Tipos de ecotrazos de jurel

7.8.3 Sonar

Para el caso del sonar, los registros detectados se clasificaron en niveles de abundancia (alta, media y baja), considerando los mismos rangos utilizados para el ecosonda. El sonar fue operado con los siguientes controles: ángulo de barrido 360°, rango de búsqueda 1.500 m, ángulo de incidencia 3° (tilt), ganancia (TVG) intermedia.

7.8.4 Distribución espacial de las agregaciones de jurel

La cartografía de la distribución del jurel, en la zona prospectada, se efectuó de acuerdo a lo propuesto por **Simard et al (1992)**, considerando un ploteo de los datos categorizados por nivel de abundancia.

La prospección acústica durante el periodo reproductivo del jurel históricamente se ha realizado entre los 32°50' S y 38°50' S, sin embargo en el presente crucero el área de estudio estuvo comprendida entre las latitudes 32°30' S y 38°45' S. Con el fin de facilitar el análisis de los resultados y su comparación con estudios anteriores, el área explorada se dividió al igual que en estudios anteriores en cuatro macrozonas cuyos límites geográficos se entregan en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Macrozonas históricas consideradas en el estudio, noviembre- diciembre 2008.

Macrozonas	Limite Longitudinal	Limite Latitudinal
Norte – Costero	74°00' W – 84°00' W	30°00' S -36°00' S
Norte - Oceánico	Mayor a 84°01' W	30°00' S -36°00' S
Sur – Costero	74°00' W – 84°00' W	36°01' S -38°50' S
Sur – Oceánico	Mayor a 84°01' W	36°01' S -38°50' S

Las prospecciones realizadas en el periodo 1997 y 2008 han tenido distintos diseños y estos se pueden dividir en dos etapas, la primera incluye los cruceros de los años 1997 y 1998, en la que se efectuaron transectas tipo zig-zag y la segunda entre 1999 y 2008 en que se realizaron transectas perpendiculares a la costa. Como la superficie prospectada entre cruceros difiere en ubicación y tamaño, fue necesario estandarizar los resultados estimando índices como el índice de cobertura (IC) (**Castillo y Robotham 2004**), el índice de presencia de ecotrazos (IPE) y el número de cluster por milla náutica lineal.

a) Índice del nivel de abundancia de las agregaciones

Como un índice de abundancia de las agregaciones se estimó el índice del nivel de abundancia de las agregaciones o ecotrazos (INAC), el que se estimó por macrozonas y para el área total explorada de acuerdo a la siguiente formulación:

$$INAC = \frac{\sum_{i=1}^3 (N_i \times Cat_i)}{\sum N_i}$$

Donde

INAC = Índice de nivel de abundancia de las agregaciones

N_i = Número de agregaciones de la categoría (i)

Cat_i = Niveles de abundancia de las agregaciones: 1 (Baja), 2 (Media) y 3 (Alta)

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

A partir de la información obtenida con el ecosonda y sonar en la ecoprospección del área de estudio, se determinó el índice de cobertura (IC), que representa la cantidad de UBM positivas registradas en una unidad de distancia recorrida:

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

Donde:

$UBM^{(+)}$ = número de unidades básicas de muestreo con recurso jurel

UBM = número de unidades básicas de muestreos en el área

También se estimó el IC por macrozona, tipo de agregación, tipo de abundancia y periodo del día de acuerdo a la siguiente formulación:

$$IC (\%) = \frac{\sum_{n=1}^{Ni} UBM_{h,a,p,m}}{\sum_{n=1}^N UBM} \times 100$$

Donde:

h = corresponde al tipo de agregación (cardumen, estrato, disperso e individual).

a = Al nivel de abundancia de la agregación (baja, media y alta).

p = periodos del día (orto, día, crepúsculo, noche).

m = macrozona.

El índice de cobertura (IC) ha sido empleado como un indicador del uso del espacio por parte del stock de jurel (**Córdova et al., 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004 y Barbieri et al., 1998**), como también en las pescas de Investigación "Determinación de la distribución espacial de jurel entre la V y X Regiones, entre los años 2003 y 2006" (**Barbieri et al., 2003; 2004, 2005, Bahamonde et al., 2006a, 2006b 2007**), estudios que fueron utilizados para establecer el área de estudio para el crucero de evaluación hidroacústica de jurel.

Para comparar los índices de cobertura entre los distintos periodos del día se calculó un índice de cobertura (IC_{st}), el cual se estimó mediante la ponderación del índice de cobertura (IC) por la fracción de intervalos positivos registrados en cada período (orto, día, crepúsculo, noche) referidos a una hora como:

$$IC_{st} = (P_p) * IC$$

$$P_p = \frac{\sum \frac{UBM_p^+}{UBM^+}}{H}$$

Donde:

P_p = Ponderador del período "p" del día.

UBM_p^+ = número de registros (UMB) positivas de jurel en el período p.

UBM^+ = número total de unidades con ecotrazos de jurel.

H = duración del período considerado (horas).

c) Índice de cobertura de huevos (ICH)

También se estimó el ICH por macrozona, de acuerdo a la siguiente formulación:

$$ICH (\%) = \frac{\sum_{n=1}^{N_i} EST_m^+}{\sum_{n=1}^N EST} \times 100$$

Donde:

ICH = índice de cobertura de huevos.

EST^+ = número de estaciones con presencia de huevos de jurel.

EST = número total de estaciones.

M = macrozona

d) Índice de presencia de ecotrazos (IPE)

Este índice (IPE) corresponde al número de agregaciones presentes por milla náutica lineal. Los ecotrazos se agruparon en clusters considerando el número de cardúmenes observados por unidad de distancia, clasificándose la información en cluster simple (CS)

cuando se registraron menos de 1,5 ecotrazos por milla náutica y clusters complejos (CC) cuando el número de ecotrazos fue mayor.

6.7.5 Morfología de las agregaciones y distribución batimétrica

a) Altura y profundidad de las agregaciones

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

$$A = Z_{\text{inf}} - Z_{\text{sup}}$$

La altura promedio de las agregaciones en el crucero por tipo de ecotrazo (j) estuvo dada por:

$$A_{\text{prom } j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} A_{ji}}{\sum_{i=1}^{n_i} Nte_{ji}}$$

Donde

A_{ij} = Altura del ecotrazo

Nte_{ij} = Número total ecotrazos

La profundidad de los ecotrazos en cada UBM se determinó de la lectura de los ecogramas y su profundidad promedio estuvo dada por:

$$Z_{\text{prom}} = ((Z_{\text{inf}} + Z_{\text{sup}}) / 2) + C$$

donde:

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

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

C = calado medio de la embarcación en m.

b) Distribución batimétrica de las agregaciones

La distribución batimétrica y temporal del jurel se describió para los tipos de ecotrazos (cardúmenes, estratos, disperso e individual) y niveles de abundancia (alta, media y baja) considerando la posición batimétrica de los ecotrazos en un ciclo de 24 horas. Este ciclo comprende cuatro periodos: orto (5:48 a 7:48 hr), día (7:48 a 19:57 hr), crepúsculo (19:57 a 21:59 hr) y noche (21:59 a 5:48 hr), para realizar la subdivisión se tomó la latitud media y la fecha media de la prospección, se empleó la tabla solunar publicada por (www.basslucio.com). Para comparar los IC durante el ciclo nictemeral se estandarizó a 1 hora, lo que permite hacer comparable los diferentes periodos.

7.8.5 Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel y huevos (1998-2008).

Se compararon 11 cruceros que se realizaron a fines de primavera, entre los años 1997 y 2008 (**Tabla 10**). Con el fin de realizar el análisis multitemporal, para cada crucero se consideraron las siguientes variables.

- Superficie explorada en mn^2
- Índice de cobertura por tipos de ecotrazos (cardumen, estrato, disperso e individual), por macrozonas.
- Índice de cobertura por niveles de abundancia de los ecotrazos (baja, media y alta), por macrozonas
- Morfología (profundidad y altura) de los ecotrazos de jurel
- Índice de presencia de ecotrazos (IPE) y cluster
- Centro de gravedad de la distribución
- Profundidad y altura media de los ecotrazos por macrozonas y área de abundancia de huevos

- Índice sintético de presencia de huevos
- Índices de concentración (curva de Lorenz e Índice de Gini)
- Tipo y nivel de abundancia de las agregaciones por macrozonas y área de abundancia de huevos
- Índice de nivel de abundancia de las agregaciones (INAC), y composición de los niveles de abundancia, por macrozona y área total

Tabla 10. Principales características de los cruceros realizados en el período reproductivo entre los años 1997 y 2008.

Crucero Período	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Area Total (mn ²)	Millas Náuticas lineales	Nº Barcos	Tipo de muestreo	Distancia entre transectas
Nov. 1997	36°00' – 40°00'	74°54' – 84°00'	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	Cajón	18 mn
Nov. 2000	32°06' – 37°48'	75°00' – 92°00'	306.327	16.134	10	Cajón	18 mn
Nov. 2001	32°05' – 37°50'	75°00' – 90°00'	288.406	14.405	9	Cajón	18 mn
Nov. 2003	33°00' – 38°00'	75°00' 92°00'	240.000	12.714	8	Cajón	18 mn
Nov. 2004	31°40' – 38°00'	75°00' - 92°00'	317.340	16.705	10	Cajón	18 mn
Nov. 2005	31°40' – 38°40'	75°00' - 92° 00'	266.746	14.032	9	Cajón	20 mn
Nov. 2006	32°50' – 38°50'	75°00' - 92°00'	242.380	14.491	9	Cajón	20-25 mn
Nov – Dic 2007	30°00' – 35°50'	74°00' 92°00'	270.351	8.223	5	Cajón	25-75 mn
Nov – Dic, 2008	32°30' – 38°45'	75°00' – 94° 00'	342.135	13.685	8	Cajón	25

Con el fin de realizar el análisis multitemporal, para cada crucero se consideraron las siguientes variables.

- Superficie explorada en mn²
- Índice de cobertura por tipos de ecotrazos (cardumen, estrato, disperso e individual), por macrozonas.
- Índice de cobertura por niveles de abundancia de los ecotrazos (baja, media y alta), por macrozonas

-
- Morfología (profundidad y altura) de los ecotrazos de jurel
 - Índice de presencia de ecotrazos (IPE) y cluster
 - Centro de gravedad de la distribución
 - Profundidad y altura media de los ecotrazos por macrozonas y área de abundancia de huevos
 - Índice sintético de presencia de huevos
 - Índices de concentración (curva de Lorenz e Índice de Gini)
 - Tipo y nivel de abundancia de las agregaciones por macrozonas y área de abundancia de huevos
 - Índice de nivel de abundancia de las agregaciones (INAC), y composición de los niveles de abundancia, por macrozona y área total

Para el caso de los huevos de jurel, al igual que en los estudios anteriormente realizados, se definieron tres estratos de densidad; densidad baja (<1 ind/10m²), densidad media (1 – 499 ind/10m²) y densidad alta (≥ 500 ind/10m²). Para cada estrato de densidad de huevos (por crucero) se estimó el IC por tipo de ecotrazo (cardumen, estrato, disperso e individual), por niveles de abundancia de los ecotrazos (baja, media y alta), profundidad y altura de los ecotrazos.

Con fines de la comparación se emplearon además los siguientes índices:

a. Índice sintético del área de presencia de huevos

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

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

donde:

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

ST = superficie en mn² del área de distribución de jurel.

b. Índice de agregación

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

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

Donde:

$$X_i = 1/N$$

$$Y_i = \text{Porcentaje acumulado del área}$$

$$\Delta X_i = X_i - X_{i-1}$$

7.8.6 Análisis de estructura espacial y asociaciones

Para estimar el tamaño de la estructura espacial de la abundancia de jurel y la densidad de huevos se empleó el enfoque geoestadístico (**Rivoirard et al; 2000**), se estimó el semivariograma que entrega una descripción detallada del modelo espacial global, que establece la correlación como una función de la distancia midiendo desigualdad promedio entre los datos de los puntos de muestreo separados por la distancia del vector h . Se estimó como la mitad de la diferencia media entre los componentes de cada par de datos,

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{N=h} (z(x_i) - z(x_i+h))^2$$

$z(x_i)$ = valor muestral de la variable en estudio en una localización (x_i) y $z(x_i+h)$ es el valor muestral de la misma variable en un punto distante h del anterior y $N(h)$ = número de pares de datos separados a una distancia h .

Por lo general, los variogramas experimentales muestran fluctuaciones que dificultan su interpretación, **Rivoirard et al, 2000** sugieren entre otros métodos, aplicar la función logarítmica a la variable en estudio, siendo necesario realizar una transformación posterior que permita estimar la estructura espacial del semivariograma (**Rivoirard. et al, 2000**).

$$\gamma(h) = (m^2 + \text{var}(Z))(1 - \text{Exp} - (\sigma^2 \gamma_L(h) / \text{var}(L)))$$

$$\sigma^2 = \log(1 + \text{var}(Z) / m^2)$$

Donde m es la media de $Z(x)$, L es la transformación logarítmica de la variable y $\gamma_L(h)$ es la estructura de la variable transformada.

El semivariograma permite obtener un modelo de ajuste teórico apropiado con propiedades matemáticas conocidas, el cual se emplea para interpolar las cartas de distribución del jurel y de los huevos, considerando indicaciones acerca del patrón de distribución del jurel a gran escala como son:

Modelo esférico:

$$\gamma(h, \theta) = \begin{cases} 0, & |h| = 0 \\ c_0 + c \left\{ (3/2)(|h|/a) - (1/2)(|h|/a)^3 \right\}, & 0 < |h| \leq a \\ c_0 + c & |h| > a \end{cases} \theta$$

Modelo exponencial:

$$\gamma(h, \theta) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ c_0 + c \{ 1 - \exp(-h/a) \}, & h \neq 0 \end{cases}$$

Modelo gaussiano:

$$\gamma(h, \theta) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ c_0 + c \left\{ 1 - \exp(-|h|^2/a^2) \right\}, & h \neq 0 \end{cases}$$

Donde, c_0 corresponde a la variabilidad de microescala, c representan la varianza estructural de los respectivos modelos de variogramas y "a" el rango o distancia hasta la cual los datos presentan correlación.

El ajuste del variograma experimental a un modelo teórico, se efectuó utilizando 3 criterios que fueron:

-RSS (residuals sums squares) proporcionado por el software GS+, entrega una medida del ajuste del modelo a los datos, el menor valor de este criterio entrega el mejor ajuste.

-WSS (weighted sums squares) de acuerdo a la propuesta de **Cressie (1985)**, (**Ribeiro y Diggle, 2006**) mediante el método de los mínimos cuadrados minimizando la función:

$$WSS = \sum_h w(h) \left[\frac{\gamma(h) - \gamma^*(h)}{\gamma^*(h)} \right]^2$$

Donde $w(h)$ es el número de pares utilizados en el cálculo del semivariograma, $\gamma(h)$ es el semivariograma experimental y $\gamma^*(h)$ es el modelo ajustado

Gof (Goodness of fit) (**Rivoirard et al, 2000**):

$$Gof = \frac{\sum_h w(h) [\gamma(h) - \gamma^*(h)]^2}{\sum_h w(h) [\gamma(h)]^2}$$

Donde $w(h)$ es el número de pares utilizados en el cálculo del semivariograma, $\gamma(h)$ es el variograma experimental y $\gamma^*(h)$ es el modelo ajustado. La cercanía del índice Gof a 0, indica un mejor ajuste.

a) Profundidad y Condiciones oceanográficas asociadas.

Para relacionar la profundidad registrada de la agregación con la abundancia de jurel y la temperatura superficial del mar (TSM), variable que representa la condición oceanográfica, con la densidad de huevos se estimaron los semivariogramas cruzados como diferencia entre los incrementos de $z_\alpha(x_i) - z_\beta(x_i + h)$:

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

Donde z_α y z_β son los valores de variables jurel y TSM en el punto de muestreo. La meseta del semivariograma experimental cruzado muestra la magnitud de la correlación

entre las dos variables y el rango representa la dependencia espacial cruzada a pequeña y gran escala.

b) Análisis de correlación espacial

Para comparar y medir el efecto de la estructura espacial entre las variables consideradas (distribución de jurel y de huevos) se calcularon dos índices que permiten describir la correlación espacial.

- Índice de dependencia espacial (Rivoirard et al, 2000)

Este índice se calculó para la distribución de jurel y huevos según la siguiente formulación:

$$Spd = (1 - co / ((co + c))) * 100$$

A mayor valor de este índice (rango 0-100) mayor dependencia espacial.

- Dimensión fractal (Dubois et al, 2002).

Se aplicó la propuesta basada en la dimensión fractal D del estadístico Hausdorff-Besicovich de correlación espacial estimado de la pendiente de la relación log-log del semivariograma.

$$D = 2 - 1/2 * (\log(\text{semi varianza } \gamma(h)) / \log(\text{dis tan cia}(h)))$$

D varía entre 1 (fuerte correlación espacial con pendiente igual a 2) y 2 (sin correlación espacial, con pendiente igual a 0)

7.9 ESTIMACION DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL

Para la estimación de la Biomasa desovante, se aplicó el modelo desarrollado por **Stauffer y Picquelle (1980)**:

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

donde:

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

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

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

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

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

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

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

$$+ \frac{COV(RF)}{RF} + \frac{COV(RS)}{RS} + \frac{COV(SF)}{SF}$$

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

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

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

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

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

7.10 COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE

Una actividad a desarrollarse en el marco de la sobre-oferta, fue la obtención de la estructura longitud-edad de la población desovante de jurel, la cual se obtuvo a partir de la recolección de otolitos a partir de las muestras generadas en los lances de pesca.

El desarrollo metodológico de este estudio se basó principalmente en el trabajo desarrollado por **Uriarte (2001)**, el cual se detalla a continuación:

7.10.1 Muestreo

De acuerdo con **Uriarte (2001)**, el muestreo de ejemplares adultos es un requisito básico para convertir los estimados de producción de huevos en biomasa para sus respectivas edades. El muestreo es bietápico correspondiendo los otolitos a una submuestra del muestreo biológico de adultos. Además de la extracción de los otolitos saculares de machos y hembras para cada pez se registró la longitud de horquilla (cm) y peso total (g) y estado de madurez sexual.

Las frecuencias de longitud analizadas para el estudio de edad correspondieron a lances de 6 barcos, sin embargo, dado que muchos de estos lances presentaron un bajo número de ejemplares (< de 50) se decidió agrupar las frecuencias de longitudes por barco, de manera que se contó con 6 distribuciones de longitud horquilla con un total de 611 ejemplares para ambos sexos (235 hembras y 376 machos) con un rango de longitud horquilla de 30 – 47 cm en machos y 33 - 43 cm en hembras.

Para efectos de determinación de edad se contó con una muestra total de 508 otolitos colectados a bordo de las embarcaciones que realizaron el estudio (223 hembras y 285

machos). Finalmente, las CET se construyeron con 223 otolitos para hembras correspondientes a los estados 3-5 de de madurez sexual.

Los otolitos fueron almacenados en bolsas de papel etiquetadas y con la información correspondiente al pez (longitud horquilla, sexo, etc.), siendo posteriormente leídos en el laboratorio previa una hidratación en agua corriente por un tiempo de alrededor de 3 horas, ya que su hidratación es rápida. Se ha determinado que un periodo mayor hace perder nitidez de los anillos de crecimiento como se comprobó en estudios anteriores ([Aguayo, 2005, 2006](#)).

Las lecturas de edad a partir de los otolitos se realizaron con lupas estereoscópicas con aumento 10x1, provista de micrómetro ocular con 100 divisiones (d.m.o.) para mediciones de los anillos de crecimiento (1 d.m.o.= 0.01mm).

7.10.2 Abundancia en número por grupo de edad

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

$$NSD_a = NSD * P_a = (BSD_d / W_t) * P_a$$

NSD_a : número estimado del stock desovante por grupo de edad

NSD : número estimado del stock desovante total

BSD_d : estimado de biomasa del stock desovante

W_t : peso promedio de hembras maduras de jurel en la población

P_a : frecuencia relativa (número) a la edad en la población.

La estimación de la media y varianza respectiva del peso total y la proporción por edades, fue realizada en base a lo propuesto por [Uriarte \(2001\)](#) y que se deriva aplicando el método delta ([Seber 1982 fide Uriarte., 2001](#)).

En general, la media de un parámetro estimado a partir de (n) muestras obtenidas de manera aleatorio correspondió a:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n M_i y_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

y su varianza a:

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

donde:

Y : media de un parámetro de adulto

y_i : valores de observación en la muestra i

M_i : factor ponderador de la muestra i representado por el tamaño.

n : número de muestras.

7.10.3 Proporción a la edad (P_a)

La estimación de P_a mediante una CET tiene dos posibilidades que son similares y que están expresadas en la ecuación (4), la primera y que es usualmente aplicada utiliza el muestreo de longitud de todas las muestras (i) para estimar la distribución de frecuencias de longitud de la población P_l (frecuencia relativa), a través de una adecuada ponderación de las muestras, las que se consideran proporcional a la abundancia de la población en número representada por la muestra (M_i). Luego la CET (q_{al} o proporción de edad "a" a la talla l) se aplicó a la distribución para estimar la proporción por grupo de edades de la población o stock desovante de hembras. La segunda posibilidad que se exploró fue aplicar la única CET disponible a cada muestra por lance, no obstante presentar una baja representación para obtener estimados de P_a para cada muestra (P_{ai}), para luego promediar las muestras

totales con factores ponderadores proporcionales a la abundancia de la población en número representadas por la muestra (M_i).

Las posibilidades de estimación de la proporción a la edad "a" en la población están expresadas en la siguiente ecuación:

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

donde:

q_{al} : proporción de edad "a" para el estrato de longitud "l"

P_{li} : frecuencia relativa en número de "l" en la muestra "i"

P_{ai} : frecuencia relativa en número por grupo de edad "a" en muestra "i"

M_i : factor ponderador proporcional a la abundancia en el número de individuos por muestra.

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

La varianza usada para la primera aproximación es dada por:

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

Los tres componentes de la varianza de la ecuación 5 corresponden a la variabilidad, en primer lugar, a la longitud entre muestras, luego a efectos cluster o covarianza de

longitudes dentro de las muestras, y el tercero a la incertidumbre asociada a la clave edad-talla. El segundo término de la varianza desaparece si se supone distribución de longitud multinomial. El tercer término incluye una corrección de población finita por longitud $(1-f_{2l})$ para el caso cuando los otolitos se obtienen de los individuos que dan origen a la distribución de longitud, no obstante en la mayoría de los casos esta corrección es insignificante y puede omitirse (Uriarte, 2001). Para comprobar que en el caso de jurel se cumplen las suposiciones planteadas anteriormente, la varianza de P_a se estimó con los tres términos.

Para la segunda aproximación cuando se trabaja con proporciones por grupo de edad y por muestra por lance se utiliza una expresión equivalente:

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

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

7.10.4 Abundancia por grupo de edad en el stock desovante

La abundancia por grupo de edad (NSD_a) se calculó con la ecuación:

$$NSD_a = NSD * P_a = \sum_{l=1}^L N_l \cdot q_{al}$$

donde NSD es el número total del stock desovante.

La varianza de NSD_a se estimó como:

$$Var(NSD_a) = (NSD)^2 * Var(P_a) + P_a^2 * Var(NSD)$$

7.10.5 Peso medio a la edad

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

$$W_l = 0,006 \cdot LH^{3,163} \quad r^2 = 0,945$$

Para los machos esta relación es:

$$W_l = 0,011 \cdot LH^{2,984} \quad r^2 = 0,949$$

Para estimar el peso promedio por grupo de edad se usó la siguiente ecuación:

$$W_a = \frac{\sum_{l=1}^L P_l \cdot q_{al} \cdot W_l}{\sum_{l=1}^L P_l \cdot q_{al}}$$

Para estimar la varianza de W_a se usó la expresión:

$$Var(W_a) = \sum_{l=1}^L \frac{(P_l \cdot q_{al}) \cdot (W_{al} - \bar{W}_a)^2}{P_a}$$

7.10.6 Biomasa desovante por grupo de edad (BSD_a)

La biomasa total desovante por edad fue estimada como:

$$BSD_a = NSD_a * W_a$$

y su varianza (asumiendo independencia de ambas estimaciones) puede estimarse por

$$Var(BSD_a) = (NSD_a)^2 * Var(W_a) + W_a^2 * Var(NSD_a)$$

8 RESULTADOS

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

8.1 VARIABLES AMBIENTALES

8.1.1 Datos de terreno (termómetros de mercurio)

En cada una de las estaciones de muestreo consideradas para la evaluación de huevos de jurel se registró la temperatura superficial del mar mediante termómetros de mercurio. Los datos de terreno revelaron un rango térmico entre los 13,3 y los 19,1°C ($16,7 \pm 1,08$ °C, 725 datos), situación levemente más cálida (especialmente en el rango térmico inferior) de la reportada para el crucero anterior realizado en el mes de Noviembre de 2007. Algunos trabajos han revelado una relación entre la distribución espacial de huevos de jurel y la TSM sobre un rango térmico entre 15,0 y 18,5°C, y el acoplamiento espacial entre altas concentraciones de huevos jurel y TSM comparativamente más altas (16,5-18,0 °C) en el área de desove de Chile central (Núñez et al. 2004, Cubillos et al. 2004, Núñez et al. 2006; Cubillos et al 2008).

La distribución horizontal de la TSM (**Figura 6**) evidenció un claro gradiente meridional cercano a los 4 °C, reportándose la presencia de aguas con temperaturas superficiales superiores a los 17 °C al norte de los 35°S, tanto en la región oceánica como hacia el sector oriental de los 80°W, y aguas comparativamente más frías (<14 °C) en el extremo sur del área de estudio (al sur de los 38°S). El sector norte se caracterizó por la presencia de las isothermas de 17 y 18 °C, en tanto que la isoterma de los 16°C se distribuyó espacialmente entre los 35 y 37°S, desplazándose levemente hacia el sur hacia el sector

costero, expresándose a lo ancho del toda el área de prospección sin evidenciar gradientes zonales de importancia.

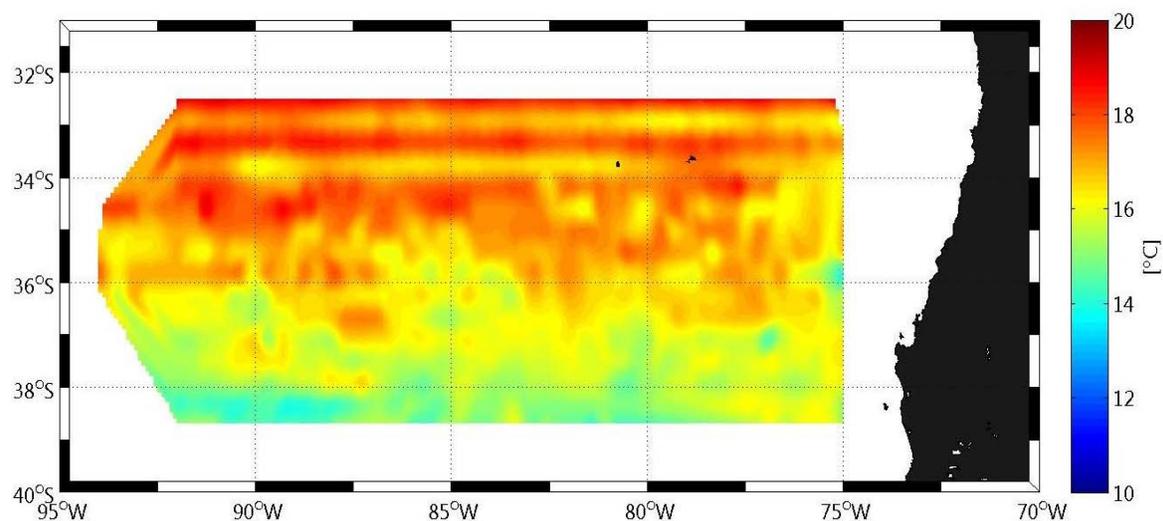


Figura 6. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio a partir de datos de termómetros de mercurio (información de terreno), noviembre-diciembre de 2008.

8.1.2 Información satelital

El análisis de Temperatura Superficial del Mar (TSM) se llevo a cabo mediante la obtención de la imagen compuesta para el periodo en que se realizó el crucero de investigación (resolución 4x4 Km; **Figura 7**).

La **Figura 7** reveló un patrón de distribución espacial similar al reseñado por los datos de terreno (termómetros), evidenciando: a) la virtual ausencia de gradientes zonales, b) la presencia de variabilidad meridional cercana a los 4 °C, c) la presencia de aguas cálidas (<18°C) al norte de los 33°S y al oeste de la ZEE de Chile, d) la presencia de la isoterma de 16°C asociada a los 36°S sin evidenciar gradientes zonales al oeste de los 75°W, y e) la presencia de aguas comparativamente más frías (<14°C) hacia el cuadrante SW del área prospectada.

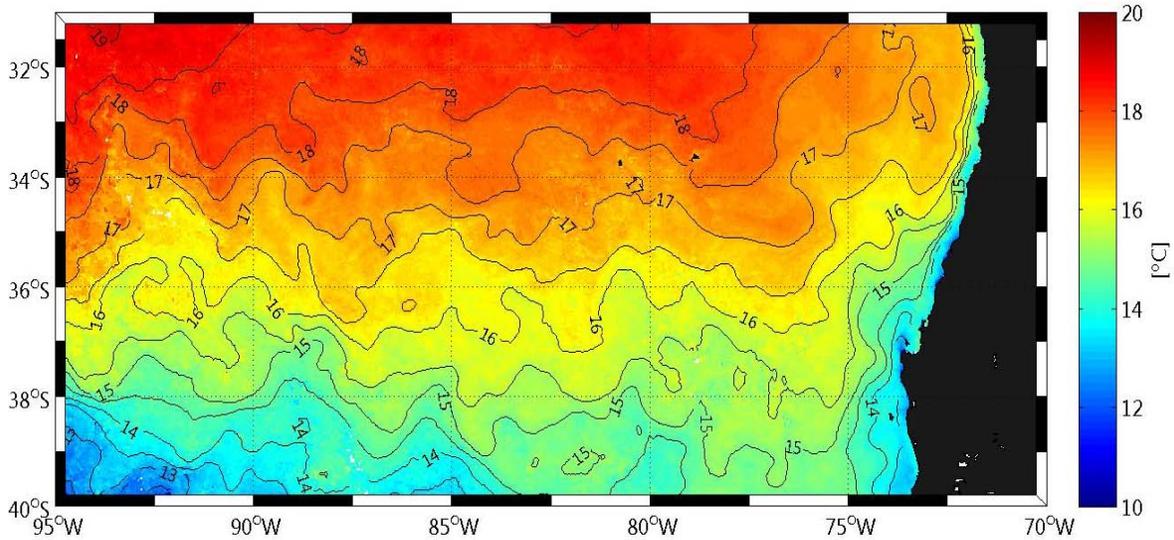


Figura 7. Imagen satelital de la temperatura superficial del mar compuesta para el periodo del crucero 2007 (25 de Noviembre - 03 de Diciembre de 2008).

8.1.3 Análisis histórico

Las **Figuras 8 y 9**, presentan la distribución de la TSM y de su anomalía, respectivamente, para el área de desove de jurel frente a Chile central, contemplando el mes de Noviembre del período comprendido entre los años 1998 y 2008. La **Figura 8** muestra en general un patrón de distribución espacial similar para el período histórico (1998-2008), destacando un significativo gradiente meridional y diferencias zonales menores (intensificadas especialmente en los años 2000, 2001 y 2007) especialmente al norte de los 34°S, debido a la presencia de aguas comparativamente más cálidas en el vértice NW del área de prospección. No obstante lo anterior, y en atención al desplazamiento meridional (norte-sur) de las isotermas (ejemplo: isoterma de 16°C), fue posible detectar un ambiente claramente más cálido para el mes de noviembre de los años 1998, 1999 y 2005 debido a la disposición de la isoterma de 16°C centrada aproximadamente en los 36°S y la presencia de aguas con TSM mayores a 18°C en el extremo NW del área de estudio, a diferencia de lo observado para el mes de Noviembre de los años 2001, 2002, 2004, 2006 y especialmente para el año 2007, caracterizado como períodos comparativamente más fríos donde la

isoterma de 16°C se situó generalmente al norte de los 34°S, situación que se intensifica en la presente campaña denotando un ambiente muy frío en toda el área prospectada. Esta interpretación se ve corroborada por el análisis espacial de las anomalías de la TSM para igual período histórico presentado en la **Figura 9**, donde se verifica el predominio de anomalías positivas (ambiente comparativamente más cálido) en el mes de noviembre de los años 1998, 1999 y 2004, con escasa presencia de anomalías negativas (sólo en el sector más costero). Por el contrario, para los años 2001, 2002, 2006 y 2007 se reporta la presencia de anomalías negativas en gran parte del área de prospección de huevos de jurel, las que son más intensas durante noviembre de 2007. Para 2008 se reportan anomalías positivas en gran parte del área de estudio, evidenciando aguas comparativamente más cálidas en la zona de desove de jurel frente a Chile central.

Por su parte, la **Figura 10** muestra la serie de tiempo de la anomalía de la TSM para el área oceánica de desove de jurel frente a Chile central, considerando el período entre los años 1985 y 2008. Este análisis integra, en la escala mensual, las anomalías de las temperaturas superficiales descritas para el área delimitada entre los 30° y los 40°S y entre los 75° y los 92°W, dando muestra de la variabilidad interanual en el área de desove de jurel, la cual se sectorizó en los cuadrantes NW, SW, NE y SE. En este período es posible observar la clara variabilidad interanual en la anomalía de la TSM, donde destaca la alternancia entre períodos fríos y cálidos, los que se representan de forma relativamente similar en los cuatro cuadrantes analizados. Así, es posible identificar un período frío al inicio de la serie, entre los años 1985 y 1988, entre 1991 y 1994, entre 1998 y mediados del 2000 (a excepción de anomalías positivas en 1999) y especialmente en el año 2007. Por el contrario, anomalías positivas de TSM (aguas comparativamente más cálidas) se verifican en los periodos 1988-finales de 1990, mediados de 1995-inicios de 1998, 2001-mediados de 2004 y en el año 2008 (**Figura 10**). Cabe destacar que los cruceros que han involucrado los proyectos sobre la "Condición Biológica del Jurel en Alta Mar" han estado insertos tanto en períodos cálidos y períodos fríos en el área de estudio.

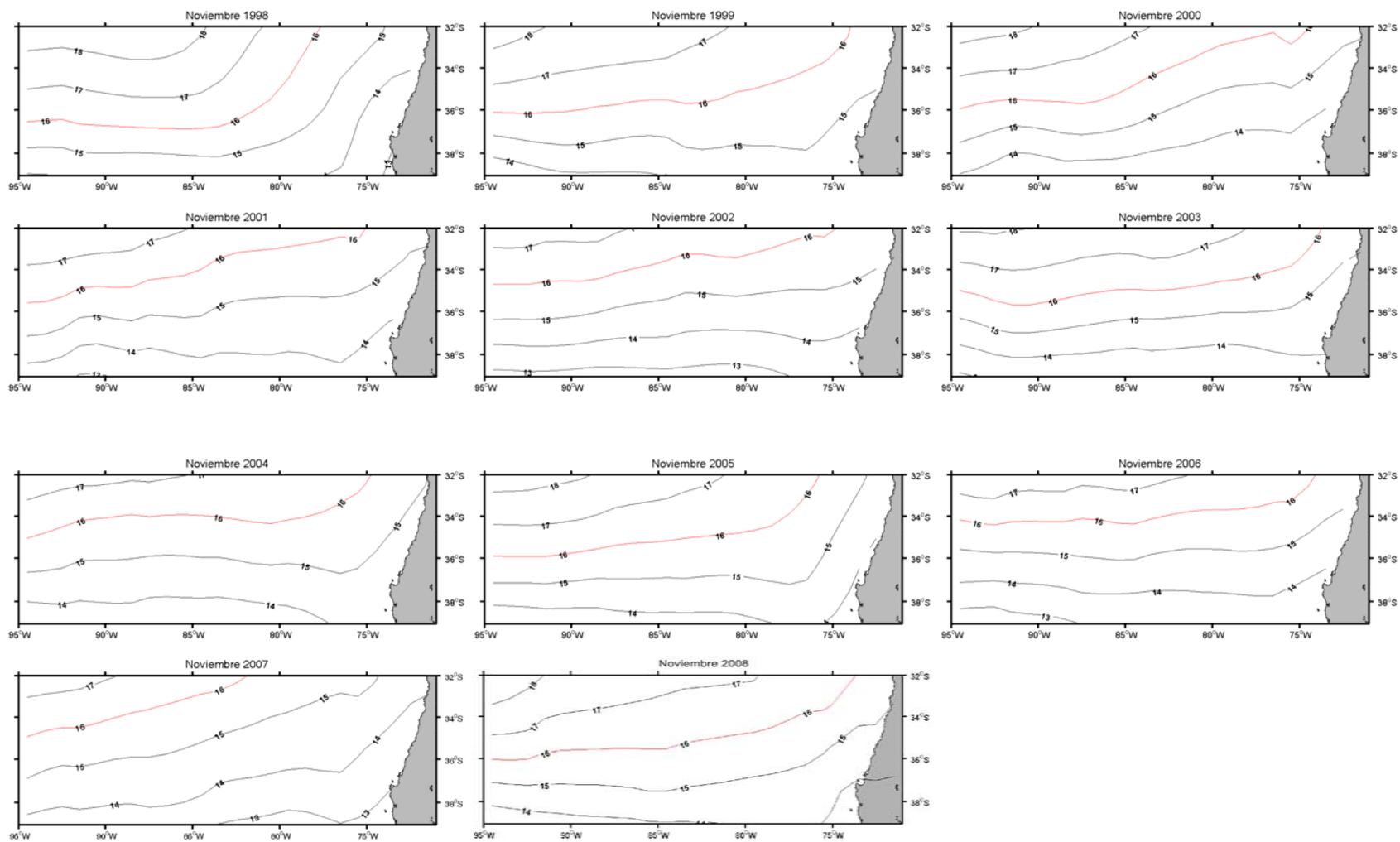


Figura 8. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio para el mes de Noviembre del período 1998-2008.

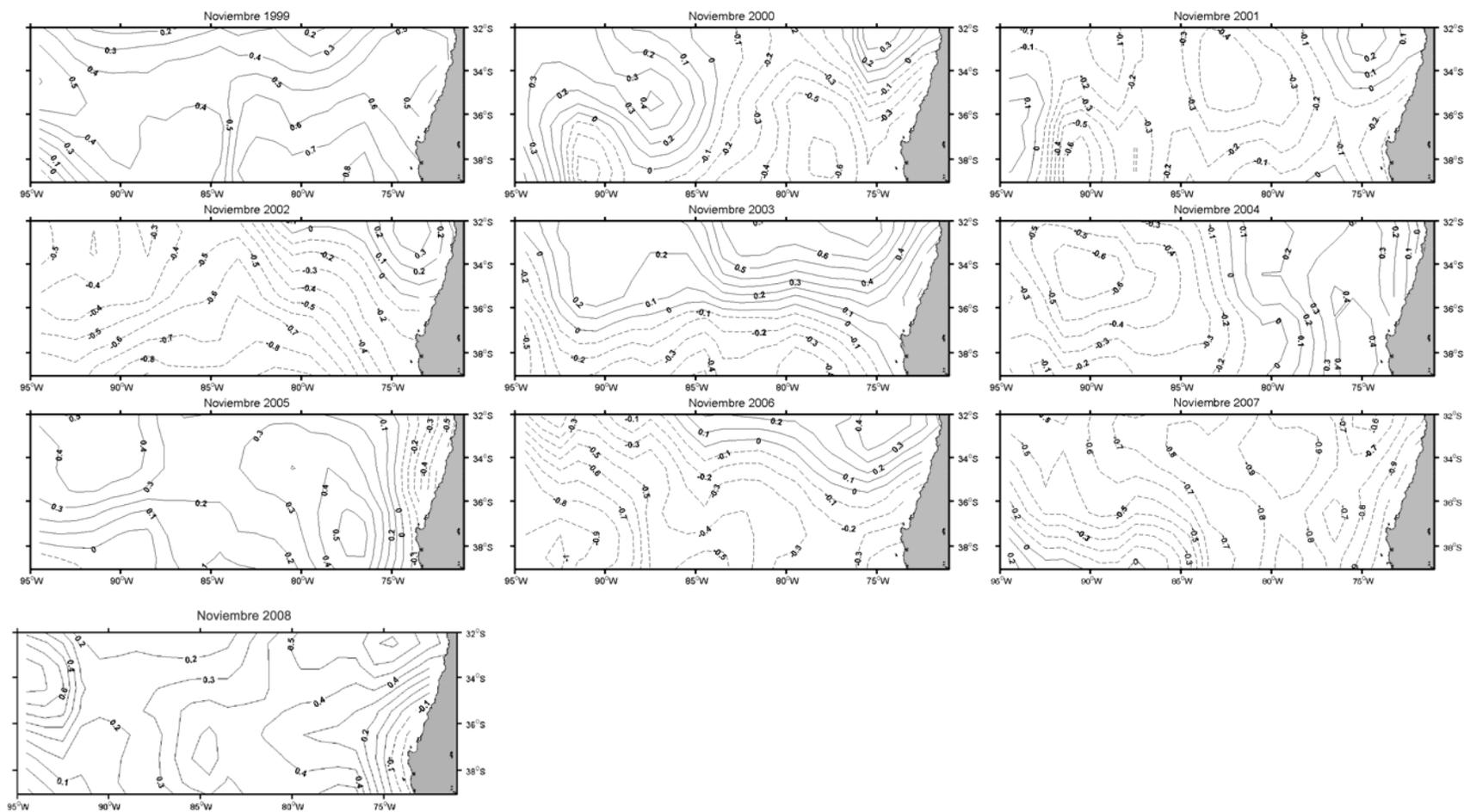


Figura 9. Distribución espacial de la anomalía de la TSM en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1998-2008.

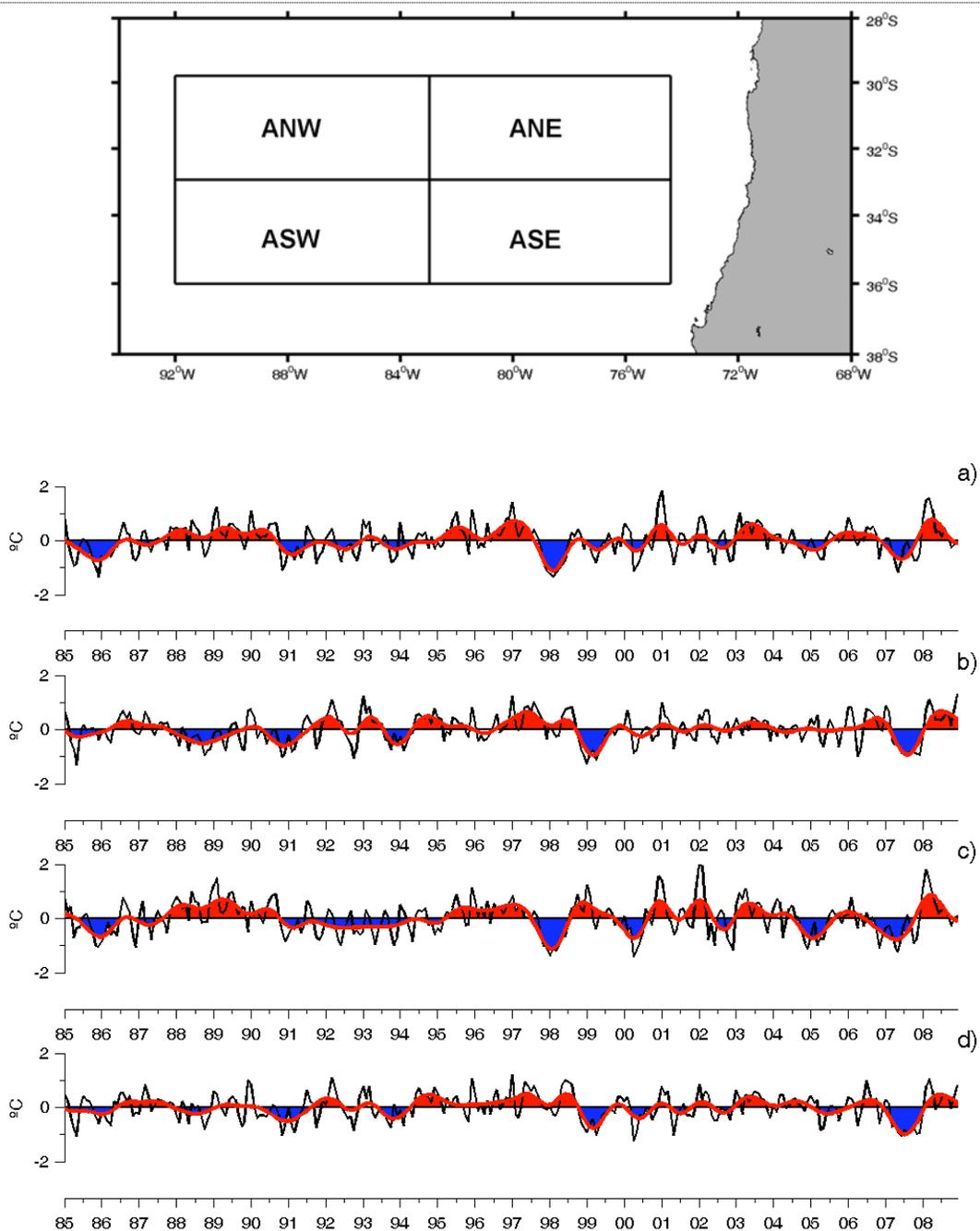


Figura 10. Serie de tiempo (1985-2008) de la anomalía de la temperatura superficial del mar para el área de desove de jurel frente a Chile central. a) sector NW, b) sector NE, c) sector SE, d) sector SW.

8.1.4 Vientos superficiales

La **Figura 11** muestra el comportamiento de los vientos superficiales en la zona y periodo de estudio a través de una imagen satelital compuesta del viento superficial para el periodo comprendido entre el 25 de Noviembre y el 03 de Diciembre de 2008. En general, se evidencia el patrón general descrito para la época y el área de estudio, esto es: vientos predominantes del SW en la franja costera, vientos más intensos desde el sur en la región comprendida entre los 75 y 80°W, cambiando al NW hacia el océano interior revelando la existencia de un giro anticiclónico más allá de los 85°W con bajas velocidades entre los 36-40°S y más allá de los 87°W. Por su parte, el índice de turbulencia muestra también un gradiente de variación zonal importante, con valores máximos ($>200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$) hacia el sector costero y valores claramente menores ($<30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$) hacia el cuadrante NW del área prospectada (**Figura 12**), coincidiendo en general con el patrón histórico para esta variable (**Figura 14**).

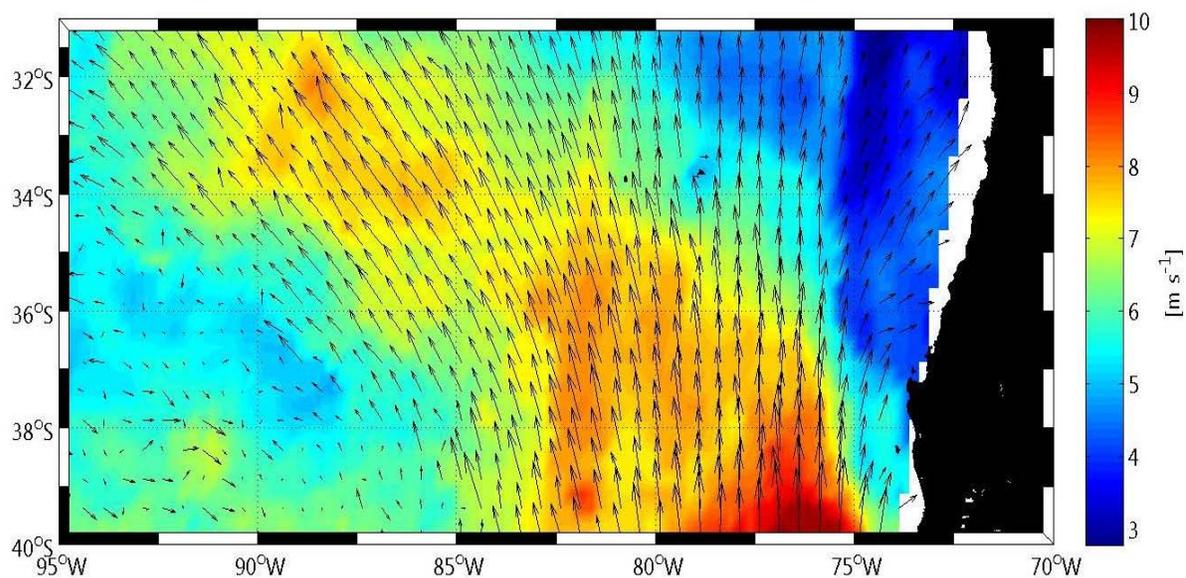


Figura 11. Imagen satelital de la viento superficial del mar compuesta para el período entre el 25 de Noviembre y el 3 de diciembre de 2008.

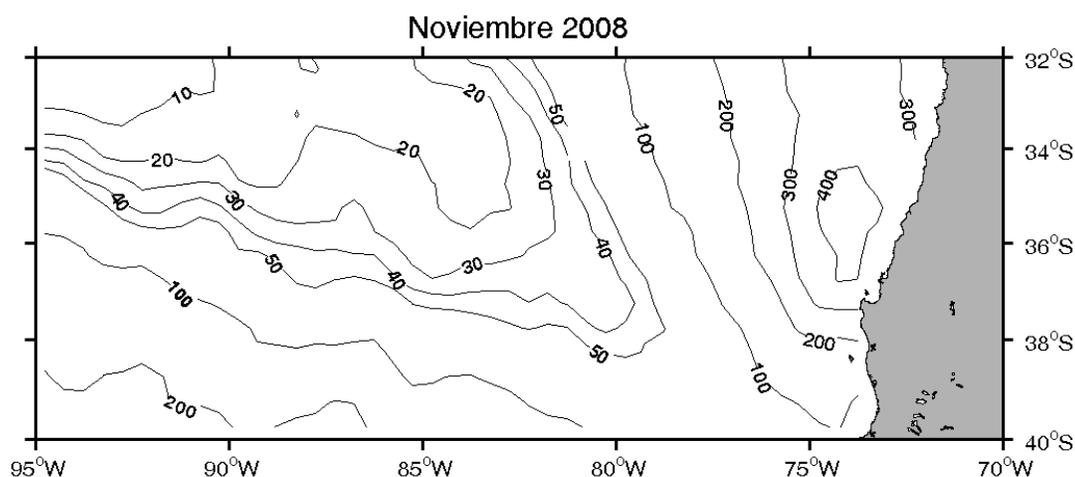


Figura 12. Distribución espacial de la turbulencia ($\text{m}^3 \text{s}^{-3}$) en el área de estudio, para el mes de Noviembre de 2008.

Con el propósito de contrastar el patrón de viento superficial reportado para este crucero (en este caso Noviembre de 2008) con el registrado para el mes de Noviembre del período 1998-2008, se graficaron cartas de vientos mensuales utilizando la información satelital proveniente del Programa QuickScat (**Figura 13**). En términos generales, el patrón de distribución del viento superficial fue similar para el mes de noviembre de los años contrastados, mostrando: a) una rotación anticiclónica, b) intensidades altas hacia el sector costero del área prospectada ($< 78^\circ\text{W}$) donde predominaron los vientos provenientes del cuadrante sur, típicos del verano en el área de estudio, y, c) vientos con magnitudes comparativamente menores hacia el cuadrante noroccidental ($> 84^\circ\text{W}$); no obstante existe cierta variabilidad meridional y zonal en la zona de velocidades bajas del área de estudio.

Por otra parte, la **Figura 14** muestra el patrón de distribución espacial de la turbulencia estimada a partir de la información de viento derivada del satélite, para noviembre de 1998 - 2008. Los resultados para noviembre de 2008 indicaron una clara diferenciación zonal en toda el área de estudio, con valores altos de turbulencia ($>300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$) al Este de los 76°W , una zona de fuerte gradiente lateral situada entre los 78 y 82°W , y una región oceánica (más allá de los 85°W) con muy bajos valores de turbulencia ($<20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$), especialmente al norte

de los 36°S. Este patrón de distribución de la turbulencia es consistente con lo reportado para el mes de noviembre de la serie estudiada, especialmente para los años 1999, 2000, 2003, 2004 y 2006. En general, el área de desove de jurel frente a Chile central ha estado vinculada con valores de turbulencia menores a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ (Núñez et al., 2004, 2008), con la excepción de noviembre de 2002 donde se detectó magnitudes significativamente superiores, y de noviembre de 2001 y 2007 donde estos valores estuvieron restringidos al vértice noroccidental y suroccidental del área de prospección, respectivamente.

Algunos estudios recientes han mostrado un buen acoplamiento entre abundancias altas de huevos de jurel y bajas intensidades de viento y turbulencia en el área de desove de jurel frente a Chile central (Núñez et al., 2004).

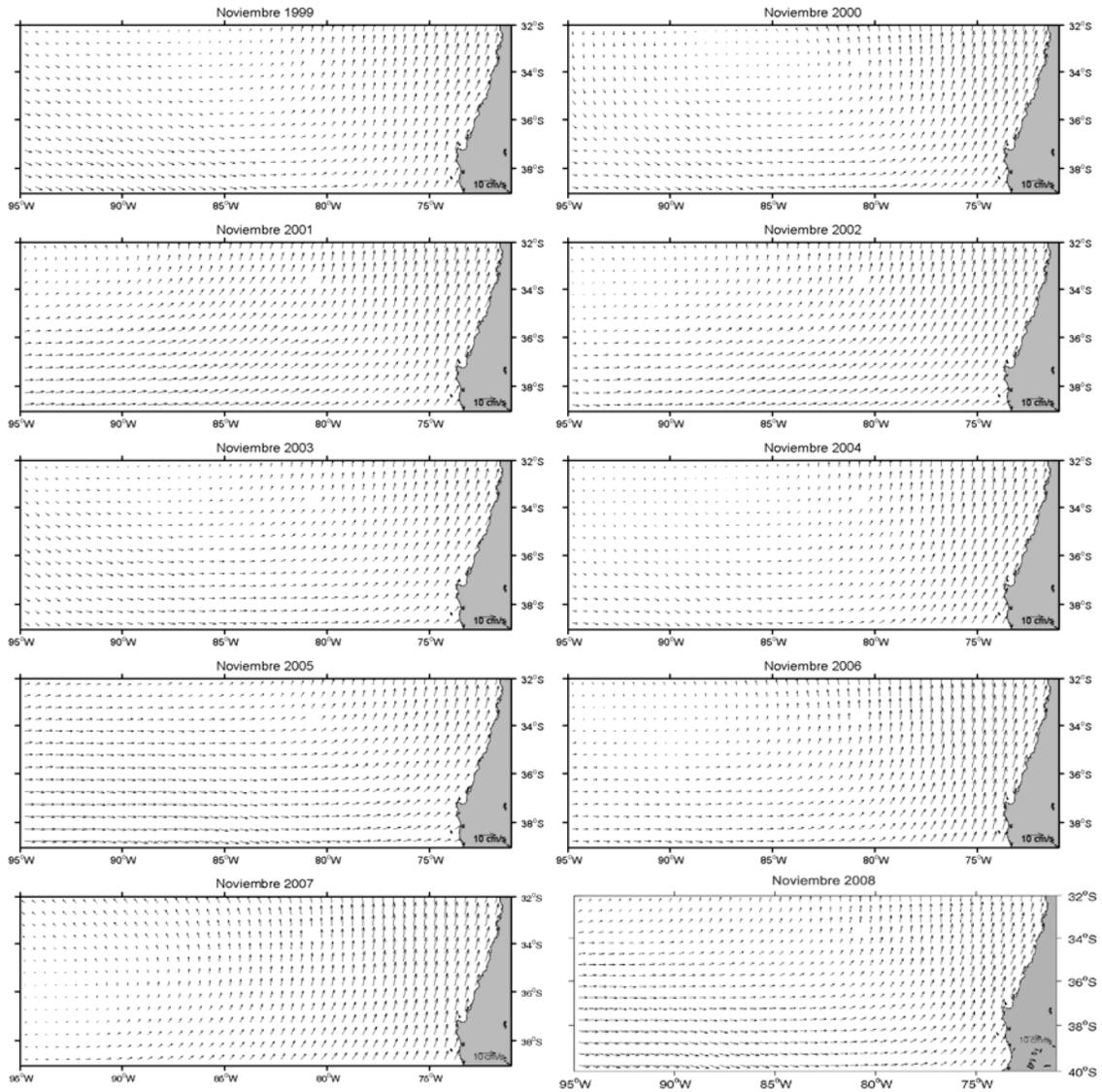


Figura 13. Distribución de vientos (escaterometría) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1999-2008.

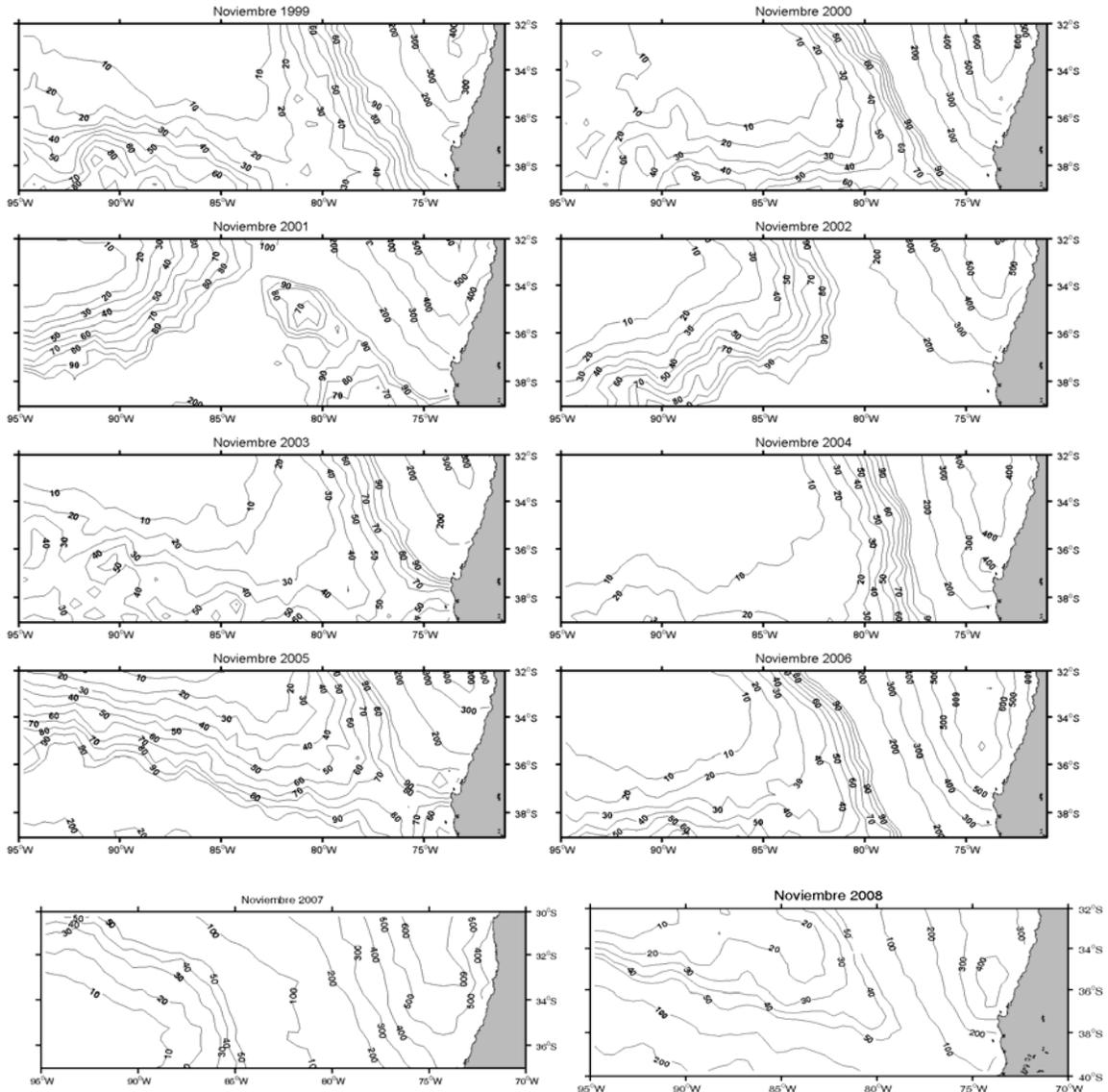


Figura 14. Distribución espacial de la turbulencia ($m^3 s^{-3}$) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1999-2008.

8.1.5 Clorofila

El análisis de la imagen satelital de clorofila (mg m^{-3}) compuesta para el período de estudio evidenció gran cobertura de nubes (**Figura 15**); no obstante, es posible apreciar una clara diferenciación zonal debido a la presencia de concentraciones costeras superiores a $2,5\text{-}5 \text{ mg m}^{-3}$ asociados a la banda costera de surgencia ($< 50 \text{ mn}$ desde la costa), así como una zona de influencia o exportación de la biomasa fitoplanctónica hacia el océano interior a través de filamentos y estructuras meándricas que supera los 78°W , con valores menores a $0,75 - 1 \text{ mg m}^{-3}$. En el sector oceánico, asociado con el límite de la Zona de Transición Costera (ZTC hasta los 600 km desde la costa, **Hormazábal et al. 2004**) se reportan valores centrados en los $0,5 - 0,25 \text{ mg m}^{-3}$, sin evidenciar variaciones meridionales. Por último, el sector más oceánico (al oeste de los 85°W) presentó valores bajos de clorofila en todo el sector ($< 0,25 \text{ mg m}^{-3}$) (**Figura 15**).

Los resultados sobre la distribución espacial de la clorofila en el área de estudio y especialmente su clara variabilidad zonal, reseñados para el mes de noviembre de 2008, fueron también válidos para el mes de noviembre del período 1999-2006 (período en que se han realizado cruceros de similar naturaleza), aunque evidenciando concentraciones mayores especialmente en los años 2007 y 2008 (**Figura 16**).

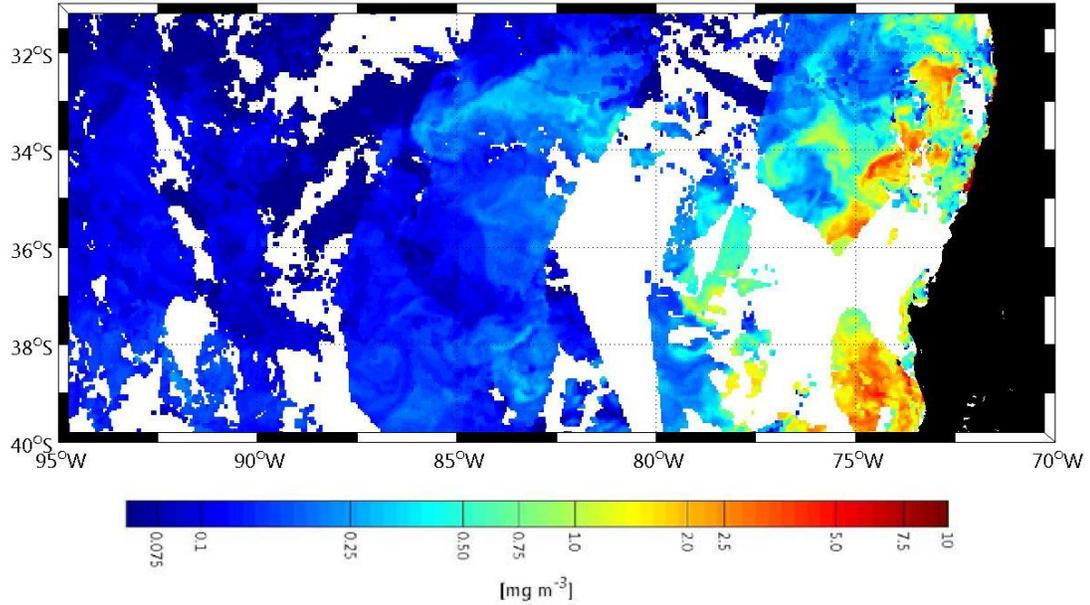


Figura 15. Imagen satelital de la clorofila superficial (mg m^{-3}) en el área de estudio, compuesta para el período entre el 25 de noviembre y el 3 de diciembre de 2008.

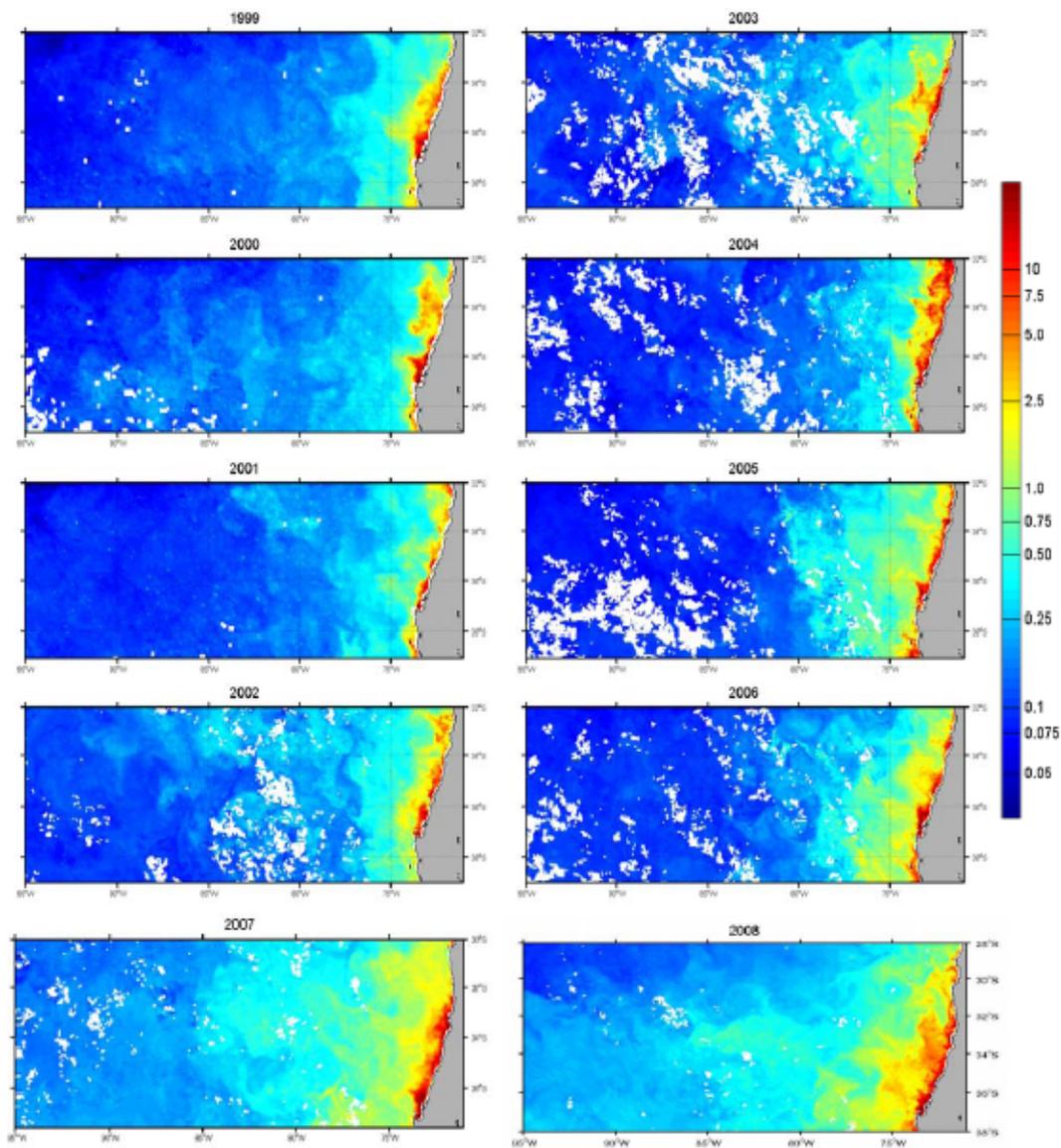


Figura 16. Distribución espacial de clorofila-a para el mes de Noviembre del período 1999-2008 en el área de estudio.

8.1.6 Corrientes geostróficas

El campo horizontal de velocidades geostróficas fue obtenido a partir de información satelital de altura de nivel mar (<http://www.aviso.oceanobs.com>). El análisis de la imagen compuesta de corrientes geostróficas para el periodo del crucero 2008, reveló la presencia de numerosas estructuras de mesoescala (regiones meándricas, frentes, remolinos) al interior del área de desove de jurel frente a Chile central, las que han sido señaladas como estructuras recurrentes en el sistema oceánico del área de prospección (**Hormazábal et al. 2004; Núñez et al. 2006, Correa-Ramírez et al. 2007, Cubillos et al. 2008**). En el sector oriental, la **Figura 17** muestra la propagación hacia el océano de una serie de remolinos ciclónicos y anticiclónicos formando una franja de disposición SW-NE entre los 75 y 80°W, revelando una región de mayor dinámica en conjunto con el cuadrante SW del área de estudio (entre los 87-95°W y al sur de los 35°S). Por el contrario, la región situada en el cuadrante NW (al norte de los 34 °S y al oeste de los 85°W) evidenció velocidades más bajas y menor número de meandros y remolinos de meso-escala.

Estos giros evidencian la gran dinámica presente en el área de estudio y su importancia para procesos ecológicos (*e.g.*, giros ciclónicos asociados a surgencias que contribuye a la mezcla somera, y giros anticiclónicos que generan hundimiento y la profundización de la termoclina). Recientes estudios han analizado la variabilidad de estos giros frente a Chile central (**Hormazábal et al., 2004, Leth & Middleton, 2004**), revelando que se trata de estructuras de mesoescala (semanas-meses), características del sistema costero y oceánico frente a Chile central, características que se mantienen en el análisis del período 1998-2008 reflejado en la **Figura 18**.

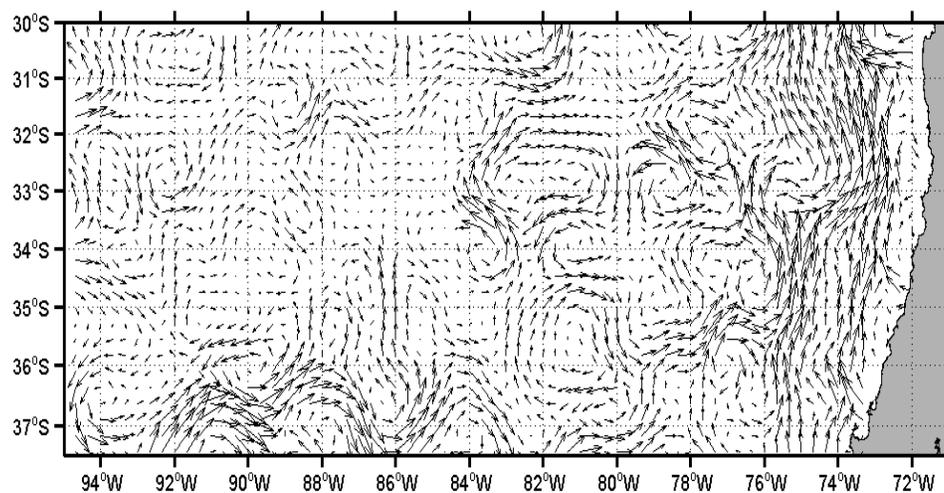


Figura 17. Corrientes geostroficas calculadas para el periodo del crucero en el área de estudio.

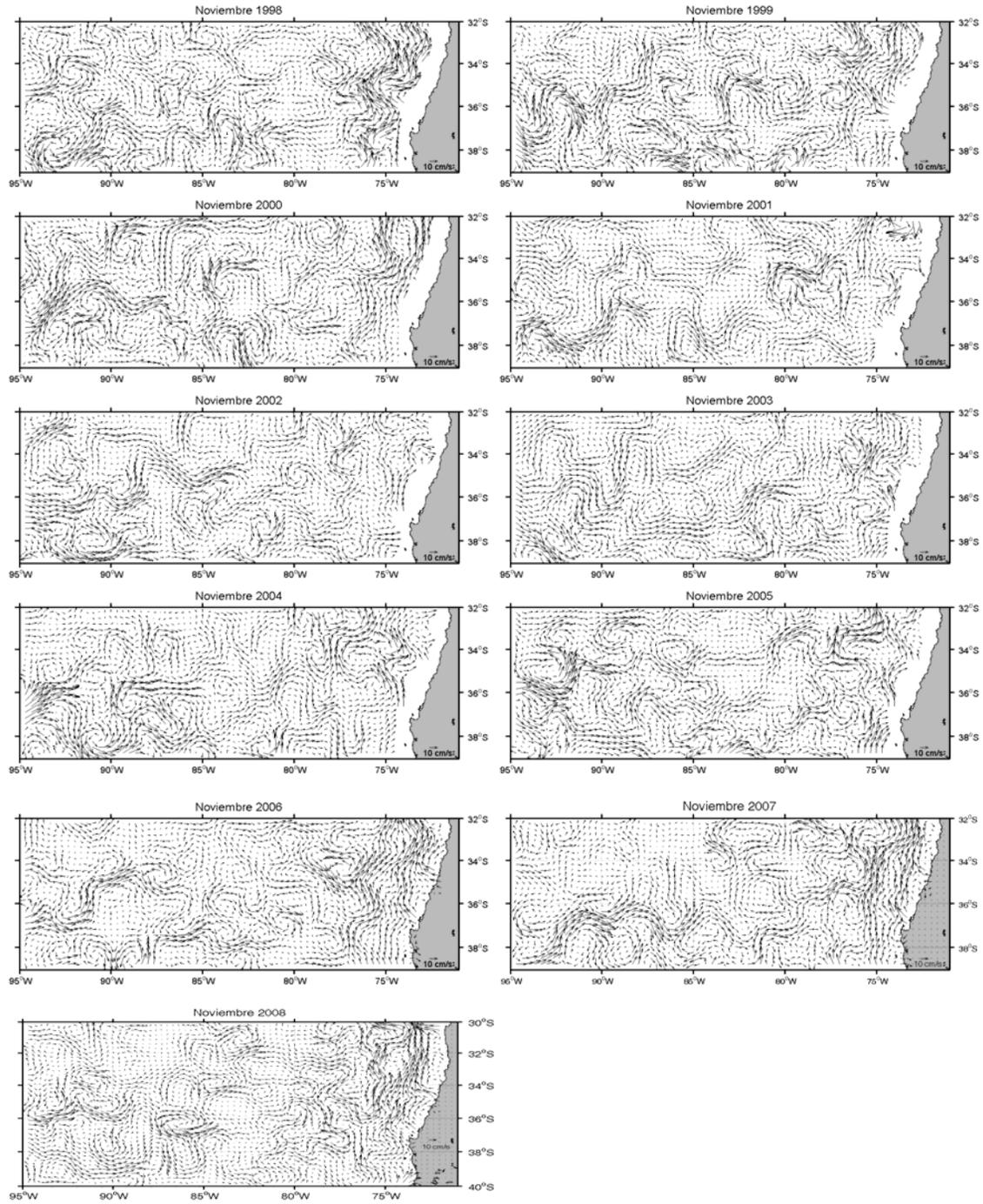


Figura 18. Distribución espacial de las corrientes geostróficas (cm s^{-1}) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1998-2008.

7.15. Distribución espacial de la termoclina

La distribución espacial de la profundidad de la termoclina se presenta en la **Figura 19**. Esta figura muestra termoclinas más someras, que no sobrepasan los 40 metros, hacia el sector costero ($<78^{\circ}\text{W}$) y oceánico ($>90^{\circ}\text{W}$) del área de estudio, y un sector intermedio (entre $80\text{-}88^{\circ}\text{W}$) con termoclinas más profundas ($>80\text{ m}$) al sur de los 36°S .

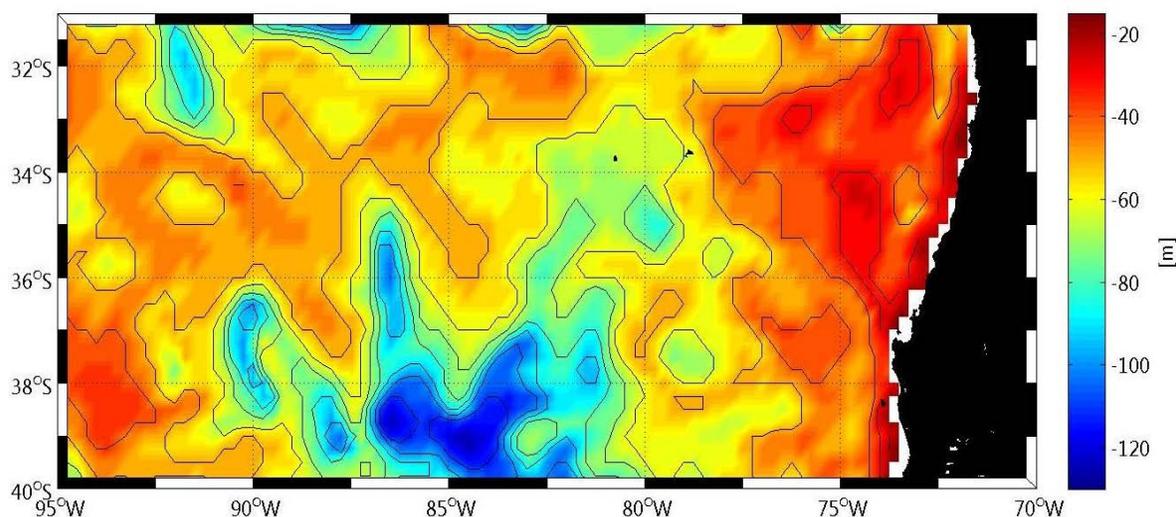


Figura 19. Distribución espacial de la profundidad (m) de la termoclina en el área de estudio, calculada para el periodo entre el 25 de Noviembre y el 3 de Diciembre de 2008.

8.1.7 Registros Verticales

La disposición geográfica de perfiles verticales de temperatura, salinidad y en algunos casos concentración de oxígeno disuelto asociados a boyas derivadoras ARGO para el área de estudio se muestra en la **Figura 20**. La caracterización vertical de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu) y concentración de oxígeno disuelto (mL L^{-1}) correspondió a 68 perfiles distribuidos en toda el área de estudio, esto es, 11 en el cuadrante NW, 21 en el cuadrante SW, 26 en el cuadrante NE y 10 en el cuadrante SE.

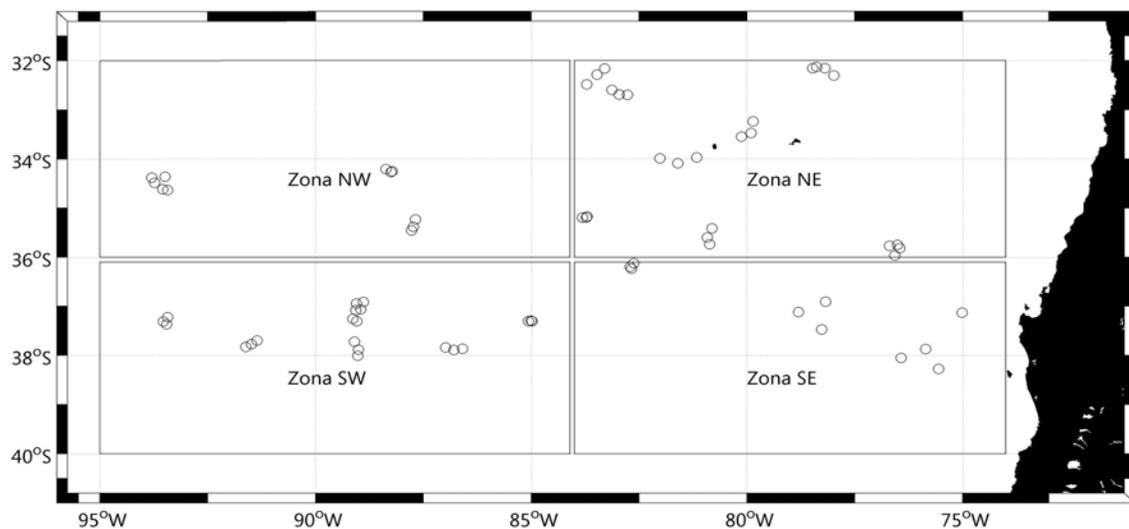


Figura 20. Distribución espacial de la ubicación geográfica de las boyas derivadoras Argo durante el período de estudio.

Para la temperatura, la **Figura 21** muestra termoclinas más intensas y someras en la región SE y NW, con una capa isotermal que alcanzó los ~40 y 20-40 metros de profundidad, respectivamente; por el contrario, las regiones NE y SW evidenciaron una capa isotermal más somera (<20 m) y una termoclina más extensa especialmente en el sector NE. Por su parte, la salinidad reveló una alta variabilidad vertical en los primeros 200 metros de la columna de agua, especialmente en las regiones más cercanas a la costa (NE y SE), donde se evidenció un rango superficial más amplio de salinidad (entre 33,5 y 34,8 psu para el sector NE y entre 33,5 y 34,3 psu para el sector SE), en tanto que las estaciones situadas en las regiones más oceánicas (NW y SW) presentaron salinidades superficiales en un rango más estrecho, especialmente el sector SW entre 34 y 34,2 psu. En general, bajo los 150-200 metros de profundidad, los perfiles de salinidad muestran la presencia del máximo salino en la región costera (NE y SE) situado entre los 120 y 350 metros de profundidad, lo que es consistente con la disposición vertical del mínimo de oxígeno disuelto que ratifica la presencia de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales en su flujo subsuperficial hacia el polo.

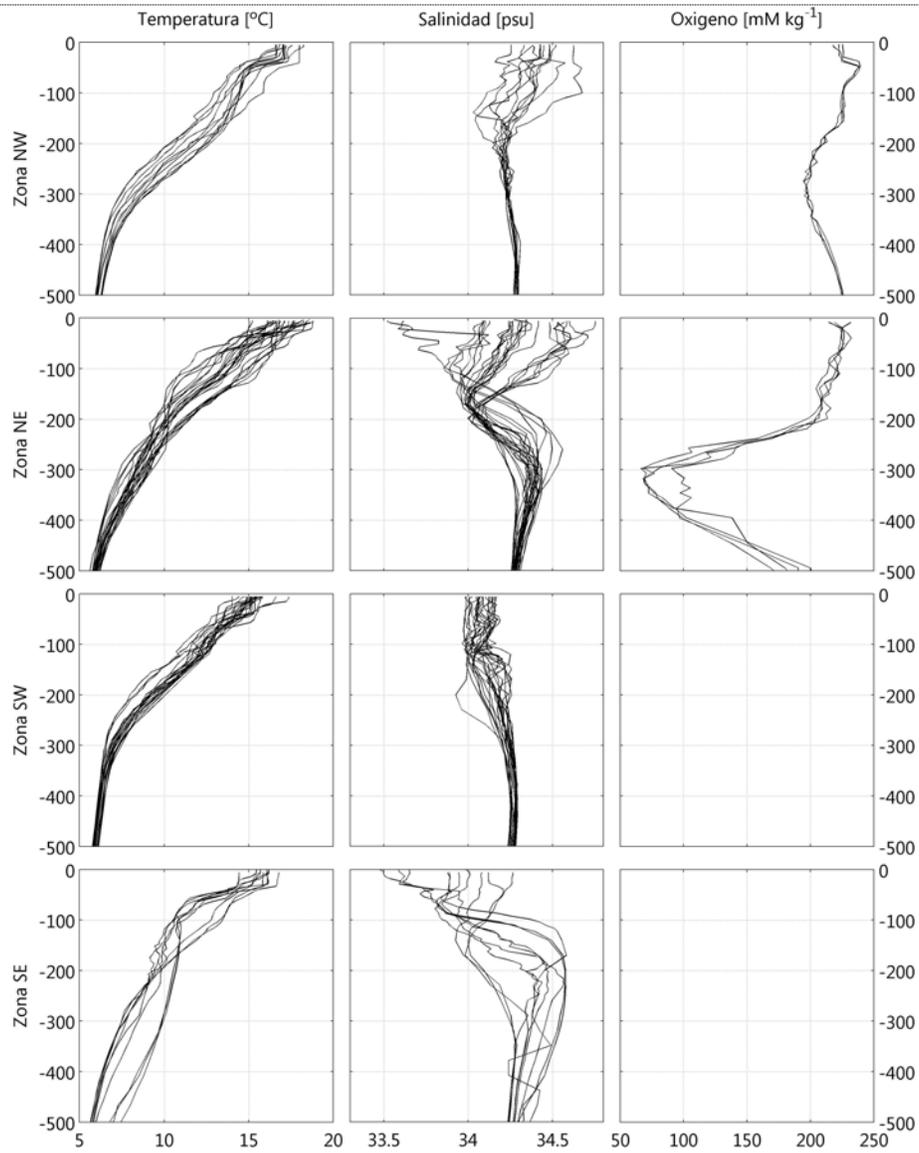


Figura 21. Perfiles verticales individuales de temperatura (°C), salinidad (psu) y concentración de oxígeno disuelto (mM Kg⁻¹) en el área de estudio.

8.1.8 Secciones Oceanográficas de Temperatura

La **Figura 22** muestra las secciones transversales de temperatura a lo largo del área de estudio, entre el 32,9° y los 38,7°S y, entre la costa y los 95°W. Esta información fue obtenida como producto de la modelación (Themis) utilizando la información de boyas Argo, y permite reconocer la variabilidad vertical de la temperatura entre la superficie y los 300 metros de profundidad.

Se consideraron 8 transectos perpendiculares a la costa que alcanzaron hasta los 95°W. Al norte de los 36°S, la **Figura 22** muestra una clara diferencia zonal en la distribución vertical de la temperatura, con aguas más cálidas (>18°C sobre los 30-40 metros de profundidad) asociadas al extremo oceánico de las transectas de este sector (al oeste de los 87°W) y más frías hacia la costa; revelando una termoclina más intensa y somera al interior de los 80°W, situada entre los primeros 50 metros, y un debilitamiento y profundización de la estratificación térmica entre los ~ 82°W y el extremo occidental de los transectos al norte de los 36°S. En cambio en el sector sur del área prospectada (al sur de los 37°S) se observa la ausencia de aguas con temperaturas mayores a 15°C, ausencia de gradientes zonales, y una termoclina débil y somera a lo largo de todos los transectos del sector sur.

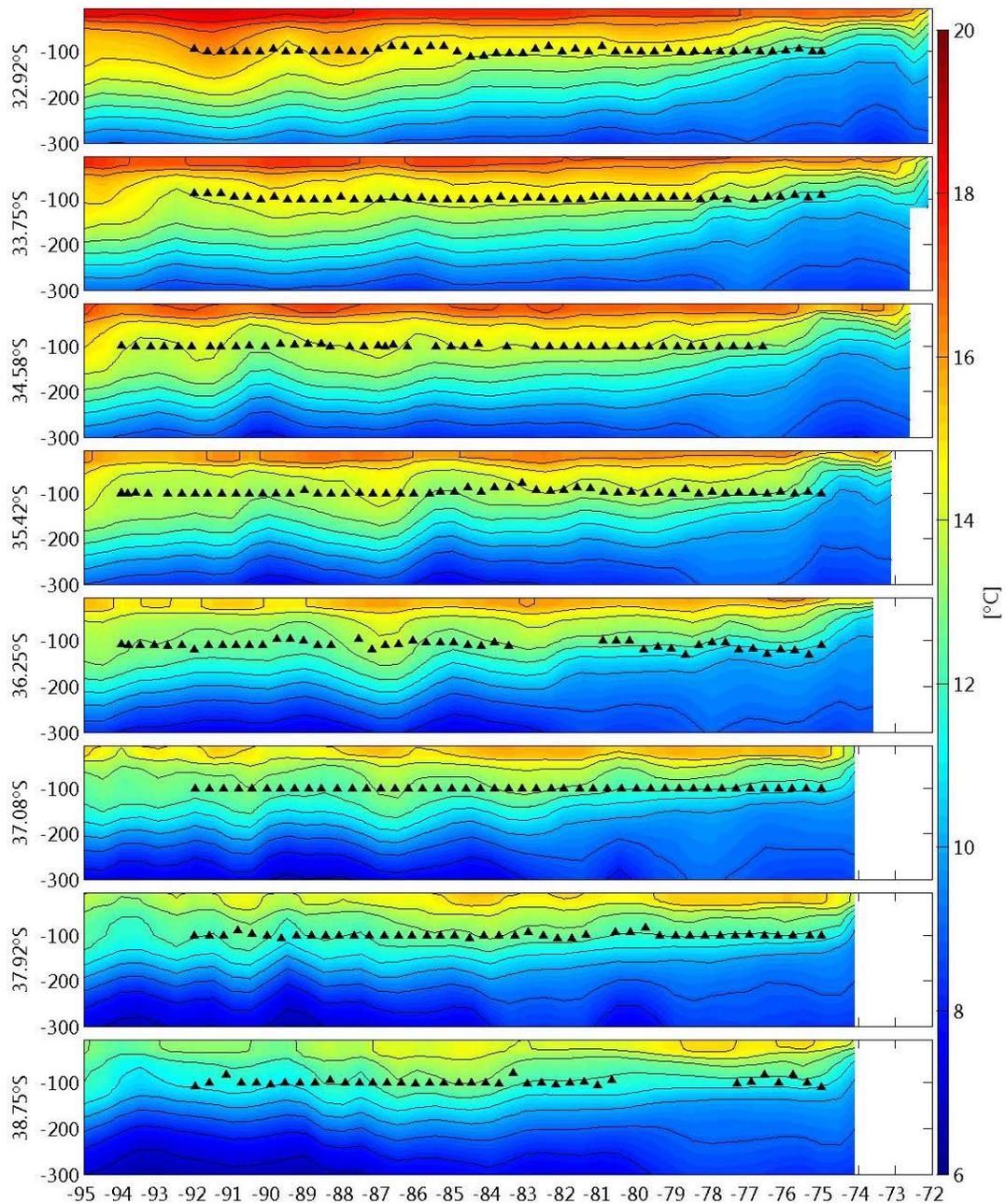


Figura 22. Secciones transversales de la temperatura (°C) en el área de estudio, para el periodo entre el 25 de Noviembre y el 3 de Diciembre de 2008. Los triangulos de color negro muestran la profundidad máxima de los lances planctónicos realizados en cada uno de estos transectos.

8.1.9 Diagramas T-S

La identificación de patrones hidrográficos enfocados a la presencia de masas de aguas se realizó a través de la interpretación de diagramas T-S (temperatura-salinidad). El análisis se llevó a cabo agrupando los perfiles verticales obtenidos desde las boyas derivadoras Argo para el área de estudio. A partir del análisis de los Diagramas TS (**Figura 23**), se observan principalmente diferencias meridionales en columna de agua del área de estudio. La distribución vertical de salinidad muestra una masa de agua superficial de salinidades mayores a 34,0, asociadas al Agua Subtropical (AST). En las zonas hacia el este la salinidad superficial presenta mayor variabilidad y disminuye, posiblemente debido a la mezcla con aguas menos salinas provenientes de la banda costera. En las estaciones de las zonas NE y SE se observa a 200 metros de profundidad un mínimo salino asociado a aguas de densidad alrededor de 25,5, cuyo origen ha sido atribuido a la influencia de aguas costeras salobres desde altas latitudes. **Schneider et al. (2003)** advierten que este mínimo podría estar asociado a aguas que se forman en la Convergencia Subtropical y la denominó como Agua Intermedia del Pacífico Sur-Este (AIPSE). Bajo el AIPSE se ubicó el máximo de salinidad alrededor de 250 m, asociado a aguas de densidad alrededor de 26,2 típicas de la masa de Agua Ecuatorial Sub-superficial (AESE). Bajo este máximo relativo salino, se ubicó un mínimo de salinidad asociado al Agua Intermedia Antártica (AIAA), con densidades alrededor de 27,1, el cual también es observado en las estaciones de las zonas NW y SW.

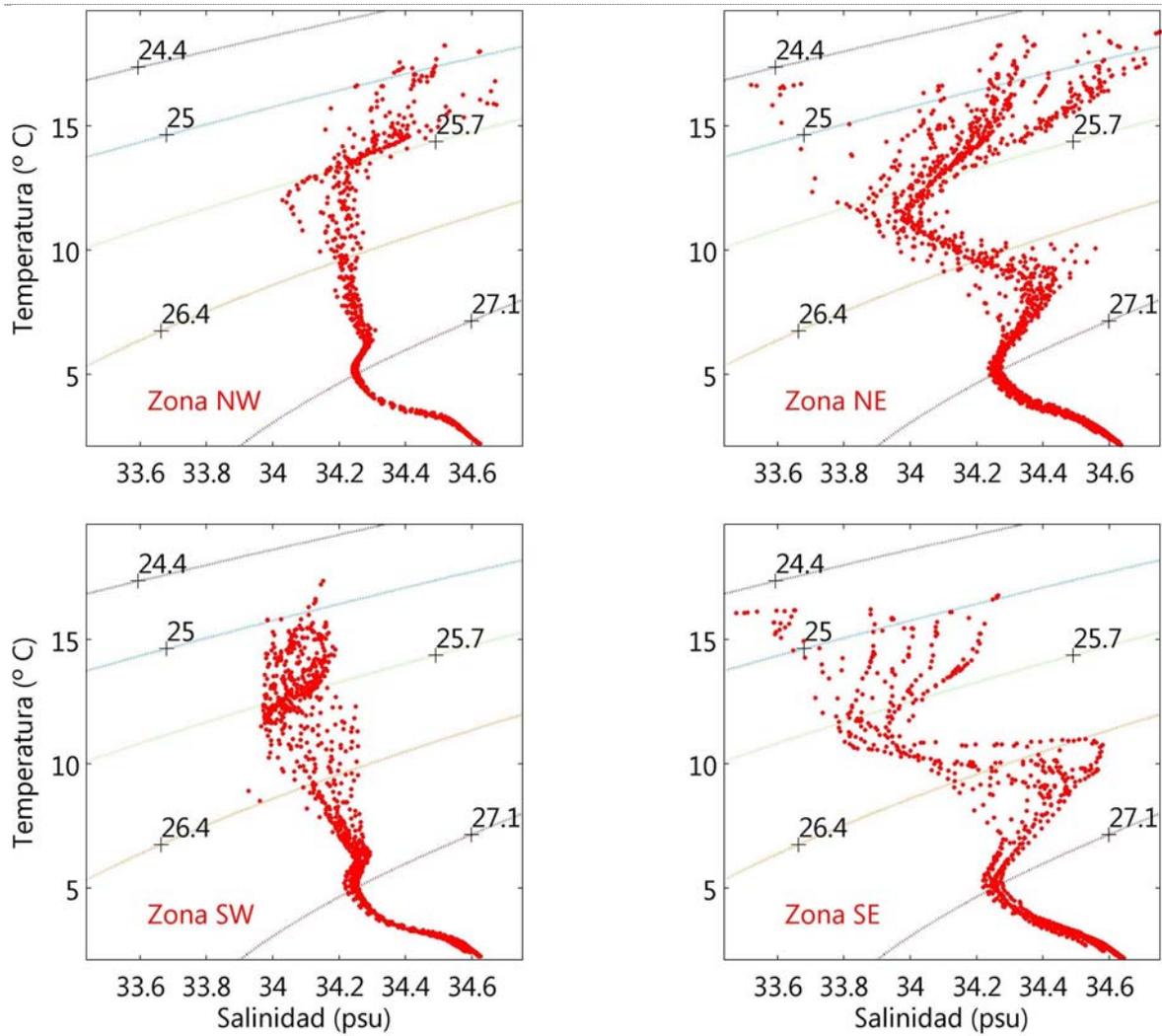


Figura 23. Diagramas TS para los perfiles verticales analizados para el área y período de estudio.

8.2 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE JUREL

La información de campo obtenida en el crucero de evaluación ejecutado en Noviembre de 2008 fue procesada y analizada con el objeto de analizar la distribución espacial de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio. Previamente, se definió los focos de abundancia, siguiendo el enfoque geoestadístico transitivo independientemente para huevos y larvas de jurel.

8.2.1 Área de desove y polígonos de estimación

El área de estudio, definida como la superficie efectivamente evaluada, alcanzó una extensión de 427.020 mn² (**Figura 24**), lo que significa un incremento de 6,6% respecto del área prospectada en noviembre-diciembre de 2007 (=400.432,2 mn²) y un incremento de un 5,0% respecto de noviembre de 2006 (=406.503,5 mn²). El área de desove, calculada según la cuantificación de las sub-áreas que representan estaciones positivas alcanzó a 147.393 mn², siendo 29,8% mayor que el área de desove observada en el año 2007 (=113.561,3 mn²), para aproximadamente el mismo período de evaluación (Noviembre-Diciembre).

Por otro lado, según el enfoque geoestadístico transitivo, para el caso de los huevos de jurel, se identificó 20 polígonos de estimación de la densidad (huevos 10m⁻²), que ocuparon una superficie de 148.928,4 mn² (**Tabla 11**), representando 34,9% del área total de evaluación, difiriendo sustancialmente de la proporción de área ocupada en noviembre-diciembre de 2007 (=26,8%, FIP 2007-08). Al respecto, cabe hacer notar que el área de desove por el enfoque geoestadístico es un aproximadamente 1,0% mayor, lo que se atribuye al proceso de suavizamiento de los bordes del polígono de estimación. En el caso de las larvas de jurel, el área de distribución según el enfoque de las sub-áreas, alcanzó a 119.770,0 mn², lo que equivale a 29,0% del área estudiada, que además es significativamente mayor que la proporción de área ocupada en noviembre-diciembre de 2007 (=23,1%). Bajo el enfoque geoestadístico transitivo, el área de distribución de las

larvas se encontró fragmentada en 20 polígonos de estimación con una superficie de 123.885,8 mn², un 3,4% mayor que en el caso anterior (**Tabla 11**).

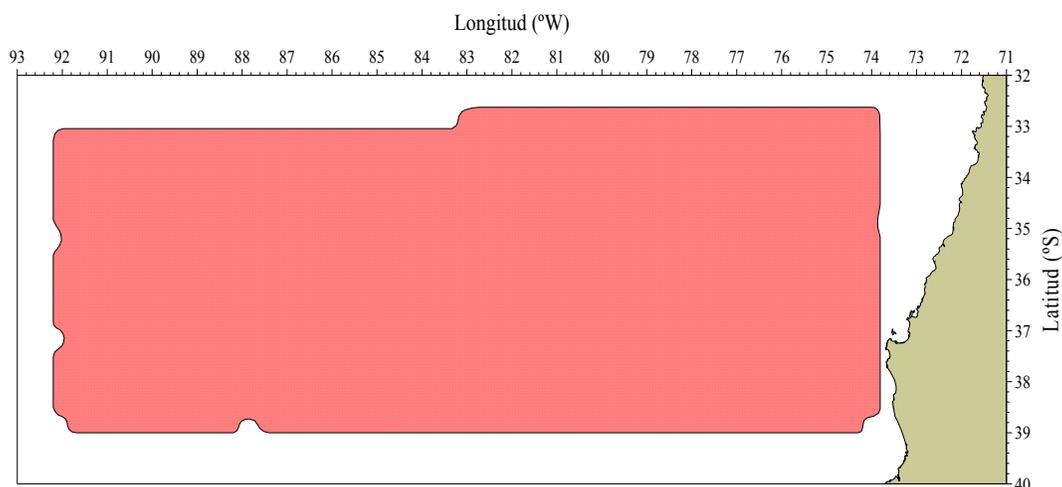


Figura 24. Disposición espacial del área de estudio de la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de de jurel, crucero Noviembre-Diciembre de 2008.

Tabla 11. Área (mn²) de los polígonos de estimación identificados para huevos y larvas de jurel, según el enfoque geoestadístico transitivo.

Polígono	Huevos	Larvas
1	136.557,6	45.766,5
2	417,9	55.685,6
3	417,9	390,1
4	906,5	371,2
5	1.943,0	417,9
6	417,9	3.291,8
7	1.414,7	5.179,9
8	417,9	824,0
9	417,9	1.987,9
10	417,9	2.741,0
11	417,9	1.951,7
12	798,4	1.555,9
13	417,9	417,9
14	1.077,7	417,9
15	417,9	417,9
16	417,9	417,9
17	798,4	417,9
18	417,9	797,4
19	417,9	417,9
20	417,9	417,9
Total	148.928,4	123.885,8

8.2.2 Distribución espacial de huevos y larvas de jurel

a) Huevos de jurel

El análisis estructural reveló la presencia de efecto anisotrópico zonal de la distribución espacial de huevos de jurel en la dirección Este-Oeste. El modelo de variograma teórico ajustado al variograma experimental correspondió al modelo esférico, cuyos parámetros se entregan en la **Tabla 12**. El mismo análisis indica que la varianza no explicada por el variograma (**Figura 25**), alcanzó a 7,2%, considerado moderadamente bajo para este tipo de estudios. Al respecto, cabe destacar la presencia de un gran foco de abundancia que se distribuyó entre 79°30'W y 94°00'W centrado en el eje 35°30'S. La distribución espacial de la densidad (huevos 10m⁻²) de huevos de jurel se entrega a la forma de un mapa de contornos, resaltando las altas abundancias de huevos (> 2000 huevos 10 m⁻²) observadas entre 89°W y 91°W (**Figura 26**).

Tabla 12. Parámetros del variograma teórico ajustado a los registros de densidad de huevos (núm/10m²) y larvas (núm/10m²) de jurel. Bondad de ajuste: SCR = suma de cuadrados residuales.

Parámetros	Huevos	Larvas
Modelo	Esférico	Esférico
Rango (mn)	338,994	413,636
Umbral (<i>sill</i>)	3.961,924	1.282,004
Efecto pepita (nugget)	308,394	67,142
SCR	1.131.411,5	124.757,4

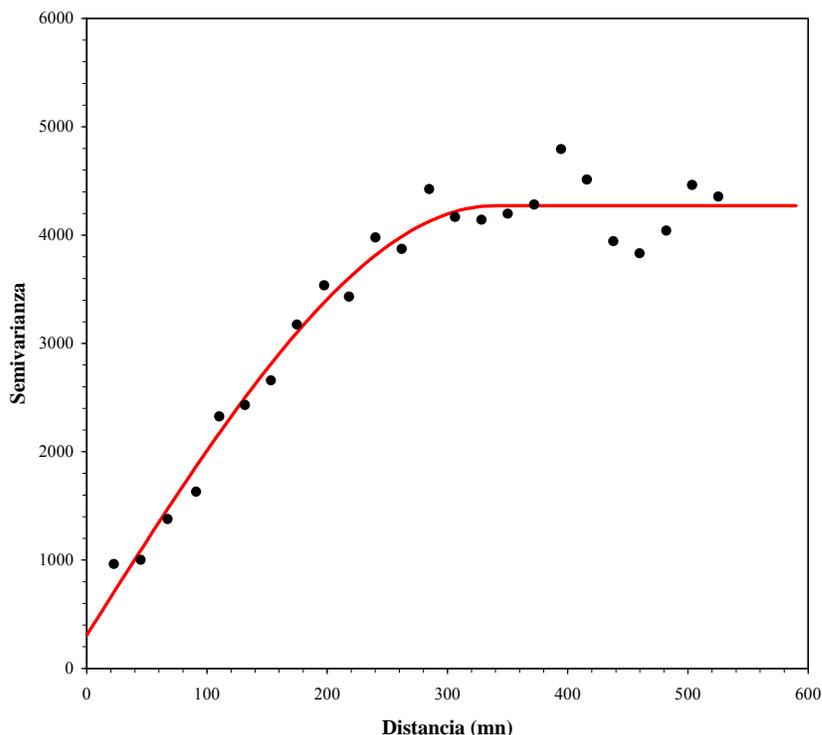


Figura 25. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de huevos de jurel (huevos/10m²) en el área de estudio, Noviembre-Diciembre de 2008.

Durante el presente crucero, se observó una cobertura zonal amplia de huevos de jurel que se verificó claramente entre los 80 y los 94°W, la que se mostró incrementada en sus densidades respecto del año anterior. En este crucero destacaron densidades de huevos comparativamente más altas (> 500 huevos 10 m⁻²) en la región occidental (al oeste de los 87°W) y un núcleo menor situado entre los 80 y 83°W. Las máximas densidades de huevos se reportaron en un núcleo bien definido situado en la región occidental, entre los 89 y 91°W y entre los 36 y 37°S con densidades superiores a los 1000 huevos 10 m⁻². En el resto del área de estudio se verificaron densidades bajas, destacando la ausencia de huevos al este de los 80°W y densidades muy bajas en los vértices NW (al norte de los 34°30'S) y SE (al sur de los 37°S).

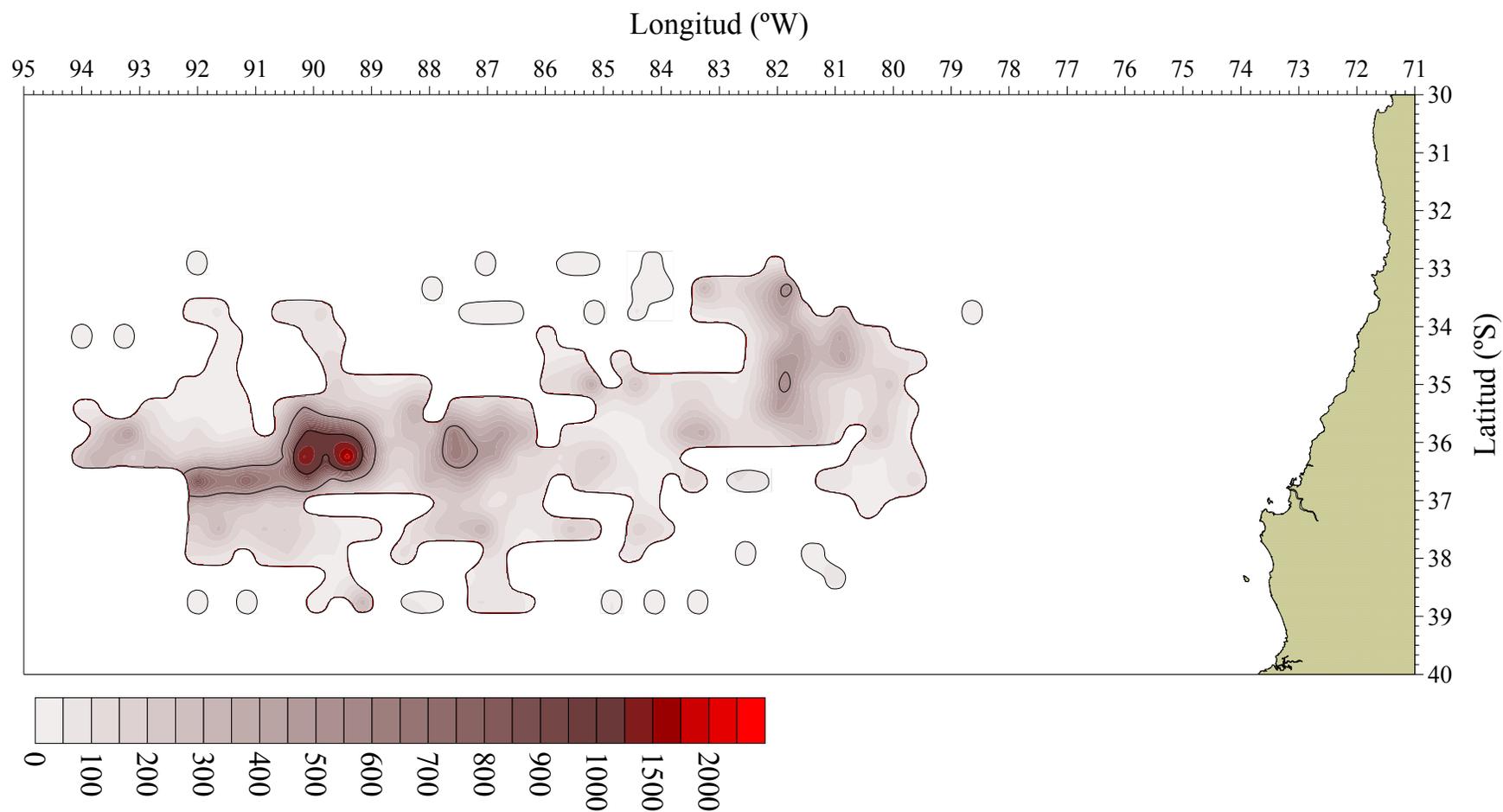


Figura 26. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de huevos (huevos/10m²) de jurel (*Trachurus murphyi*) en el área de estudio en Noviembre-Diciembre de 2008.

b) Larvas de jurel

La distribución de larvas de jurel en el área de estudio, al igual que en el caso de los huevos, presentó anisotropía zonal en la dirección Este-Oeste. El análisis estructural reveló que el rango de las estructuras alcanzaron un tamaño de aproximadamente 414 mn (**Tabla 12**). El modelo de variograma teórico ajustado al variograma experimental que representa la continuidad espacial de la densidad de larvas de jurel en el área de estudio correspondió al modelo esférico, cuyos parámetros se entregan en la **Tabla 12 (Figura 27)**.

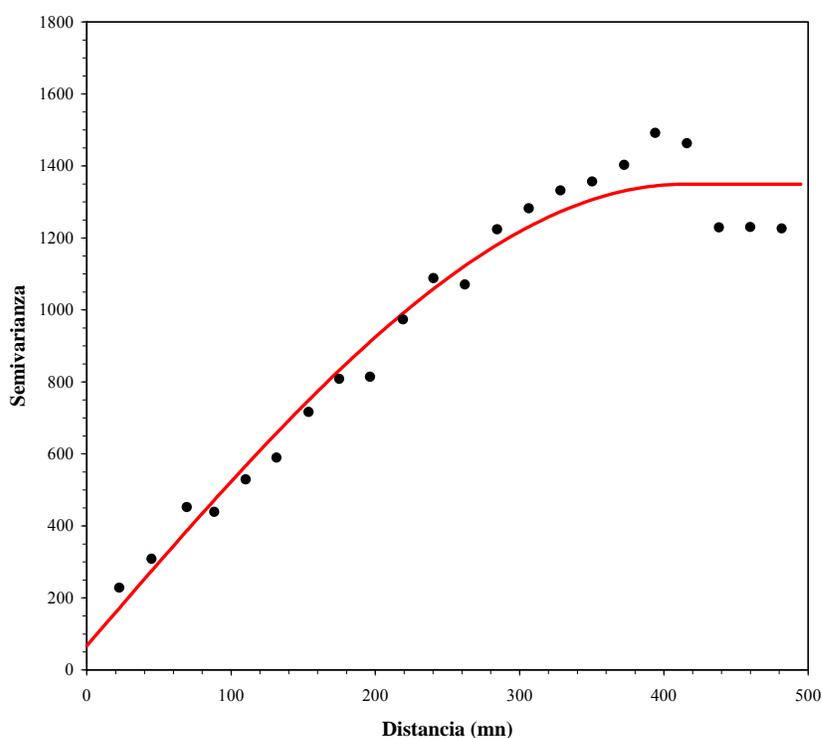


Figura 27. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de larvas de jurel (larvas 10m^{-2}) en la zona de estudio.

De la misma manera que en el caso de la distribución espacial de huevos, la distribución espacial de la densidad de larvas ($\text{núm } 10\text{m}^{-3}$) presentó 20 focos de abundancia, con la presencia de dos grandes focos de abundancia, uno entre $88^{\circ}30'W$ y $94^{\circ}30'W$, con un área cercana a 46 mil millas náuticas cuadradas, y el segundo, de mayor

envergadura localizado entre 79°30'W y 87°30'W con un área de caso 56.700 mn². La distribución espacial de larvas de jurel alcanzó en conjunto un área total de 123.885,8 mn², siendo menor que el área de distribución de huevos (16,8%), y equivalente a 29,0% del área de evaluación.

La distribución espacial de larvas de jurel descrita para este crucero (**Figura 28**), reveló una cobertura espacial relativamente similar a la reportada para los huevos de la especie, con densidades máximas asociadas al sector occidental, entre los 91 y 93°W (>600 larvas 10 m⁻²).

Las **Tablas 13 y 14** entregan los índices de abundancia de huevos y larvas de jurel para el período histórico de análisis (1997-2008). Para el caso de los huevos, en Noviembre de 2008 las estaciones positivas representaron un 34,8% de las 707 estaciones, constituyendo un porcentaje superior al del año anterior (Noviembre de 2007). Los resultados de la densidad de huevos en las estaciones totales (79,2 huevos 10m⁻²) y positivas (227,7 huevos 10m⁻²) para este crucero fueron superiores a lo reportado para el crucero del año 2007. Para el caso de las larvas de jurel, las estaciones positivas representaron un 29,6% de las 707 estaciones realizadas, porcentaje muy similar al reportado para el crucero del año 2007 y levemente superior al del año 2006. En este crucero, la densidad de larvas en las estaciones totales fue de 49,0 larvas 10m⁻² un valor menor al reseñado para Noviembre de 2007, pero en el orden y superior al mostrado para 2003 y 2006, respectivamente. Los cambios interanuales de las densidades de huevos y larvas de jurel considerando las estaciones positivas y el total de estaciones para el período histórico contrastado se presentan en las **Figuras 29 y 30**, respectivamente.

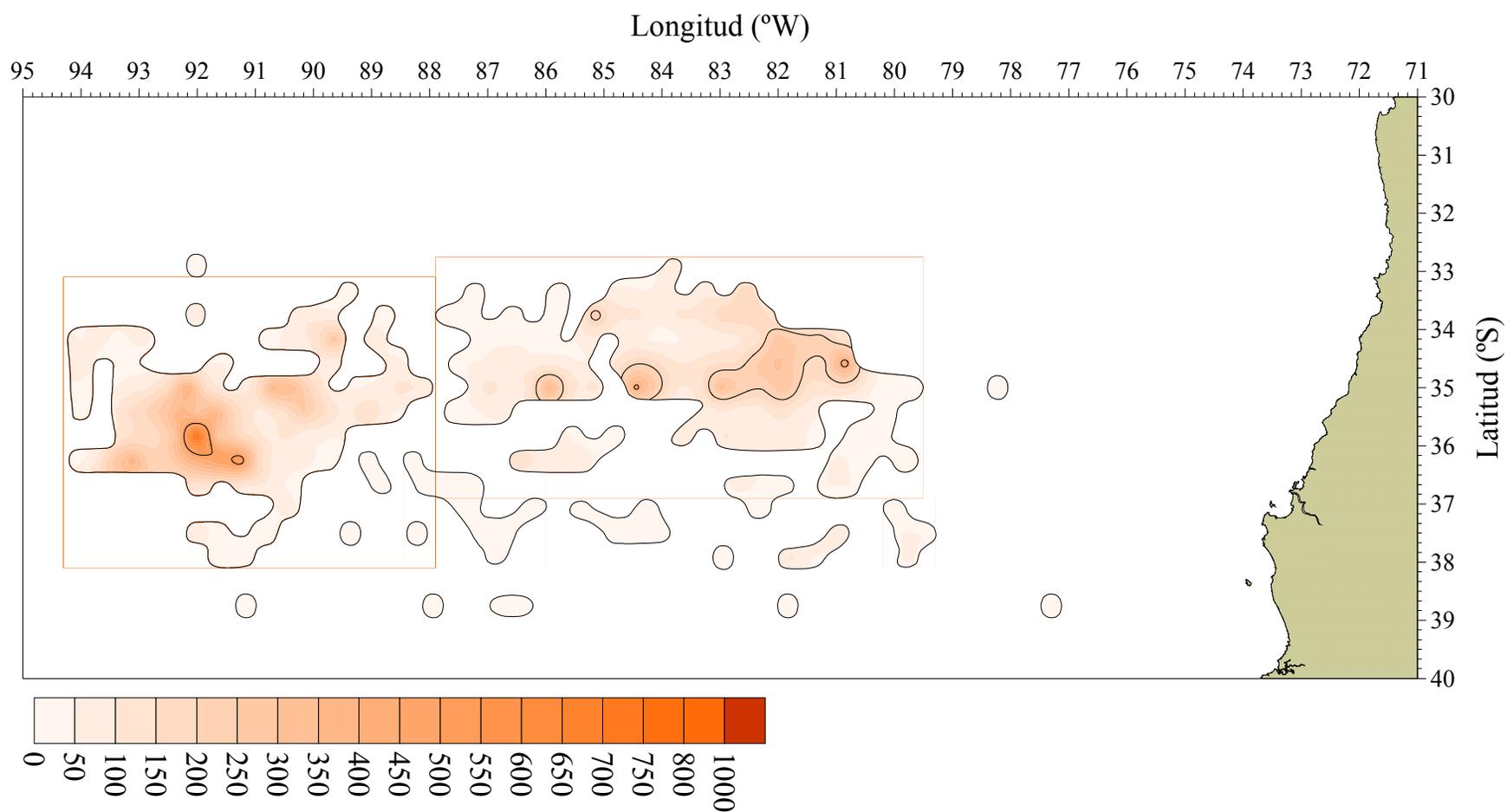


Figura 28. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de larvas (núm./10m²) de jurel (*Trachurus murphyi*) en el área de estudio en Noviembre – Diciembre de 2008.

Tabla 13. Estadística de la distribución de huevos de jurel entre 1997 y 2008. D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) = varianza de la densidad media en estaciones positivas, EE(Dpos) = error estándar; Dmin = densidad mínima, Dmax = densidad máxima, FS= estimador de Finney-Sichel; Var(FS) = varianza del estimador de Finney-Sichel, Pielou= índice de agregación de Pielou, IP= índice de parchosidad (patchness index).

Estadísticos	1997	1998	1999-n	1999-d	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Estaciones	66	173	751	363	880	661	694	910	784	791	445	707
Est. positivas	34	125	546	212	660	478	419	658	326	308	118	246
%	51,5	72,3	72,7	58,4	75,0	72,3	60,4	72,3	41,6	38,9	26,5	34,8
D	108,5	317,9	561,7	266,3	444,2	640,2	132,0	373,5	98,4	111,3	39,8	79,2
Var(D)	506,9	1903,2	3618,6	400,9	413,9	1781,8	97,6	763,0	87,9	183,0	31,7	66,7
EE(D)	22,5	43,6	60,2	20,0	20,3	42,2	9,9	27,6	9,4	13,5	5,6	8,2
Dpos	210,6	440,0	772,6	455,9	592,2	885,8	218,7	516,6	236,7	285,8	150,2	227,7
Var(Dpos)	1938,1	3653,6	6550,4	1177,8	603,1	2956,0	222,6	1347,5	408,7	1046,8	311,8	414,2
EE(Dpos)	44,0	60,4	80,9	34,3	24,6	54,4	14,9	36,7	20,2	32,4	17,7	20,4
Dmin	26,2	30,1	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4
Dmax	1176,2	3917,7	26844,1	3501,4	5199,1	11353,0	2900,2	14465,4	4420,9	4633,2	1167,1	2970,9
FS	105,8	328,3	543,5	284,6	492,3	707,7	124,4	386,2	94,4	95,1	37,1	75,8
Var(FS)	682,9	3145,2	1736,0	893,6	847,2	3065,8	71,4	689,1	63,3	89,5	21,5	53,0
Pielou	312,9	1038,0	4629,3	547,7	672,2	1591,8	426,4	1716,4	562,8	1128,1	245,1	447,4
IP	2,481	3,357	6,991	2,199	2,133	2,796	2,945	4,321	3,373	4,944	2,625	2,960

Tabla 14. Estadística de la distribución de larvas de jurel entre 1997 y 2008. D= densidad total, Var(D) = Varianza, EE(D) error estándar, Dpos = Densidad en estaciones positivas; Var(Dpos) =varianza de la densidad media en estaciones positivas, EE(Dpos)= error estándar; Dmin= densidad mínima, Dmax= densidad máxima, FS= estimador de Finney-Sichel; Var(FS) = varianza del estimador de Finney-Sichel, Pielou= índice de agregación de Pielou, IP= índice de parchosidad (patchness index).

Estadísticos	1997	1998	1999-n	1999-d	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Estaciones	66	173		363	880	660	694	910	784	791	445	707
Est. positivas	18	101		207	678	503	270	483	367	205	134	209
%	27,3	58,4		57,0	77,0	76,2	38,9	53,1	46,8	25,9	30,1	29,6
D	38,0	243,0		152,0	265,9	242,5	49,9	97,6	87,0	37,0	65,1	49,0
Var(D)	62,3	1130,5		134,7	149,4	164,1	19,2	43,9	45,1	16,1	103,7	17,5
EE(D)	7,9	33,6		11,6	12,2	12,8	4,4	6,6	6,7	4,0	10,2	4,6
Dpos	139,4	416,2		266,5	345,2	318,2	128,4	183,9	185,8	142,7	216,2	146,5
Var(Dpos)	873,6	3330,5		415,0	211,3	234,7	89,8	122,9	155,9	166,5	904,4	139,5
EE(Dpos)	29,6	57,7		20,4	14,6	15,3	9,5	11,1	12,5	12,9	30,1	12,1
Dmin	21,4	30,1		35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4
Dmax	425,2	2802,6		2157,4	3395,3	2864,8	1379,3	1697,7	2122,1	1379,3	2723,3	1237,9
FS	38,4	255,8		156,0	278,4	254,4	47,0	148,1	82,9	34,4	59,2	36,8
Var(FS)	144,5	2308,2		232,4	233,6	265,9	12,9	82,8	35,9	11,5	65,4	11,8
Pielou	112,8	808,2		322,4	415,1	371,1	188,8	322,7	308,0	239,2	560,6	217,1
IP	1,802	2,939		2,206	2,200	2,163	2,463	2,749	2,652	2,670	3,589	2,421

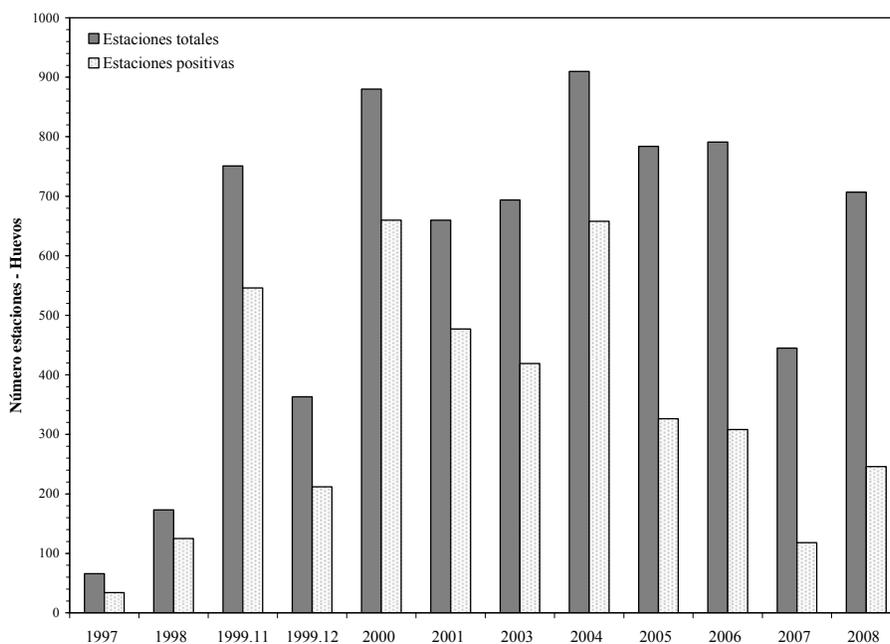


Figura 29. Cambios interanuales de las abundancias de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y totales. Período 1997-2008.

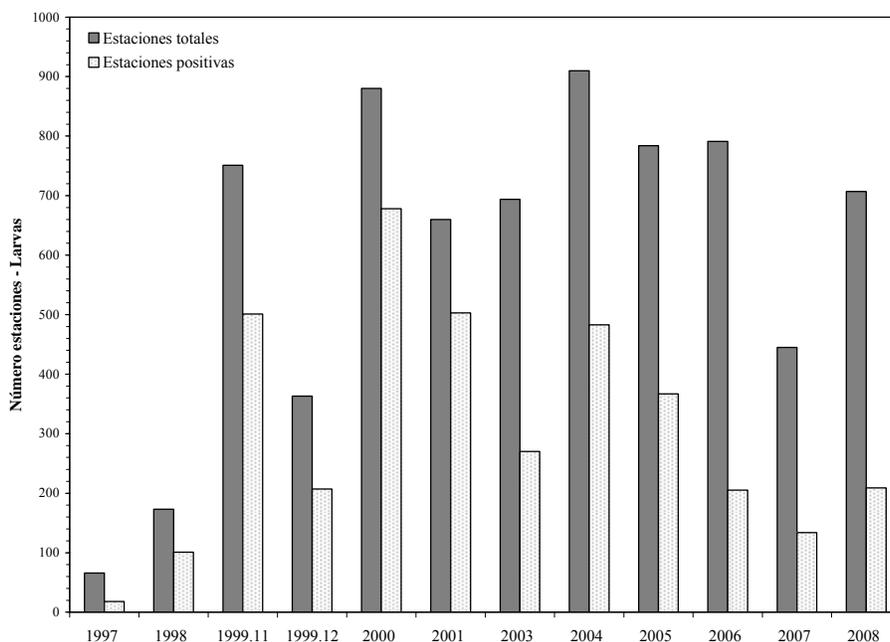


Figura 30. Cambios interanuales de las abundancias de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y totales. Período 1997-2008.

8.2.3 Relaciones Ambiente – Recurso

Rangos ambientales

Las **Tablas 15 y 16** muestran los rangos de las variables ambientales consideradas en este estudio, en los cuales se detectó presencia de huevos y/o larvas de jurel, considerando toda el área de prospección. Los resultados muestran para el caso de los huevos de jurel (**Tabla 15**) que: a) el 92% se encontró asociados a un rango de temperaturas entre los 15 y 17°C, b) prácticamente todos los huevos (99,6%) estuvieron vinculados a bajos valores de turbulencia ($<200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$), c) un 86,7% se verificó en una ventana intermedia de vientos (entre 2,6 y 4,5 m s^{-1}) y d) alta densidad de huevos en valores de energía cinética menores a $50 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$ (75,4%).

Para el caso de las larvas de jurel (**Tabla 16**), el resultado fue relativamente similar a lo ya reseñado para los huevos, esto es: a) un mayor porcentaje de larvas (96,0%) se reportó en el rango térmico de 15 a 17 °C, b) un alto porcentaje de larvas estuvo vinculada con vientos menores a $3,5 \text{ m s}^{-1}$ (71,9%) y turbulencias menores a $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ (70,8%) y, c) un mayor porcentaje de larvas (95,7%) se encontró en bajos valores de energía cinética ($< 50 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$).

Tabla 15. Porcentaje de huevos de jurel asociado a rangos ambientales de las variables Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Turbulencia ($\text{m}^3 \text{s}^{-3}$), Magnitud del viento (m s^{-1}) y Energía cinética ($\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$).

TSM ($^{\circ}\text{C}$)	%	Turbulencia ($\text{m}^3 \text{s}^{-3}$)	%	Mag. Viento (m s^{-1})	%	Energía cinética ($\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$)	%
13-14	0,0	0-50	52,7	0-1,5	0,0	0-50	75,4
14-15	6,8	51-100	36,6	1,6-2,5	1,5	51-100	11,7
15-16	60,7	101-200	10,3	2,6-3,5	42,2	101-200	10,2
16-17	31,3	201-300	0,1	3,6-4,5	44,5	201-300	2,3
17-18	0,6	301-400	0,0	4,6-6	11,3	301-400	0,0
18-19	0,2	401-700	0,0	>6	0,0	>400	0,0

Tabla 16. Porcentaje de larvas de jurel asociado a rangos ambientales de las variables Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Turbulencia ($\text{m}^3 \text{s}^{-3}$), Magnitud del viento (m s^{-1}) y Energía cinética ($\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$).

TSM ($^{\circ}\text{C}$)	%	Turbulencia ($\text{m}^3 \text{s}^{-3}$)	%	Mag. Viento (m s^{-1})	%	Energía cinética ($\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$)	%
13-14	0,4	0-50	73,2	0-1,5	0,0	0-50	79,3
14-15	2,3	51-100	24,6	1,6-2,5	4,9	51-100	12,6
15-16	17,6	101-200	2,3	2,6-3,5	61,3	101-200	7,4
16-17	65,5	201-300	0,0	3,6-4,5	30,5	201-300	0,6
17-18	14,2	301-400	0,0	4,6-6	3,3	301-400	0,0
18-19	0,0	401-700	0,0	>6	0,0	>400	0,0

8.2.4 Variabilidad ambiental y distribución espacial de huevos y larvas de jurel

Las **Figuras 31 y 32** muestran los campos horizontales de las variables ambientales en conjunto con la distribución espacial de huevos y larvas de jurel, respectivamente. La mayor densidad de huevos de jurel (**Figura 31**) se distribuyó en el sector central-occidental del área de estudio (35-37°S, y más allá de los 89°W) asociado con temperaturas superficiales entre los 15 y 17°C (especialmente vinculado con la isoterma de 16°C) quedando virtualmente ausentes de aguas con temperaturas superiores a los 18°C y menores a 14°C. Para el caso de la magnitud del viento y turbulencia, la mayor densidad de huevos de jurel se reportó asociada a valores moderados a bajos de viento ($< 5 \text{ m s}^{-1}$) y bajos de turbulencia ($< 100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$), a excepción del sector SW que se vinculó con valores levemente mayores de viento y turbulencia. Para el caso de la distribución de huevos de jurel y el campo horizontal de corrientes, no se observó una asociación espacial clara entre densidades altas y remolinos de mesoescala, aunque mayores densidades de huevos parecen asociarse a los sectores de borde de anillos y regiones de meandros.

Para el caso de las larvas de jurel, la mayor densidad larval (**Figura 32**) estuvo asociada con: a) temperaturas superficiales fluctuando entre los 15 y 17°C (aunque un mayor rango pudo apreciarse en el extremo occidental de la zona prospectada) y muy baja representación en aguas más cálidas; b) bajas a moderadas velocidades de viento; c) valores de turbulencia menores a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ y, d) una mayor asociación espacial entre densidades altas y regiones meándricas y anillos (tanto ciclónicos como anticiclónicos).

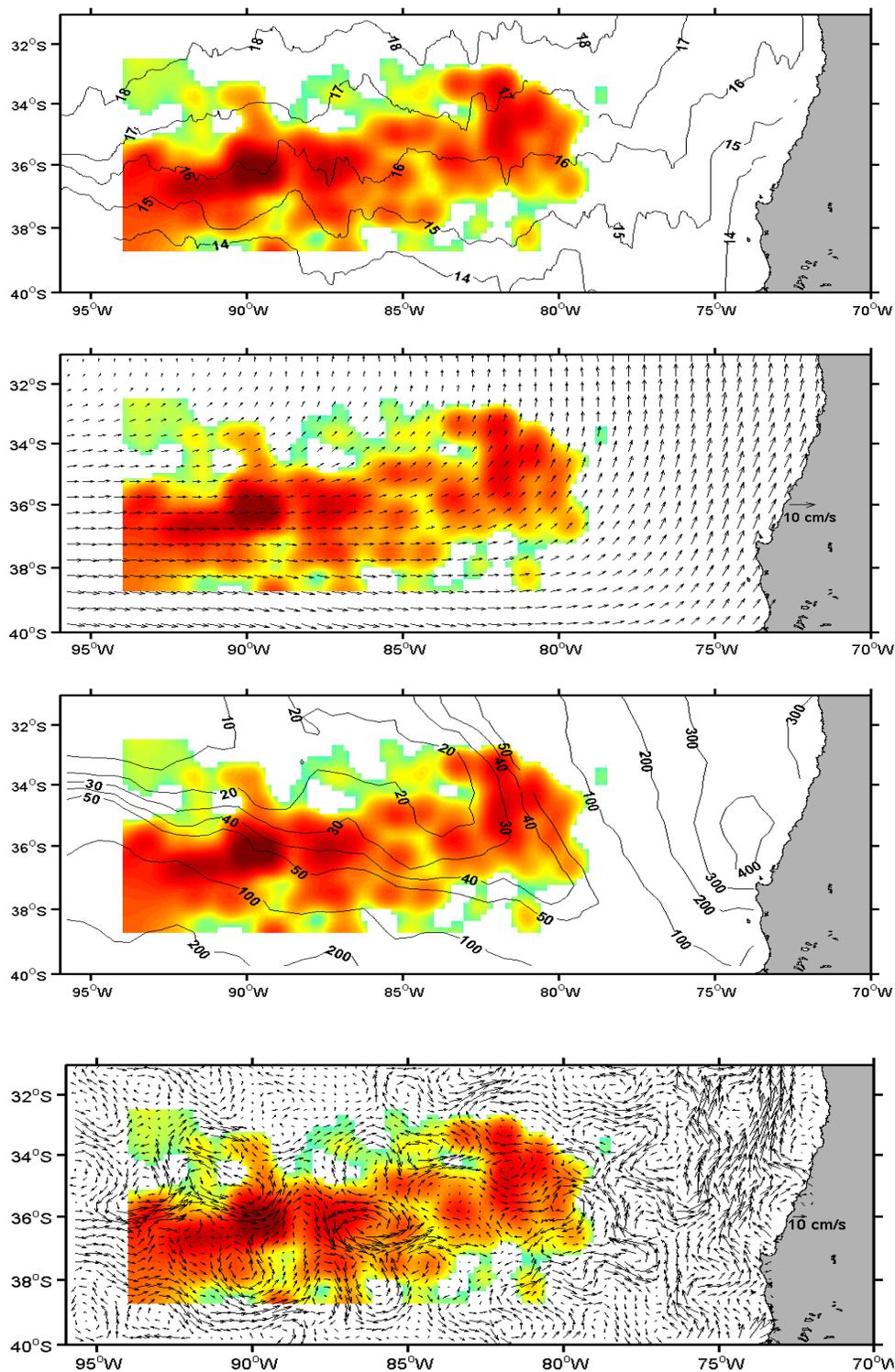


Figura 31. Distribución espacial de huevos de jurel y a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$), b) magnitud del viento (m s^{-1}), c) turbulencia ($\text{m}^3 \text{s}^{-3}$), d) corrientes geostróficas (cm s^{-1}). Noviembre – Diciembre de 2008.

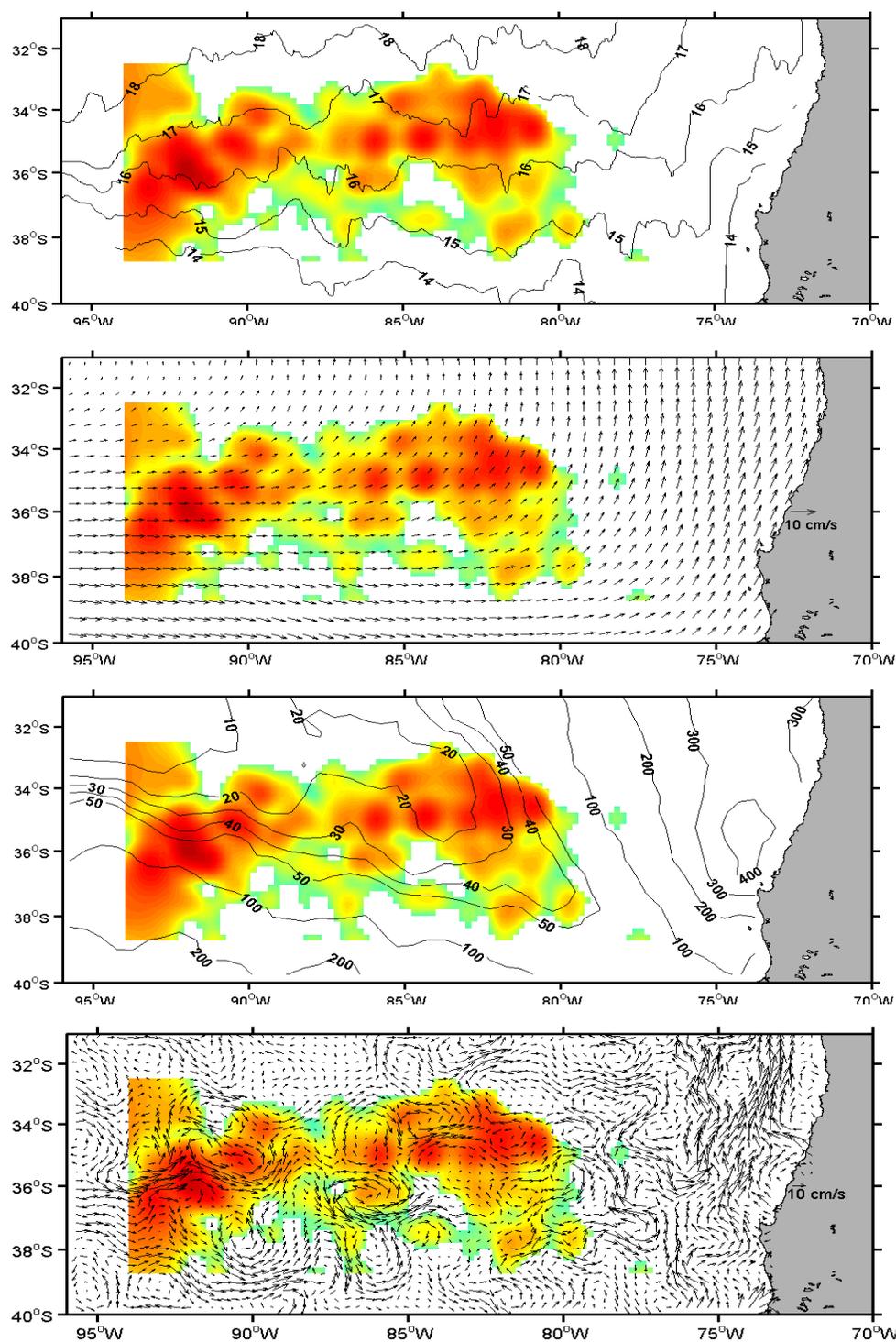


Figura 32. Distribución espacial de larvas de jurel y a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$), b) magnitud del viento (m s^{-1}), c) turbulencia ($\text{m}^3 \text{s}^{-3}$), d) corrientes geostróficas (cm s^{-1}). Noviembre- Diciembre de 2008.

8.2.5 Modelos Aditivos Generalizados

En la modelación se incluyó variables de posición (latitud y longitud) y variables que caracterizaron ambientalmente el hábitat de desove del jurel. El modelo GAM, de tipo descriptivo, se basó en la utilización de funciones de suavizamiento del tipo “*spline*”. Se utilizaron las variables densidad de huevos y de larvas independientemente para ser modeladas en función de las variables seleccionadas. En la modelación de la densidad de huevos de jurel, se obtuvo un modelo con parámetros significativos para explicar la distribución y cambios en los niveles de densidad en función de las variables de espacio y la variable ambiental.

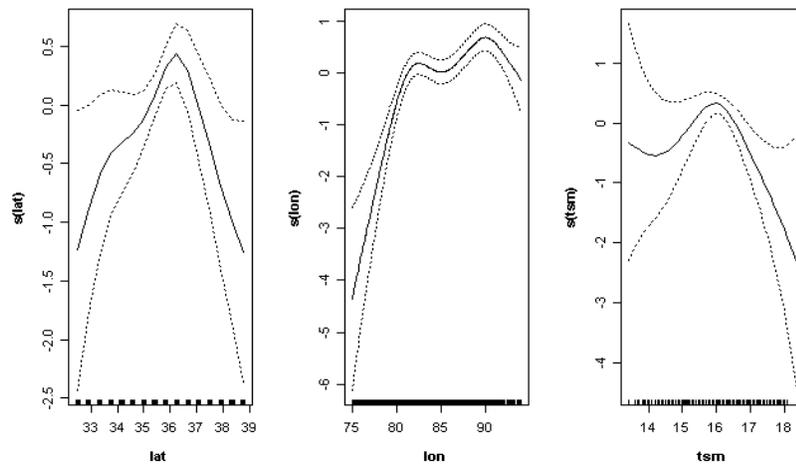
Para los huevos de jurel, los resultados de la aproximación exploratoria se presentan en la **Figura 33a**, donde se observa que la distribución de huevos se incrementa fuertemente en una banda estrecha ubicada entre los 35 y los 37°S, con un máximo de densidad en torno a los 36°S. Se observó un incremento de la densidad con la longitud, mostrando las mayores agregaciones entre los 85°W y los 92°W, con un máximo asociado a los 90°W. El efecto de la temperatura mostró una forma de domo bien definida, con máximas densidades entre los 15,2 y los 16,8°C, y un máximo asociado a los 16°C, siendo nula la influencia de esta variable ambiental hacia más valores bajos y superiores, lo que entrega límites de tolerancia o de baja preferencia del recurso, restringiendo el límite sur del hábitat de desove.

En el caso de las larvas de jurel (**Figura 33b**), las máximas densidades estuvieron asociadas a una banda ubicada más al norte que los huevos (entre los 34 y 36°S) con un núcleo en torno a los 35°S. Longitudinalmente, se observó un incremento en la densidad de larvas hacia el oeste, evidenciándose dos núcleos importantes de abundancia, uno ubicado en torno a los 83°W y otro observado en el margen oeste del área de estudio (alrededor de los 93°W). En función de la temperatura, se observó también una relación no lineal, con un efecto de domo más restringido que en huevos, mostrando máximas densidades entre los 16 y 17°C con un máximo asociado a los 16,5°C, medio grado más que en el caso de huevos, lo que es

concordante con la ubicación más hacia el norte de los principales núcleos de abundancia de larvas de jurel.

La **Tabla 17** resume la bondad de ajuste y la significancia estadística de los parámetros de los modelos ajustados para huevos y larvas de jurel en el área de estudio.

a) Huevos



b) Larvas

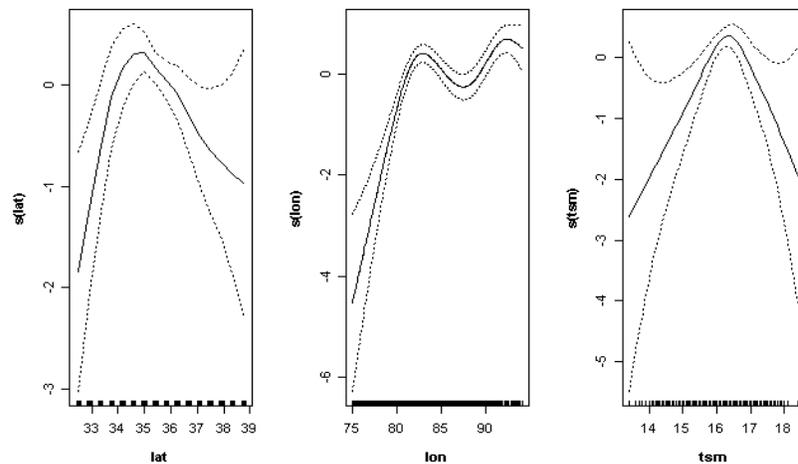


Figura 33. Densidad de a) huevos y b) larvas de jurel, en relación a variables de posición y ambiental. Noviembre - Diciembre de 2008. Las bandas representan intervalos de confianza del 95%.

Tabla 17. Parámetros de los modelos GAM aplicados a huevos y larvas de jurel.

Huevos	g.l.	N° de parámetros	Valor F	Valor de probabilidad
s (Latitud)	1	3	14.9375	1.968e-09
s (Longitud)	1	3	18.4359	1.621e-11
s (TSM)	1	3	9.5699	3.373e-06
Larvas	g.l.	N° de parámetros	Valor F	Valor de probabilidad
s (Latitud)	1	3	12.783	3.872e-08
s (Longitud)	1	3	25.871	6.661e-16
s (TSM)	1	3	14.321	4.611e-09

8.2.6 Rangos ambientales preferenciales

Para Noviembre de 2008, la existencia de rangos ambientales preferenciales en la distribución de huevos y larvas de jurel, fue explorada a partir de la metodología reseñada por **Perry & Smith (1994)** y **Perry et al. (1994)**. El área de estudio fue dividida en 4 cuadrantes para analizar la existencia de diferencias ambientales preferenciales en la extensión del área de desove.

Los resultados de este análisis se resumen en la **Tabla 18**, evidenciando la ausencia de diferencias significativas (en este caso $p < 0,05$) en la evolución de las curvas asociadas a la variable biológica ($f(t)$) y a la variable biológica ponderada por la variable ambiental ($g(t)$), revelando para el caso de los huevos de jurel, la ausencia de rangos ambientales preferenciales para la turbulencia en el área de estudio y para la temperatura en las regiones más costeras del área de desove evaluada ($p > 0,05$). Para el caso de las larvas de jurel, la región NW evidenció preferencia de larvas por aguas comparativamente más cálidas (entre 16-18°C) ($p = 0,0305$).

Tabla 18. Resultados del análisis de rangos ambientales (Perry & Smith, 1994) para huevos y larvas de jurel (Noviembre, Diciembre de 2008), considerando las zonas señaladas en texto. S= distancia máxima entre las distribuciones de frecuencia acumulativas de f(t) y de g(t). P= significancia estadística ($p < 0,05$).

HUEVOS JUREL				
TSM	Zona NW	Zona NE	Zona SE	Zona SW
P	0,005	0,9545	0,3865	0
S	0,2336	0,0472	0,115	0,252
Turbulencia	Zona NW	Zona NE	Zona SE	Zona SW
P	0,135	0,6935	0,6595	0,9705
S	0,4163	0,1727	0,1265	0,1181
LARVAS JUREL				
TSM	Zona NW	Zona NE	Zona SE	Zona SW
P	0,0305	0,1225	0,483	0,2859
S	0,1744	0,1386	0,0865	0,01
Turbulencia	Zona NW	Zona NE	Zona SE	Zona SW
P	0,072	0,8555	0,1476	0,198
S	0,3291	0,1482	0,4375	0,317

8.3 PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD INSTANTÁNEA

8.3.1 Distribución de estadios de desarrollo

En la **Figura 34**, se presenta la distribución de huevos de jurel por estadio de desarrollo, para toda la serie histórica (1999-2008), verificándose que los estadios de desarrollo 3, 5 y 6 son los más abundantes. Estos estadios aportan en promedio, para toda la serie, más del 50 % de las abundancias reportadas por año. Destaca además la baja o casi nula presencia de los estadios extremos, esto es, el I, II, X y XI. Con respecto a las abundancias, destacan los años 1999, 2000 y 2001 con los valores más altos de la serie (máximos por sobre los 100.000 huevos por estadio más abundante), a diferencia de los años 2002 (realizado el 2003), 2005 y 2006 los cuales presentaron abundancias no superiores a los 22.000 huevos en 10 m².

Los dos últimos años de estudio (2007 y 2008), reportan las abundancias más bajas de la serie, sin embargo cabe mencionar que el año 2008 las abundancias reportadas son mucho mayores que las del 2007, siendo muy similares en órdenes de magnitud a las registradas el año 2006.

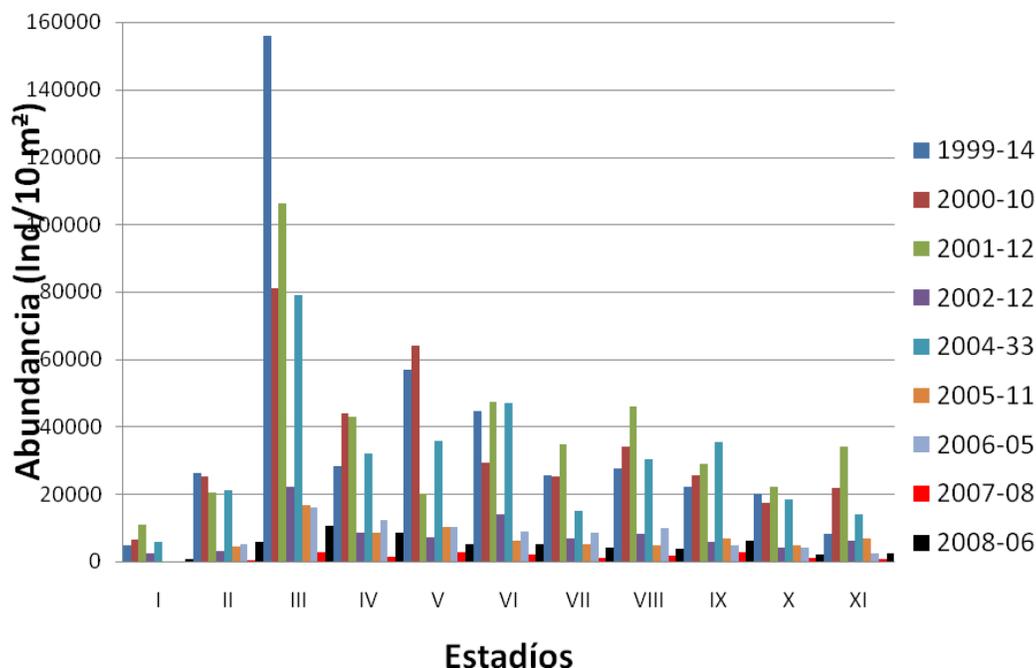


Figura 34. Abundancia de huevos de jurel agrupados por estadio de desarrollo.

8.3.2 Producción diaria de huevos y mortalidad

En la **Tabla 19**, se presentan los resultados de la estimación diaria de huevos para la serie 1999-2008 mediante el modelo tradicional por nls v/s la estimación por GLM. En general, se puede observar que ambas estimaciones poseen el mismo orden de magnitud y mantienen la misma tendencia, sin embargo las estimaciones mediante nls tienden a subestimar las estimaciones de P_0 , presentando además coeficientes de variación (C.V.) levemente mayores que los reportados mediante GLM.

Las estimaciones mediante GLM son alrededor de un 30% superiores a las estimadas mediante el método tradicional para los años 1999, 2000, 2003, 2005 y 2006 y cerca de un 15% superior para los años 2001, 2004 y 2008.

Tabla 19. Producción diaria de huevos (P_0 -huevos/10 m²d⁻¹) y tasa de mortalidad diaria (Z -h⁻¹) para la serie 1999-2008, estimada mediante regresión no lineal (nls) y por un modelo lineal generalizado (GLM).

Años	a)Modelo de Lo + nls				b)Modelo de Lo + GLM			
	Po_nls	CV_Po_nls	Z_nls	CV_Z_nls	Po_GLM	CV_Po_GLM	Z_GLM	CV_Z_GLM
1999	652.75	0.14	-0.67	0.25	979.40	0.09	-1.39	0.04
2000	491.63	0.07	-0.64	0.13	708.10	0.07	-1.09	0.04
2001	462.17	0.09	-0.32	0.26	525.02	0.08	-0.57	0.09
2003	92.04	0.11	-0.38	0.26	141.48	0.10	-0.65	0.08
2004	273.18	0.10	-0.28	0.32	327.86	0.09	-0.53	0.11
2005	99.40	0.13	-0.40	0.26	154.87	0.12	-0.56	0.14
2006	147.94	0.17	-0.42	0.35	231.78	0.12	-0.98	0.09
*2007	35.60	0.28	-0.19	0.16	27.03	0.23	-0.07	0.16
2008	114.79	0.15	-0.26	0.23	132.54	0.15	-0.67	0.11

*Año con la más baja cobertura espacial

En relación a la tasa de mortalidad diaria (h^{-1}), se observa que existe una gran variabilidad entre años, con altas tasas de mortalidad al comienzo de la serie para ambas estimaciones (Tabla 19). Sin embargo, al comparar los C.V. se observa que el ajuste de la curva de mortalidad por GLM es mucho más exacto que por nls, arrojando C.V. significativamente menores que los reportados por nls, lo cual reafirma que esta metodología es la más apropiada.

En la Tabla 20, se reportan las estimaciones de P_0 del año 2008, mediante el modelo de datación tradicional de Lo y el Multinomial. En general, las estimaciones son bastantes similares, sin embargo la datación mediante modelos multinomiales arrojó un valor de P_0 más conservativo. Este modelo de datación presenta avances desde el punto de vista estadístico, sin embargo, aún faltan algunas mejoras al modelo, relacionadas con una mejor calidad de datos (experimentos de incubación). Por lo tanto y mientras no se mejore ese último punto, las estimaciones de P_0 seguirán sobre la base de las dataciones con el procedimiento de Lo.

Tabla 20. Estimación de P_0 y Z , mediante metodologías los dos modelos de datación empelados.

Método	P_0	C.V.	Z	C.V.
GLM + Lo	132.547	0.152	-0.678	0.109
GLM + Multinomial	91.157	0.160	0.390	0.125

Al revisar la serie histórica (**Tabla 19 b**), se verifica que la producción diaria de huevos ha presentado grandes fluctuaciones, siendo las producciones del período 1999-2001 las más altas de la serie. Destaca el año 1999, en donde se observó el valor más alto (Po (ind/10 m²): 979.4). El período 2003-2006, presenta valores intermedios, con un rango de valores que van desde los 141 ind/10 m² a los 327 ind/10 m². El año 2007 registra el valor más bajo de la serie (27.03 ind/10m²), no comparable con ningún otro año de estudio. Para el año 2008, la producción diaria de huevos fue de 132.5 ind/10m², cifra casi cinco veces superior a lo reportado el año 2007, pero muy similar a lo reportado el año 2005.

En relación a la proporción del área de desove con respecto al área de estudio, esta ha sufrido variaciones en el período 1999-2008, con una tendencia a la baja. En los años 1999-2003, se observan las mayores proporciones con un valor promedio de 0.73. Sin embargo para los años 2005-2006, se observa una disminución de esta proporción, con un valor promedio de 0.57. El área de desove de los últimos dos años de estudio, son los más bajos de serie, con un 35% app. de cobertura (**Figura 35**).

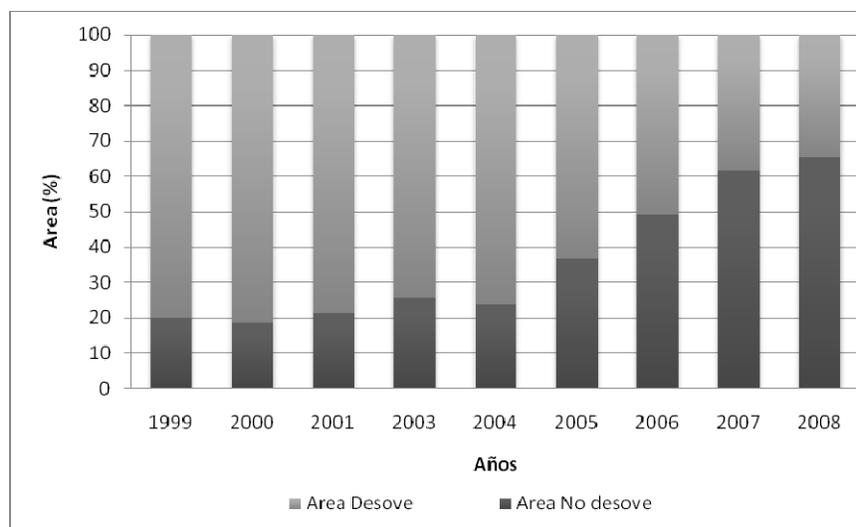


Figura 35. Proporción del área que ocupa el área de desove en relación al área total de estudio. Serie 1999-2008.

8.4 CRUCERO DE ADULTOS

Según lo acordado en el protocolo de muestreo, las embarcaciones debían realizar un lance de pesca diario, existiendo o no la visualización de algún tipo de agregación de jurel en los equipos acústicos. Producto de malas condiciones climáticas en la zona de estudio, varias embarcaciones no lograron un 100% esa exigencia, lográndose un total de sólo 26 lances de pesca.

Además de lo citado en el punto anterior, se observó una muy baja disponibilidad del recurso en el área de estudio, debiendo realizar la totalidad de los lances de manera protocolar, esto es, sin ningún tipo de avistamiento. Del total de esos lances, sólo 5 fueron positivos (19%), los cuales presentaron capturas inferiores a los 500 kilos (**Tabla 21**).

La distribución espacial de los lances se presenta en la **Figura 36**, en donde se verifica que los lances positivos estuvieron focalizados en el sector más oceánico del área de estudio (83-89°W) y al sur de los 35°S. No se registraron lances positivos en el sector más costero.

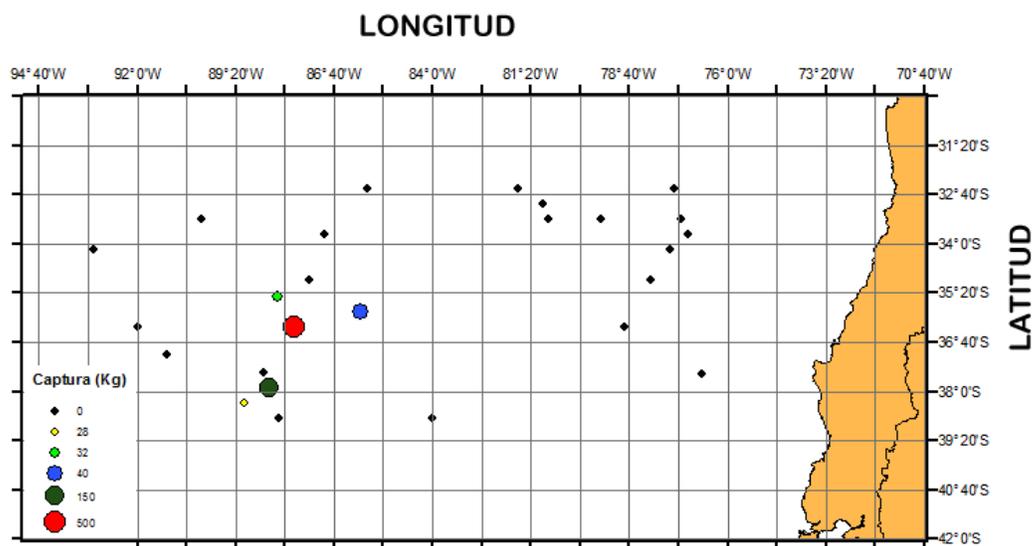


Figura 36. Distribución espacial de los lances de pesca, crucero 2008.

Tabla 21. Resumen de los lances de pesca realizados durante el crucero de 2008.

Correlativo	PAM	FECHA	Latitud	Longitud	Captura (kg)
1	Ventisquero	26-11-08	3345	7705	0
2	Ventisquero	28-11-08	3344	8657	0
3	Ventisquero	02-12-08	3255	8101	0
4	Malleco	26-11-08	3615	7848	0
5	Malleco	28-11-08	3615	8745	500
6	Malleco	29-11-08	3615	9201	0
7	Malleco	01-12-08	3500	8721	0
8	Malleco	03-12-08	3500	7805	0
9	Tridente	30-11-08	3756	8826	150
10	Chivilingo	28-11-08	3820	8906	28
11	Chivilingo	29-11-08	3701	9112	0
12	Gardar	28-11-08	3845	8400	0
13	Gardar	29-11-08	3845	8811	0
14	Gardar	01-12-08	3730	8836	0
15	Gardar	04-12-08	3731	7640	0
16	Yagán	27-11-08	3320	7715	0
17	Yagán	27-11-08	3320	7926	0
18	Yagán	28-11-08	3320	8052	0
19	Yagán	30-11-08	3320	9016	0
20	Yagán	02-12-08	3230	8547	0
21	Yagán	03-12-08	3230	8141	0
22	Yagán	04-12-08	3230	7727	0
23	Don Edmundo	27-11-08	3551	8557	40
24	Don Mauro	28-11-08	3525	8813	32
25	Don Mauro	30-11-08	3410	9313	0
26	Don Mauro	03-12-08	3410	7733	0

8.4.1 Estructura de tallas

A partir de los 5 lances positivos, se obtuvieron un total de 671 ejemplares, de los cuales 266 fueron hembras y 405 correspondieron a machos. La composición por tallas general del crucero, estuvo compuesta por ejemplares que presentaron un amplio rango de tallas que fue de los 28 a los 47 cm de longitud horquilla (LH) y una moda principal centrada en los 37 cm. Se reportó además, una moda secundaria en los 30 cm, sin embargo, el aporte de esos ejemplares en la estructura fue muy leve (6%).

No se observaron grandes diferencias al separar las estructuras por sexo, sin embargo cabe destacar que los machos presentaron una moda principal levemente superior a lo registrado en las hembras (**Figura 37**). Al igual que lo reportado en los últimos años, no se observaron ejemplares bajo talla mínima legal (< 26 cm de LH).

En fechas cercanas a la de realización del crucero, se observaron agregaciones de tipo comercial en la zona norte del país a la altura de los 30°S. La estructura de tallas de los ejemplares de jurel muestreados en esa zona, correspondieron casi en su totalidad (88 %) a ejemplares menores de 33 cm de LH (**Figura 38**). Esta fracción, tal como se mencionó en el punto anterior, también fue observada en el área de estudio del proyecto, pero con menor representatividad.

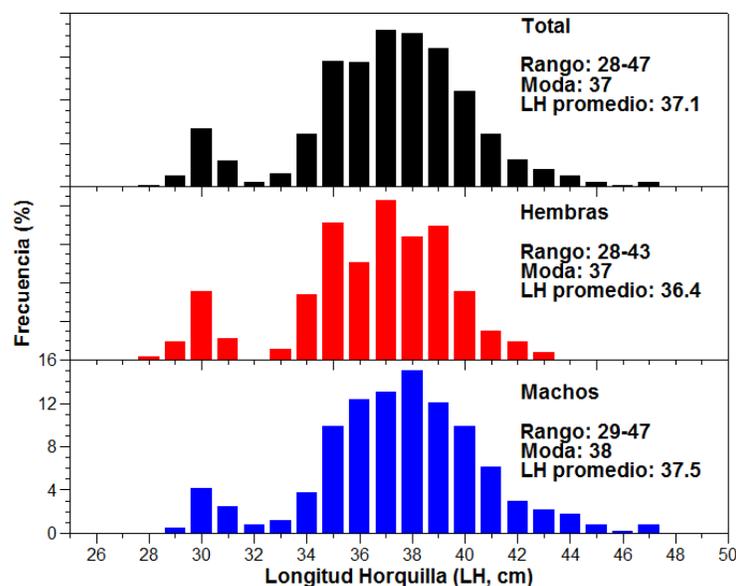


Figura 37. Distribución de frecuencia de tallas de jurel durante el crucero de 2008.

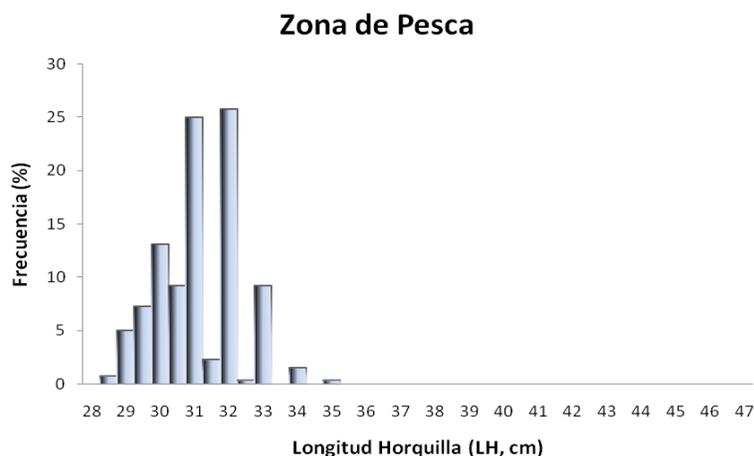


Figura 38. Distribución de frecuencia de tallas de jurel, zona de pesca, diciembre de 2008.

7.4.2 Relación Longitud-Peso y Peso Promedio de hembra madura.

La relación longitud-peso fue establecida a partir de un total de 630 ejemplares, los parámetros de la relación fueron $a = 0,009$ y $b = 3.041$ ($r^2 = 0,945$) (Figura 39a). La relación en machos ($n = 320$) fue $a = 0,011$ y $b = 2,984$ ($r^2 = 0,949$) (Figura 39b) y en hembras ($n = 310$) los parámetros fueron $a = 0,006$ y $b = 3.163$ ($r^2 = 0,945$) (Figura 39c).

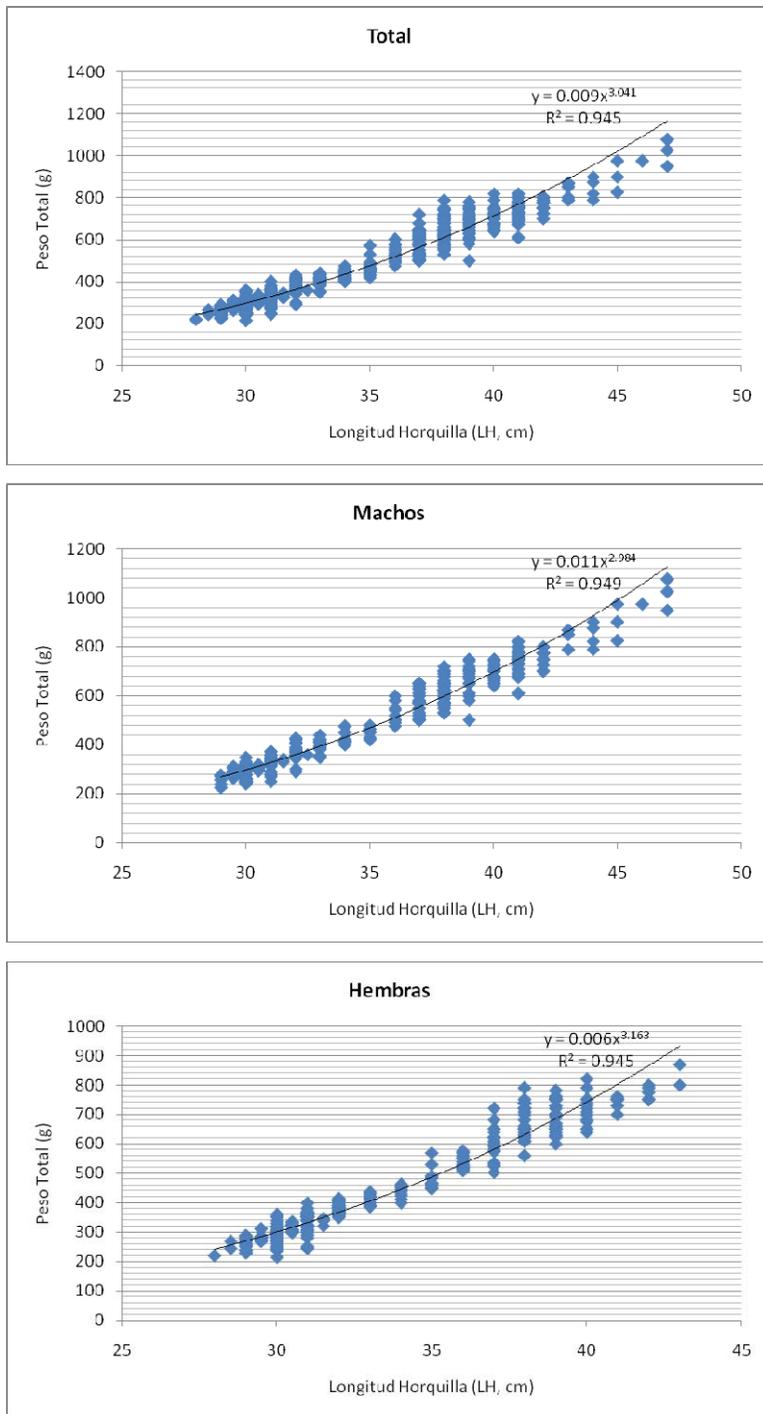


Figura 39. Relación Longitud-Peso. a) Total, b) Machos y c) Hembras, crucero 2008.

En relación al peso promedio de las hembras maduras, los resultados se presentan en la **Tabla 22**, estimándose en 624 g, con un coeficiente de variación de sólo un 5%.

Tabla 22. Estimación del peso promedio de las hembras maduras, crucero 2008.

LANCE	PROMEDIOS POR LANCE				
	LT	VAR LT	PT CORR	VAR PT	m
1	37.81	2.963	611.68	5162.951	16
2	40.12	2.610	721.60	2872.333	25
3	35.43	1.648	480.42	1867.573	14
4	35.10	1.656	461.34	2789.197	10
5	38.34	2.433	653.53	4399.625	50
PESO PROMEDIO HEMBRA =			624.720		
VARIANZA PT =			1392.735		
COEF. VARIACION =			0.059		

OBJETIVO 2: Caracterizar la condición reproductiva de jurel en la zona de estudio.

8.4.2 Número de muestras y estructura de tallas de hembras de jurel

Durante el crucero de prospección se colectó un total de 199 hembras de jurel para caracterizar la condición reproductiva, correspondiendo 169 al muestreo biológico y 30 al muestreo dirigido. Estos ejemplares fueron obtenidos por medio de 6 embarcaciones las cuales realizaron 11 lances en conjunto, observándose una variación en el número de individuos entre barcos con un mínimo de 1 y un máximo de 71 ejemplares (**Tabla 23**), lo cual refleja una marcada disminución en abundancia del jurel en el área que contempló el crucero de prospección. Sin embargo, hay que señalar que se realizó un monitoreo post-crucero con la participación de 2 embarcaciones y con una muestra de 141 ejemplares de jurel.

En relación a la estructura de tallas de esos ejemplares, el rango fluctuó entre los 28 y 43 cm LH, en donde el 58% de los ejemplares se concentró entre los 37 y 40 cm LH (**Figura 40**).

Tabla 23. Numero de lances y ejemplares del jurel por embarcación, noviembre 2008.

Embarcación	N° Lances	Biológico	Dirigido	Totales
D. Edmundo	2	47		47
Chivilingo	2	26		26
Don Mauro	2	10		10
Gardar	1	1		1
Malleco	2	14	30	44
Tridente	2	71		71
Total	11	169	30	199

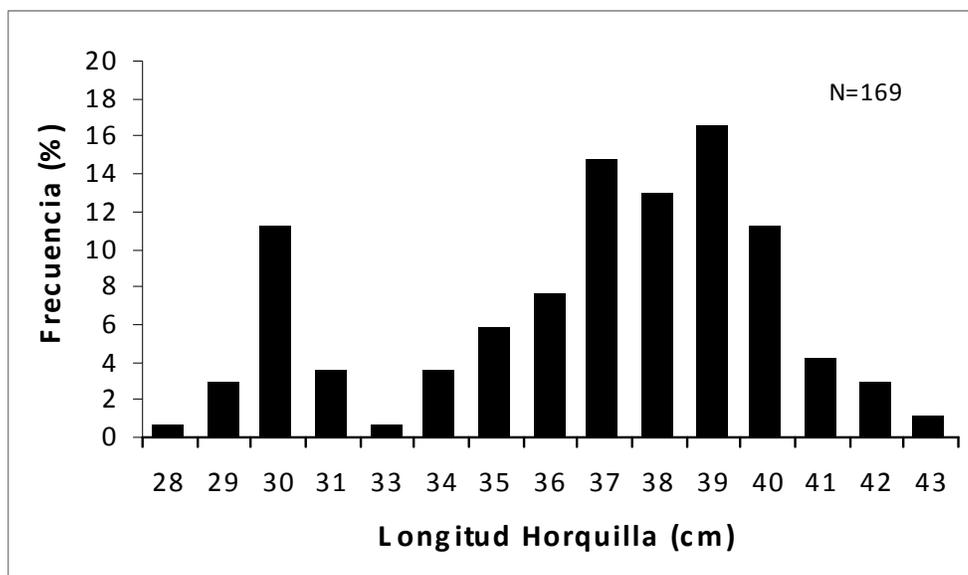


Figura 40. Frecuencia de tallas de hembras de jurel, noviembre 2008.

8.4.3 Examen macroscópico de la condición reproductiva

En el análisis sobre la condición reproductiva del jurel se utilizaron solamente hembras provenientes del crucero de prospección.

a) Índice gonadosomático

El índice gonadosomático (IGS) calculado para cada ejemplar y promediado por cada 1 cm de LH, presenta un aumento paulatino desde los 31 cm hasta llegar al máximo en los 34 cm LH con un valor de 4,7 (**Figura 41**). Posteriormente se observa un descenso del IGS hacia tallas mayores con valores cercanos a 3 que se mantienen relativamente constantes hasta los 43 cm LH (**Figura 41**), atribuible posiblemente a que la fracción más longeva de la población se encuentra en un periodo de desove, ha experimentado desoves parciales o a la falta de ejemplares de mayor tamaño en los cuales la evolución del desarrollo gonádico se hace más evidente con el aumento en peso de las gónadas.

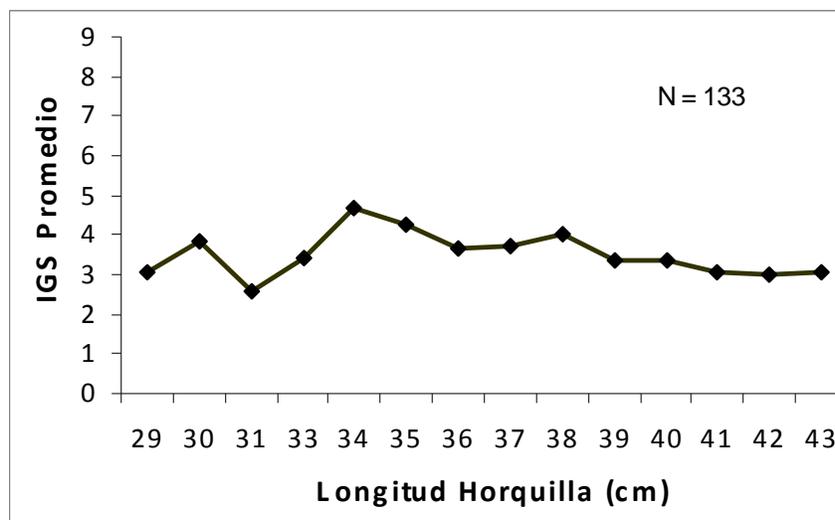


Figura 41. Variación del IGS promedio con la longitud de horquilla correspondiente a las muestras de hembras de jurel, noviembre-diciembre 2008.

La relación del IGS con los estados de madurez sexual macroscópicos muestra un notable aumento del valor del IGS desde el estado de madurez maduro (E3) con un valor promedio de 3,1 hasta el estado de madurez hidratado (E4) con un valor de 7,4, poniendo de manifiesto el desarrollo de la actividad de maduración gonádica previa al desove (**Figura 42**).

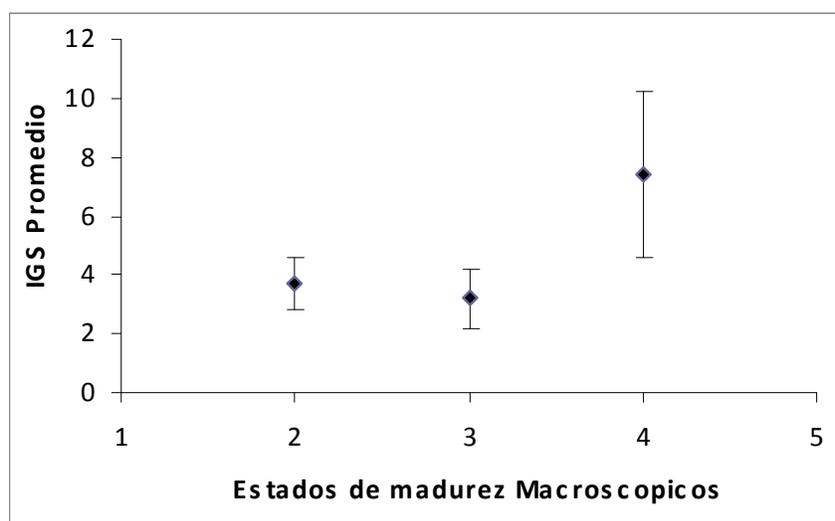


Figura 42. Valores de IGS promedios correspondiente a los estados de madurez sexual macroscópicos en hembras de jurel, noviembre-diciembre 2008.

En la **Figura 43** se presentan los valores de IGS promedios de los estados de madurez macroscópicos por día de muestreo, donde se observa que el estado maduro (E3) presenta valores que no tienen grandes fluctuaciones en la totalidad de los días. En el caso de los estados de madurez madurando (E2) e (E4) hidratado no se puede establecer una tendencia, debido a la ausencia de éstos en 3 días de muestreos. Sin embargo, el estado hidratado manifiesta un fuerte descenso en el valor del IGS desde el día 28 al 30, lo que podría estar asociado a un evento de desove en desarrollo. Por su parte el estado madurando (E2) evidencia una pausada disminución en el valor del IGS lo que coincide con el aumento en el valor del estado de madurez maduro (E3), dando cuenta del proceso de madurez gonádica.

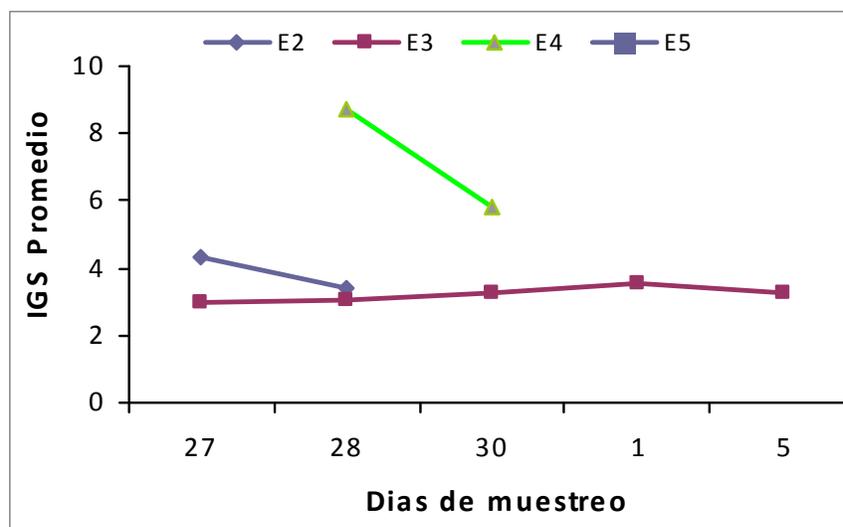


Figura 43. Valores promedios de IGS para los estados de madurez macroscópicos correspondiente a los días de muestreo de jurel, noviembre-diciembre 2008.

b) Estados de madurez macroscópicos

En relación con la proporción de los diferentes estados de madurez sexual macroscópica (EMMa) se observa, para el total de la muestra aleatoria, un predominio del estado de madurez maduro (E3) representando el 85 % del total, seguido en menor medida por los estados hidratado (E4) y madurando (E2) con el 7 % y 6 %, respectivamente. Cabe señalar que no se observaron en la muestras los estados de madurez Inactivo (E1) y en regresión (E5) (**Figura 44**).

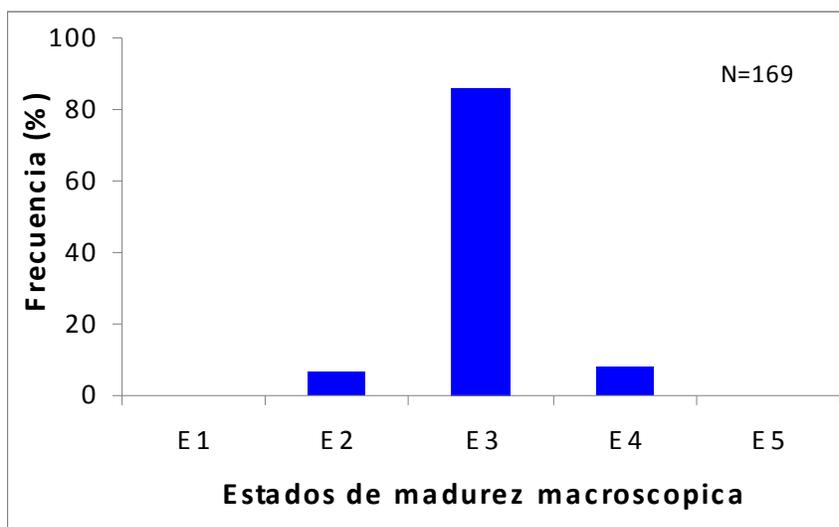


Figura 44. Frecuencia porcentual de los estados de madurez sexual macroscópicos para el total de la muestra aleatoria, noviembre-diciembre 2008.

El examen por embarcación muestra un predominio del estado de madurez maduro (E3) en la totalidad de los barcos, con valores que fluctúan entre el 60% en el PAM Don Mauro y 100% en el PAM Chivilingo. Por su parte el estado de madurez madurando (E2) sólo está presente en el PAM Don Edmundo con un valor del 23 %. A su vez el estado de madurez hidratado presenta valores que fluctúan entre el 5,6% en el PAM Tridente y el 40% en el PAM Don mauro, y que estuvieron ausentes en las embarcaciones PAM Chivilingo y Gardar (**Tabla 24, Figura 45**).

Tabla 24. Número y porcentaje de los estado de madurez sexual macroscópicos por embarcación.

EMMa						
Embarcación	E1	E2	E3	E4	E5	Total
D. Edmundo	0	11 (23,4)	33 (70,2)	3 (6,4)	0	45
Chivilingo	0	0	26 (100)	0	0	26
Don Mauro	0	0	6 (60)	4 (40)	0	10
Gardar	0	0	1 (100)	0	0	1
Malleco	0	0	12 (85,7)	2 (14,3)	0	14
Tridente	0	0	67 (94,4)	4 (5,6)	0	71
Total	0	11 (6,5)	145(85,7)	13 (7,6)	0	169

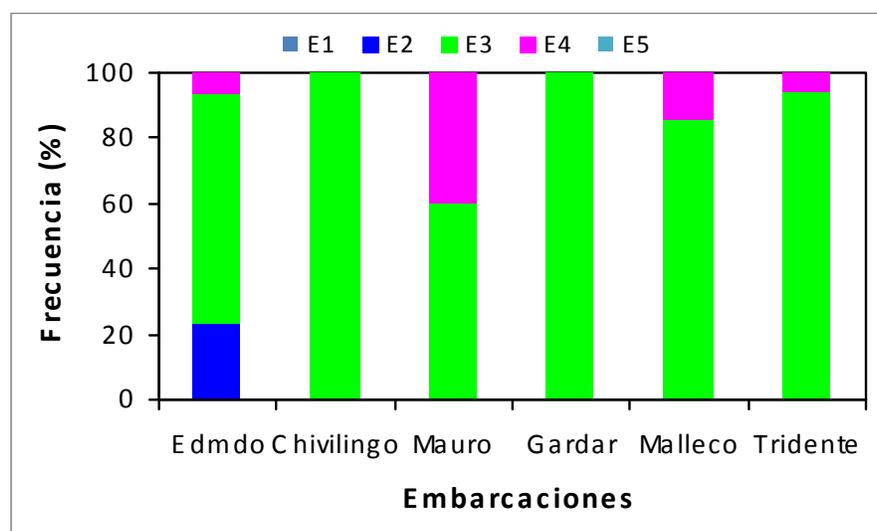


Figura 45. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópica por embarcación.

El análisis por días de muestreos (27 noviembre - 5 diciembre) podría estar indicando posibles eventos de desove de una fracción de la población durante los días 28 y 30, debido a la presencia del estado de madurez hidratado con valores del 14% y 8,5 %, respectivamente (**Tabla 25**). El estado madurando (E2) sólo se presenta en los días 27 y 28 con valores del 37 y 10 %, respectivamente. No se registraron ejemplares en regresión (E5) ni inactivos (E1) (**Tabla 25, Figura 46**).

De esta forma, el estado predominante y presente durante toda la extensión del crucero fue el estado maduro (E3) con valores que fluctúan entre el 62 y 100%.

Tabla 25. Numero y frecuencia de los estados de madurez sexual macroscópicos por fecha de captura, noviembre-diciembre 2008.

EMMa						
Día	E1	E2	E3	E4	E5	Total
27-nov	0	6 (37,5)	10 (62,5)	0	0	16
28-nov	0	5 (10)	38 (76)	7 (14)	0	50
30-nov	0	0	65 (91,5)	6 (8,5)	0	71
01-dic	0	0	1 (100)	0	0	1
05-dic	0	0	31 (100)	0	0	31
Total	0	11 (6,5)	145 (85,7)	13 (7,6)	0	169

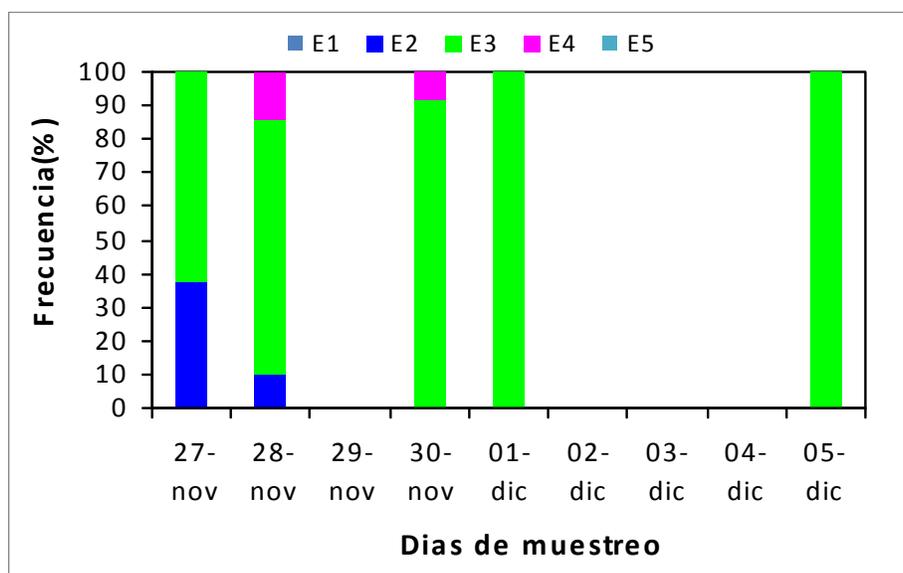


Figura 46. Frecuencia (%) de estados de madurez sexual macroscópicos según día de muestreo, noviembre-diciembre 2008.

8.4.4 Examen microscópico de la condición reproductiva

Se obtuvieron 133 ejemplares hembras, para caracterizar la condición reproductiva del jurel mediante los estados de madurez sexual microscópicos (EMMi). En cada preparación histológica se determinó la presencia de las estructuras siguientes: a) ovocitos que no han iniciado la vitelogénesis; b) Ovocitos que han iniciado el proceso vitelogénico; c) ovocitos en

vitelogénesis avanzada; d) ovocitos maduros (vitelogénesis completa); e) ovocitos hidratados; f) folículos postovulatorios (FPO) y g) folículos atrésicos.

El examen de las placas histológicas correspondiente a las hembras de jurel mediante observación microscópica muestra la presencia de los distintos estados de madurez sexual, con un predominio de los estados vitelogénico (E3) y maduro (E4) con el 50% y 48% del total, seguidos en menor medida por el estado previtelogénico (E2) con el 0,7% (**Figura 47**).

a) Índice gonadosomático

El análisis de los estados de madurez sexual microscópicos con respecto a los valores del IGS muestra una relación directa, ya que representa el crecimiento en biomasa del ovario a medida que se alcanza la madurez total, correspondiendo el máximo valor con la hidratación de los ovocitos (**Figura 48**). De esta manera se inicia con valores que comienzan en 1,4 (previtelogenico) alcanzando el peak con un valor de 7,7 (hidratado), para descender con el proceso de desove a 2,9 (FPO).

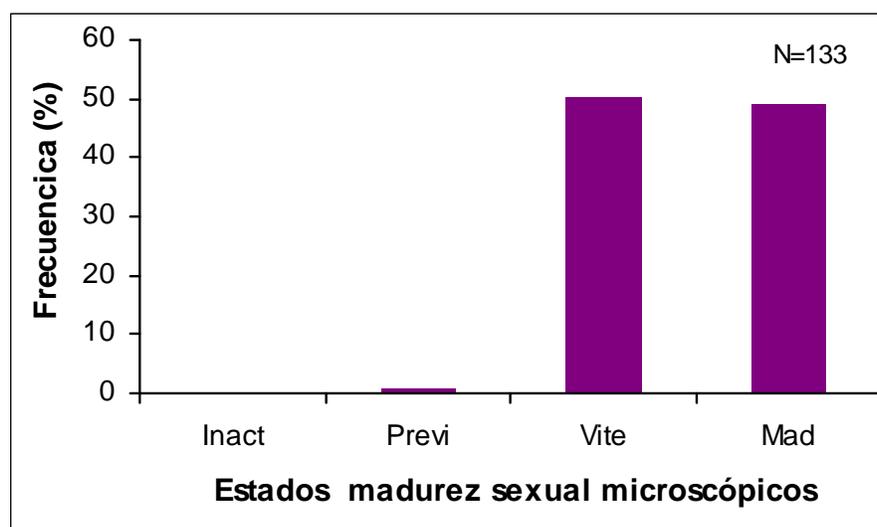


Figura 47. Frecuencia (%) de EMMi determinada en hembras del jurel, noviembre-diciembre 2008.

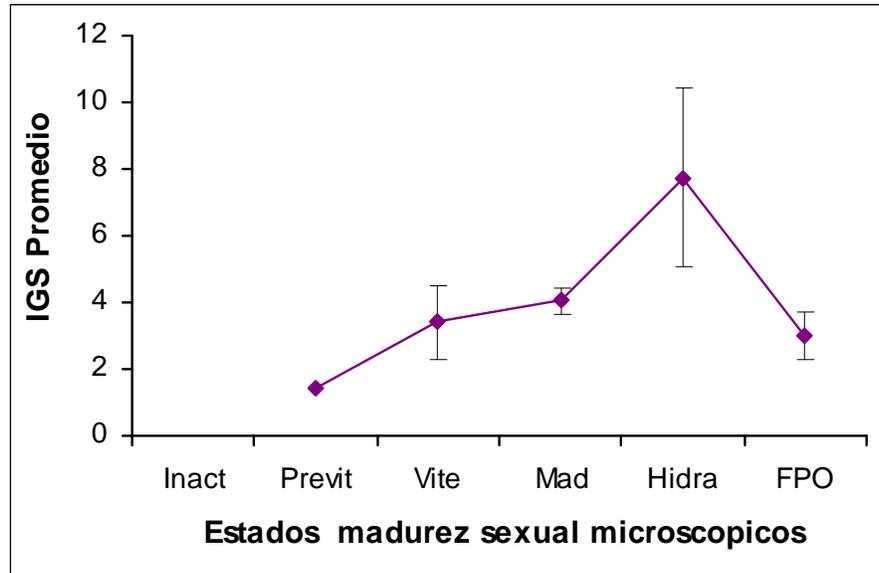


Figura 48. Valores promedios del IGS (\pm d.e) correspondiente a los diferentes estados de madurez microscópicas, noviembre-diciembre 2008.

b) Estados de madurez microscópicos

La distribución de los estados de madurez sexual microscópicos durante el crucero por día de muestreo en el área de desove del jurel muestra eventos de desove (FPO) casi en la totalidad de los días, lo que estaría indicando que la población de jurel se mantuvo en un estado de puesta durante la mayor parte del periodo del crucero (**Figura 49**). Sin embargo, durante el día 1 de diciembre no se observó ejemplares con indicios de desove (FPO) atribuible posiblemente al escaso número de individuos capturados ($n = 1$). De esta manera los días 28 y 30 presentan los más altos porcentaje de hembras con FPO con valores del 51% y 40% respectivamente, comportamiento semejante ocurre con el estado de madurez hidratado con valores del 16% y 9% asociado a una mayor intensidad del proceso de desove durante estos días. Para el resto de los días que contempló el crucero se observa el predominio del estado vitelogénico con valores que fluctúan entre el 50% y 100%. A su vez el estado previtelogénico se encuentra presente sólo el primer día de muestreo con un 14% (**Figura 49**).

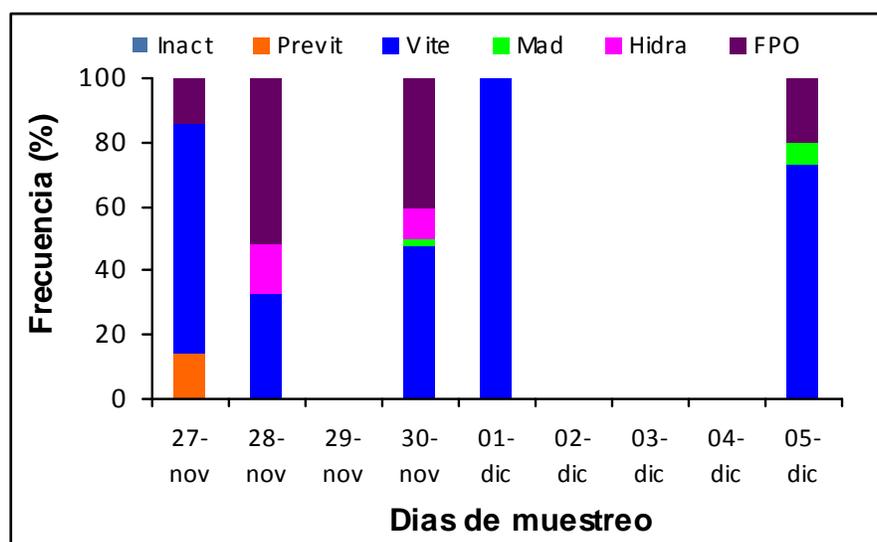


Figura 49. Frecuencia (%) de los EMMi por día de muestreo obtenidos en el crucero del jurel, noviembre- diciembre 2008.

La frecuencia porcentual de los EMMi por embarcación en el área de desove del jurel, durante el crucero, señala fluctuaciones entre los barcos asociados posiblemente a la captura de cardúmenes que se encuentran en distinto estado de madurez sexual (pre, en desove y postdesove). Sin embargo, en casi todas las capturas realizadas por las diferentes embarcaciones se observó el predominio de estados avanzados de madurez o en desove reciente (FPO), con la excepción del PAM Chivilingo donde predominó el estado vitelogénico con un 96% (**Figura 50**).

El examen sobre la presencia de atresia, muestra que sólo un 2,25% de las hembras presentaron folículos atrésicos (3 de 133), porcentaje que en los años anteriores (2001 a 2005) fue superior al 28%.

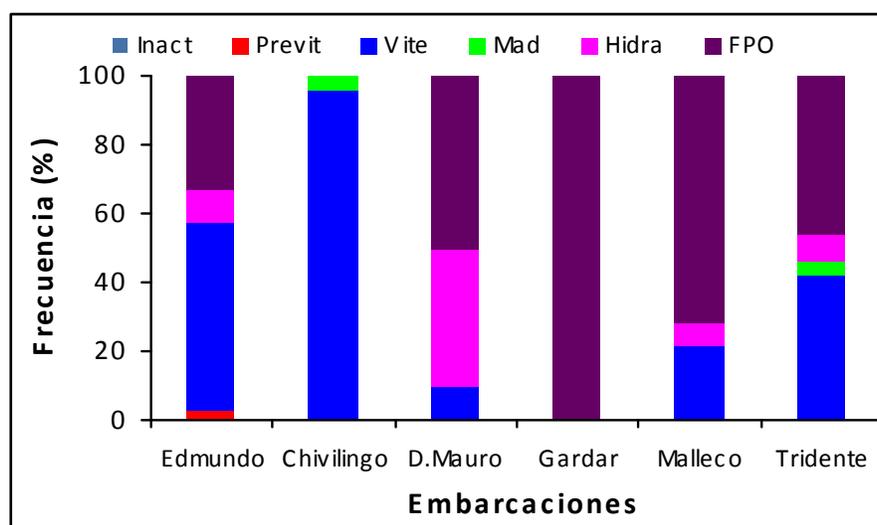


Figura 50. Frecuencia (%) de los EMMi por embarcaciones obtenidas en el crucero del jurel, noviembre- diciembre 2008.

8.4.5 Fracción de hembras desovantes

En la determinación de la proporción de los estados foliculares se siguió la caracterización descrita por **Hunter & Goldberg (1980)** que establece folículos postovulatorios (FPO) de día 0, 1 y 2. La distinción entre los diferentes estados foliculares se estableció sobre la base de que el mecanismo de degeneración y reabsorción de los FPO es un proceso continuo (**Macewicz & Hunter, 1993**). Por esta razón las estructuras utilizadas como indicadores de la "edad" de los FPO, son aquellas que reflejan algún cambio evidente, en este caso, el tamaño y forma del folículo.

Los estimados de la proporción de FPO fluctuaron entre 0,0000 y 0,3889 con una proporción media de 0,1713 (**Tabla 26**). La fracción del día 1 fue de un 9% en cambio la del día 2 fue de un 25%. Claramente existen diferencias significativas entre ambas frecuencias (GLM binomial (link= logit), $p(\chi^2) = 0.009$), lo cual no hace recomendable emplear un promedio de ambas estimaciones (17%). Basándose en las frecuencias de desove observadas en años anteriores, las cuales son más cercanas a un 10 que a un 25% (a excepción del año 2004), es que se determinó que el mejor estimado correspondería a la fracción del día 1, es decir, que el 9 % de hembras desovó en forma diaria durante este periodo (cada 11 días).

Sin embargo, es importante señalar que el año 2008 hubo un bajo número de lances disponibles para estas estimaciones, lo cual se tradujo en una baja precisión de las mismas (**Tabla 26**), motivo por el cual, deben tomarse con reserva.

Tabla 26. Frecuencia de estados de madurez microscópicos y de FPO, según edad, para la estimación de frecuencia de desove por lance (EMMi = estados de madurez microscópicos; FPO 0, 1 2 = folículos postovulatorios de día 0, 1 y 2; F DESOV 1, 2, 1+2 = fracción desovante 1, 2 y 1+2).

Lance	EMMi 1	EMMi 2	EMMi 3	EMMi 4	EMMi 5	FPO 0	FPO 1	FPO 2	Nº	FREC DESOV 1	FREC DESOV 2	FREC DESOV 1+2
1	0	0	8	6	2	0	2	4	6	0,1176	0,2353	0,1765
2	0	0	24	1	0	0	0	0	5	0,0000	0,0000	0,0000
3	0	0	3	0	1	0	3	7	4	0,1667	0,3889	0,2778
4	0	0	1	5	4	0	2	3	0	0,2353	0,3529	0,2941
5	0	0	21	25	4	0	4	18	0	0,0702	0,3158	0,1930
							Media			Var.		C.V.
							FRACCION DESOVANTE FPO 1 =			0,088	8E-04	0,316
							FRACCION DESOVANTE FPO 2 =			0,255	0,005	0,269
							FRACCION DESOVANTE FPO 1+2 =			0,171	0,002	0,258

8.4.6 Fecundidad de jurel durante el periodo noviembre -diciembre 2008

Se seleccionaron 38 hembras potenciales, para la determinación de fecundidad de jurel a partir de individuos clasificados como estado macroscópico E4 en los muestreos aleatorios de los cruceros de prospección y los denominados hidratados del muestreo dirigido. Los correspondientes exámenes microscópicos para constatar el estado hidratado, determinar la presencia de FPO y la existencia de atresias en los 38 ovarios para ser utilizadas en la determinación de la fecundidad, arrojó que sólo 22 ovarios de los ejemplares seleccionados no presentaban indicios de desove (FPO) y de reabsorción (atresias) por lo cual cumplían con los requisitos para la estimación de fecundidad parcial.

a) Fecundidad parcial por hembra madura

Las hembras seleccionadas (hidratadas) presentaron un rango de talla que fluctuó entre los 30 y 39 cm de longitud horquilla (LH) y un peso total que exhibió rangos desde los 290 a los 700 grs. El ajuste de la fecundidad parcial fue realizado en base a tres parámetros: longitud horquilla (LH), peso total (PT) y peso corporal (PC), mediante una regresión lineal simple.

Los resultados de esas relaciones se presentan en la **Tabla 27**. Basándose en el coeficiente de determinación (R^2) y en el error medio cuadrático (MSE), se verifica que el mejor ajuste correspondería a la relación entre el N° de ovocitos v/s el Peso Total, sin embargo esta relación presenta un R^2 de sólo un 12 %, lo cual no es muy explicativo. Además cabe mencionar que los parámetros estimados de todas las relaciones no fueron significativos ($p > 0.05$).

Tabla 27. Resumen de las estimaciones de fecundidad parcial mediante regresión lineal.

Relación	a	b	R2	MSE
N° ovocitos- LH	34116.09	2543.89	0.12	373079074
N° ovocitos- PT	23646.40	61.80	0.12	371164791
N° ovocitos- PC	32122.92	48.22	0.07	394338452

b) Fecundidad media poblacional

Las hembras hidratadas empleadas en la estimación de la fecundidad parcial, no entregaron relaciones adecuadas ni significativas para los modelos ajustados. Esta situación se contradice con estudios que avalan una fuerte relación entre la fecundidad parcial y la longitud y/o peso del ejemplar (**Hunter & Goldberg, 1980, Hunter & Lo, 1997**), por lo que la información recopilada para estas estimaciones fue desestimada.

Es por ello, que la fecundidad media poblacional fue estimada considerando los ajustes de fecundidad obtenidos el año 2006. De esta forma, las estimaciones de fecundidad por lance y

total, obtenidas a través de la relación entre la fecundidad parcial y el peso corporal, se presentan en la **Tabla 28**.

Tabla 28. Estimación de fecundidad media poblacional para hembras de jurel, noviembre 2008

VALORES PROMEDIOS POR LANCE				
Lance	L. horquilla	P. Total (Corr)	Fecundidad	m
1	37,81	611,68	54129	16
2	40,12	721,60	63440	25
3	35,43	480,42	43875	14
4	35,10	461,34	41337	10
5	38,34	653,53	57872	50
FECUNDIDAD PROMEDIO:				55.419
VARIANZA FECUNDIDAD:				27032792,61
COEFICIENTE VARIACION:				0,0938

8.4.7 Monitoreo diciembre 2008 (fuera de prospección)

8.4.7.1 Numero de muestras y estructura de tallas del Jurel

En días posteriores al crucero de prospección se efectuó un monitoreo, entre los días 11 y 17 de diciembre, donde se recolectaron un total de 141 muestras hembras de jurel, las cuales fueron capturadas por las embarcaciones PAM Chivilingo y San José (**Tabla 29**).

Tabla 29. Numero de lances y ejemplares del jurel por embarcación, diciembre 2008.

Embarcación	N° Lances	Total
Chivilingo	2	83
San José	1	58
Total	3	141

Las muestras de hembras obtenidas permiten establecer una estructura de talla restringida que fluctúa entre los 28 y 34 cm longitud horquilla (LH), concentrándose la mayor cantidad de ejemplares en los 31 y 32 cm LH con frecuencias del 26% para ambas tallas (**Figura 51**).

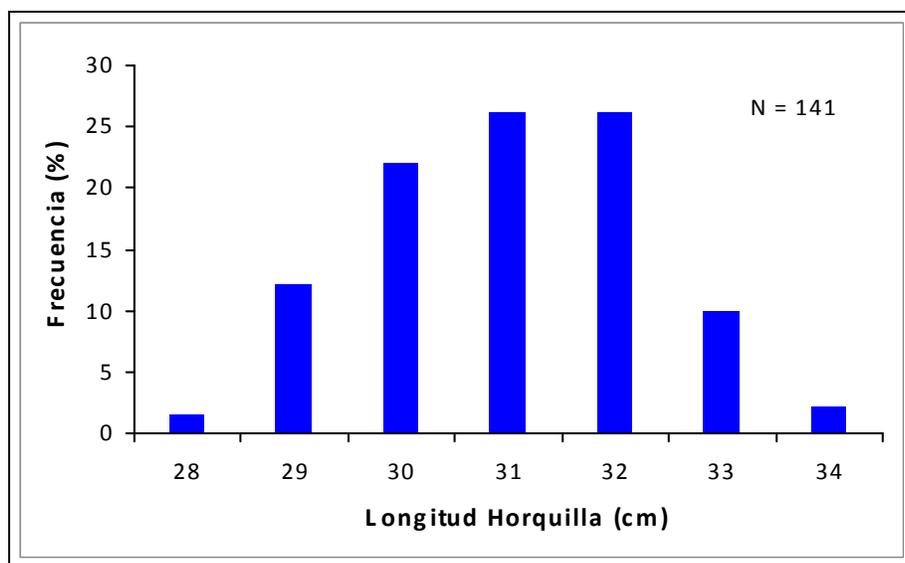


Figura 51. Frecuencia de tallas de jurel, diciembre 2008 (postcrucero).

8.4.7.2 Examen macroscópico de la condición reproductiva (Post-Crucero)

El análisis sobre la condición reproductiva del jurel sobre la base de la prospección realizada durante los días 11, 13 y 17 de diciembre de 2008, posterior al crucero biológico, incluyó 260 ejemplares, correspondiendo 141 a hembras.

a) Índice gonadosomático

El índice gonadosomático (IGS) calculado para cada ejemplar y promediado por cada 1 cm de LH, muestra un paulatino descenso del IGS a medida que aumenta la LH de los ejemplares, observándose valores que fluctúan entre 2,3 y 1,6 (**Figura 52**) asociado a la disminución de la actividad reproductiva, encontrándose la población probablemente, en un periodo posterior al de mayor intensidad ovárica de la especie. La relación del IGS con los estados de madurez sexual muestra un aumento paulatino desde el estado de madurez madurando (E2) con un valor promedio de 1,4 hasta el estado de madurez hidratado (E4) con un valor de 5,1. Con lo que se puede observar el desarrollo de la actividad de maduración gonádica previa al desove (**Figura 53**).

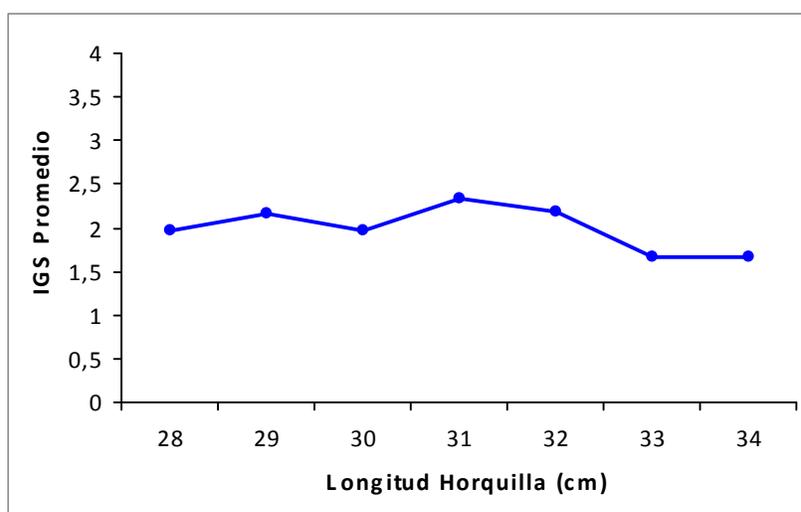


Figura 52. Variación del IGS promedio con la longitud de horquilla correspondiente a la muestra total de hembras de jurel, diciembre 2008.

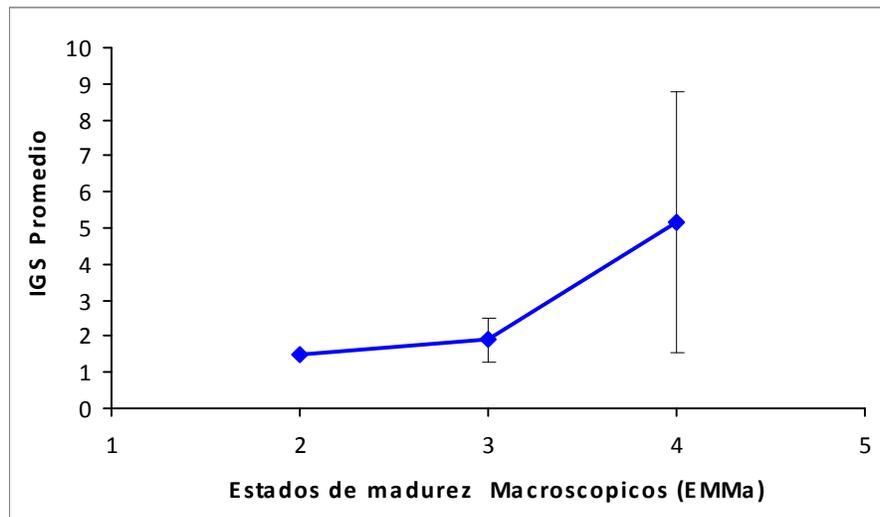


Figura 53. Valores de IGS promedios correspondiente a los estados de madurez sexual macroscópicas en hembras de jurel, diciembre 2008.

b) Estados de madurez macroscópicas

En relación con la proporción de los diferentes estados de madurez sexual macroscópica (EMMa) se observa para el total de la muestra aleatoria, un predominio del estado de madurez maduro (E3) con el 78% , seguido por los estados madurando (E2) e hidratado (E4) con un 14 y 6 %, respectivamente. Cabe señalar que no se observaron en las muestras los estados de madurez Inactivo (E1) y sólo un ejemplar en regresión (E5) (**Figura 54**).

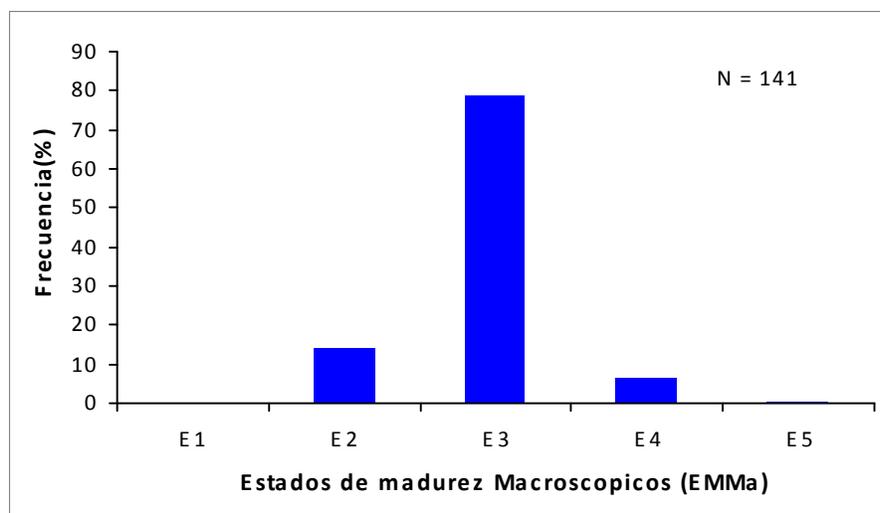


Figura 54. Frecuencia porcentual de estados de madurez sexual macroscópicos, diciembre 2008.

El análisis por días de muestreos (11 al 17) muestra la prevalencia del estado maduro (E3) durante todos los días de muestreo con valores que fluctúan entre el 62 y 98%, seguido por el estado madurando (E2) con valores entre el 1,7 y 18%. Los estados hidratado (E4) y en regresión (E5) sólo se presentaron el primer día de muestreo (día 11) constituyendo el 16% y 1% respectivamente (**Tabla 30** y **Figura 55**).

Tabla 30. Número y frecuencia de los estados de madurez sexual macroscópicos por fecha de captura.

EMMa						
Día	E1	E2	E3	E4	E5	Total
11-12-08	0	10(18,8)	33(62,2)	9(16,9)	1(1,8)	53
13-12-08	0	9(30)	21(70)	0	0	30
17-12-08	0	1(1,7)	57(98,2)	0	0	58
Total	0	20(14,1)	111(78,7)	9(6,3)	1(0,7)	141

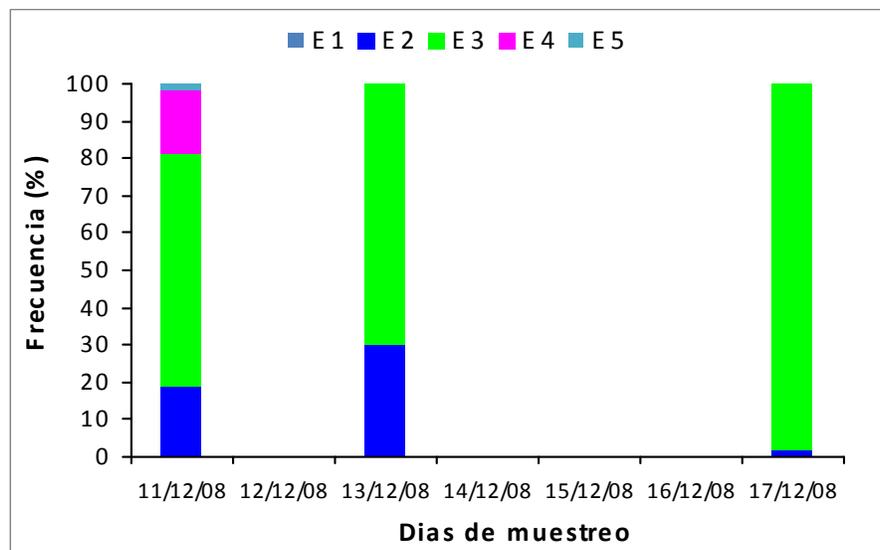


Figura 55. Frecuencia (%) de estados de madurez sexual macroscópica según día de captura.

8.4.7.3 Análisis microscópico de la condición reproductiva de Jurel

Se obtuvieron 115 ejemplares hembras, para caracterizar la condición reproductiva del jurel mediante los estados de madurez sexual microscópica (EMMi). En cada preparación histológica se determinó la presencia de las estructuras siguientes: a) ovocitos que no han iniciado la vitelogénesis; b) Ovocitos que han iniciado el proceso vitelogénico; c) ovocitos en vitelogénesis avanzada; d) ovocitos maduros (vitelogénesis completa); e) ovocitos hidratados; f) folículos postovulatorios (FPO) y g) presencia de folículos atrésicos.

a) Estados de madurez microscópica

El examen de las placas histológicas correspondiente a las hembras de jurel mediante observación microscópica muestra la presencia de los distintos estados de madurez sexual, con un predominio del estado vitelogénico (E3) con el 54 % del total, seguido por los estados maduro (E4) y previtelogénico (E2) con el 40 y 4,3%, respectivamente (**Figura 56**).

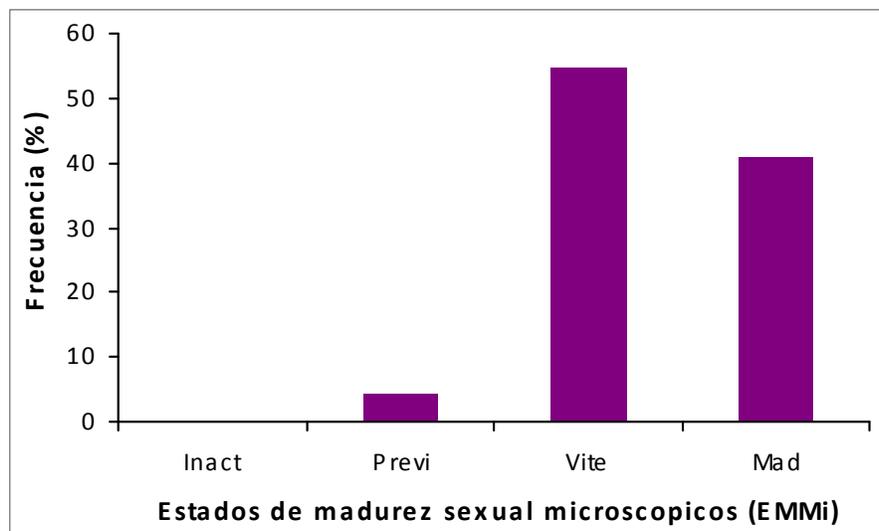


Figura 56. Frecuencia (%) de EMMi en hembras del jurel capturadas en diciembre de 2008.

El análisis de los estados de madurez sexual microscópicas con respecto a los valores del IGS muestra una correlación positiva, ya que representa el crecimiento en biomasa del ovario a medida que se alcanza la madurez total, alcanzando el máximo valor con la hidratación de los ovocitos (**Figura 57**). De esta manera se inicia con valores que comienzan en 1,1 (Previtelogenico) alcanzando el peak con un valor de 5,8 (hidratado), para descender con el proceso de desove a 2,0 (FPO).

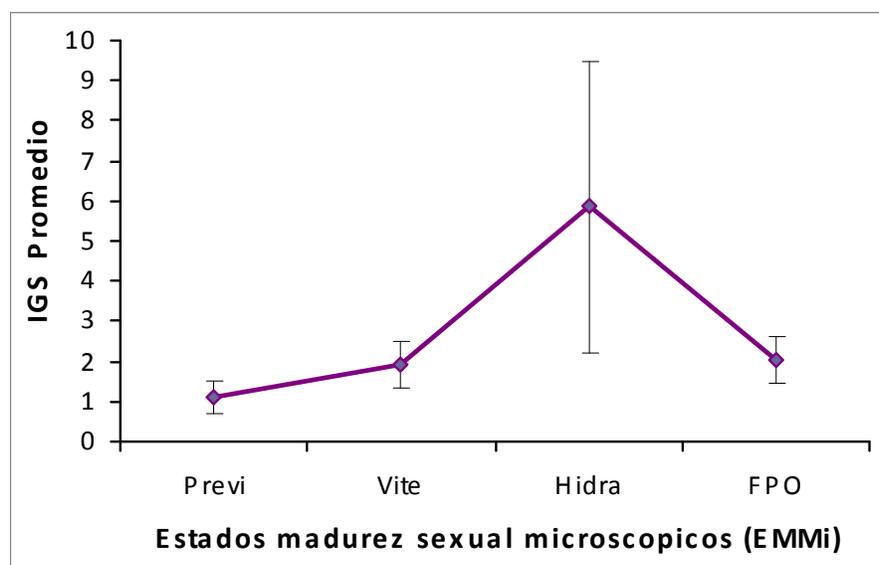


Figura 57. Valores promedios del IGS (\pm d.e.) para los estados de madurez microscópicas, diciembre 2008.

La distribución de los estados de madurez sexual microscópicos durante la prospección por día de muestreo en el área de desove del jurel muestra en los días 11 y 13 una marcada presencia de FPO representando el 57 y 71% del total de cada día respectivamente, lo que daría cuenta de una mayor intensidad del proceso de desove durante este periodo (**Figura 58**). De esta manera para el día 17 la cantidad de ejemplares con indicios de desove disminuye al 8% del total, coincidiendo con el predominio del estado de madurez vitelogénico con un 80%.

El examen sobre la presencia de atresia, muestra que un total de 23,5% de las hembras presentaron ovarios con folículos atrésicos (27 de 115), correspondiendo los días 11 y 13 con la mayor prevalencia de atresia, valores de 39,5% y 47,6 %, respectivamente (**Figura 59**).

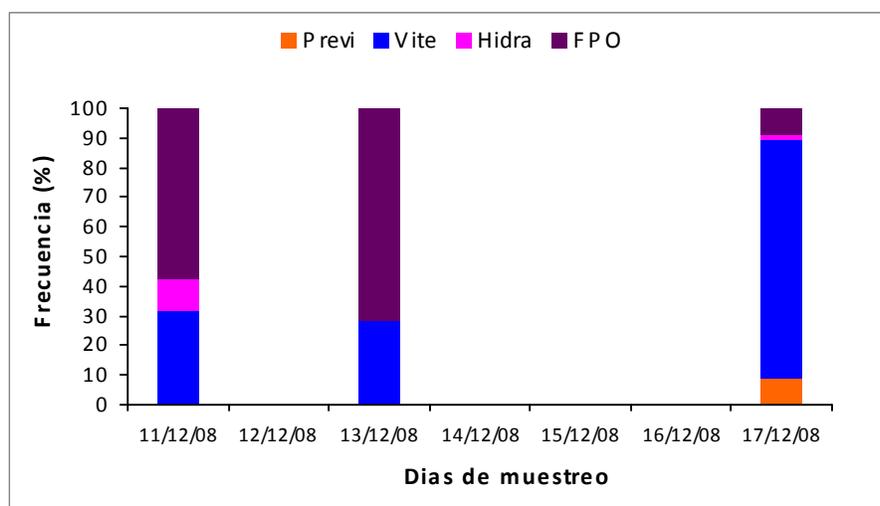


Figura 58. Frecuencia (%) de EMMi por día de muestreos en el jurel, diciembre 2008.

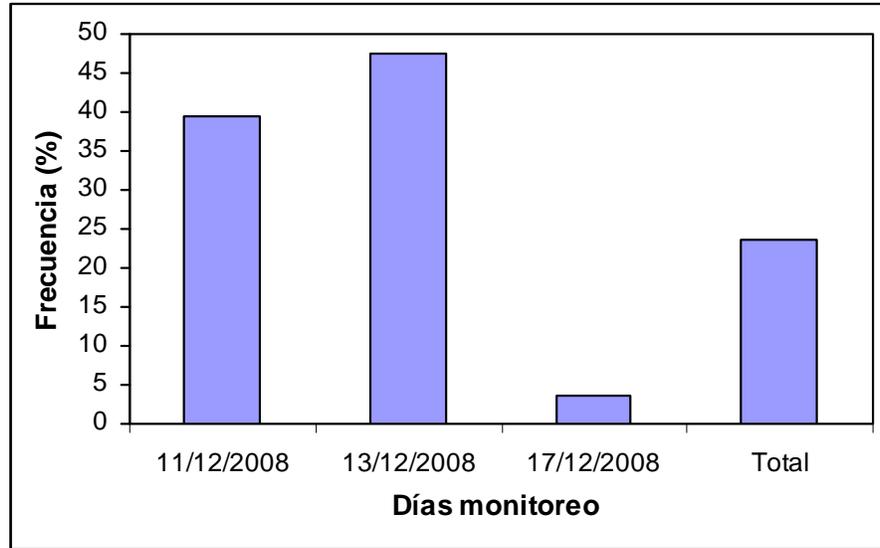


Figura 59. Frecuencia (%) de folículos atrésicos en ovarios de jurel durante diciembre 2008.

8.5 ALIMENTACIÓN

Se analizaron un total de 337 estómagos cuya distribución de frecuencia de tamaños de los ejemplares capturados para el análisis de contenido estomacal, reveló un rango desde los 28 a 47 cm. de longitud de horquilla, con una longitud promedio de 37,1 y una moda principal en los 39 cm. (**Figura 60**). Durante los últimos cinco años las distribuciones de tamaños han mostrado un leve incremento tanto en los principales grupos modales como en las longitud promedio. (**Tabla 31**).

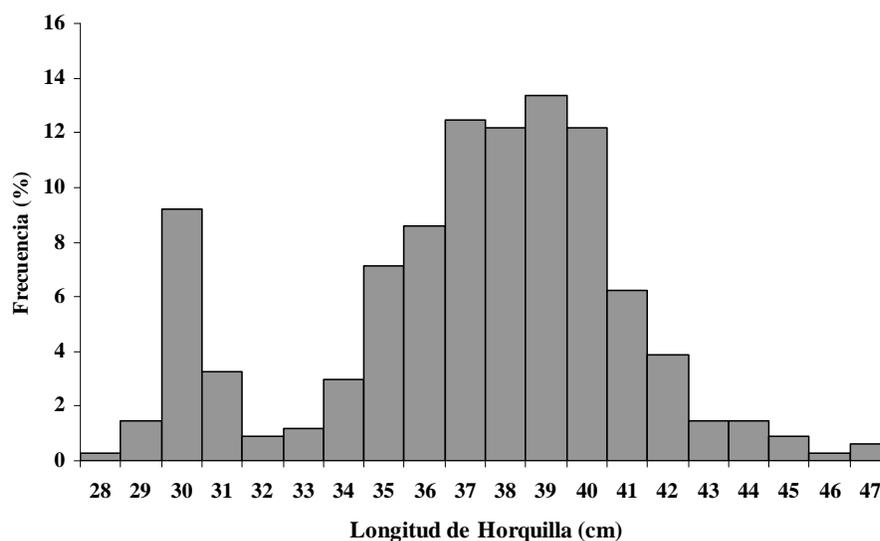


Figura 60. Distribución de frecuencia de tamaños expresada en porcentaje de los individuos utilizados para el análisis de contenido estomacal de Jurel. (n = 406)

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

Años	LH Promedio	Muestra (número)	Estómagos (%) Con-contenido
1999	27,7	609	41
2000	28,9	1330	30
2001	28,3	1164	18
2003	31,6	2130	51
2004	32,4	3952	59
2005	32,3	1231	53
2006	36,7	2021	50
2008	37,1	337	58

8.5.1 Importancia relativa de las presas. (IIR)

Del total de estómagos analizados (337), el 55,7% presentó algún tipo de contenido. La dieta estuvo conformada principalmente de copépodos, salpas y eufáusidos, habiéndose identificado un total de 12 taxa.

El principal ítem presa encontrado fueron los copépodos con un valor de (IIR = 97,1), dominando tanto en número (96,7%), peso (91.9%) como en frecuencia de aparición (22,8%). El resto de los ítems poseen una muy baja representatividad, siendo las más destacables las salpas, eufáusidos y ostrácodos. **Tabla 32.**

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

Item presa	N	% N	F	% F	P	% P	IIR
Eufáusidos	712	1,77	31	9,20	42,7	2,09	0,80
<i>Nematocelis megalops</i>	16	0,04	2	0,59	0,6	0,03	0,00
Anfípodos (hyperiidae)	8	0,02	3	0,89	4,9	0,24	0,01
Copépodos	38916	96,70	77	22,85	1880,6	91,92	97,11
Ostrácodos	126	0,31	33	9,79	24,9	1,22	0,34
Limacina Sp.	21	0,05	17	5,04	0,031	0,00	0,01
Salpas	361	0,90	79	23,44	44,5	2,18	1,62
Larva megalopa	1	0,00	1	0,30	0,001	0,00	0,00
Sifonóforos	68	0,17	10	2,97	1,9	0,09	0,02
Mictófidios	2	0,00	1	0,30	12,16	0,59	0,00
Rest. crustáceos	0	0,00	0	0,00	12,3	0,60	0,00
Rest. peces	15	0,04	14	4,15	21,009	1,03	0,10

De acuerdo al análisis (IIR) por grupo de tamaño, el único ítem presente en todos los grupos fueron los eufáusidos, especialmente en el grupo 1, en donde sólo se observó ese ítem en la dieta (**Tabla 33**). Los copépodos y salpas aparecen con mayor importancia en los individuos de rango medio. (Grupo II, III y IV).

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

Ítem presa	Grupos de tamaño				Total
	I	II	III	IV	
Eufáusidos	100	0,20	0,04	6,75	106,98
<i>Nematocelis megalops</i>		0,01		0,77	0,78
Anfípodos (hyperiidae)		0,00	0,00	0,07	0,07
Copépodos		74,72	99,39	54,11	228,21
Ostrácodos		0,25	0,15	8,53	8,93
Limacina Sp.		0,01	0,01		0,02
Salpas		23,70	0,40	21,30	45,40
Larva megalopa				0,04	0,04
Sifonóforos		0,43	0,01		0,44
Mictófidos			0,00	6,24	6,24
Rest. crustáceos		0,00	0,00		0,00
Rest. peces		0,69	0,01	2,19	2,88

Con respecto al Índice de Importancia Relativa por años (**Tabla 34**), podemos señalar la importancia histórica de los eufáusidos, siendo la presa dominante dentro del espectro de alimenticio del jurel. Sin embargo, el año 2008 aparecen los copépodos como el taxa más dominante, relevando a los eufáusidos a un tercer lugar después de las salpas.

Tabla 34. Índice de importancia relativa (IIR) por años.

Años	Eufáusidos	Mictófidos	Copépodos	Salpas
1999	4,02	0,00	0,23	1,84
2000	3,92	2,62	2,12	0,01
2001	3,91	0,01	1,80	1,42
2003	3,33	1,66	1,72	1,18
2004	3,70	2,19	1,00	2,06
2005	3,60	1,68	1,99	2,85
2006	3,95	1,14	2,25	2,97
2008	0,80	0,00	97,1	1,62

8.5.2 Similitud trófica

Los resultados del análisis de similitud trófica para los 4 grupos de tamaño revelan un porcentaje de similitud promedio de 95 %. El análisis de conglomerados (**Figura 61**) muestra una unión entre los grupos G2, G3 y G4. Sin embargo, la similitud entre ambos conjuntos y entre éstos con el grupo G1 es inferior al nivel promedio, lo que se debe a que los ejemplares de ambos conjuntos, mostraron un alto porcentaje en IIR de copépodos, salpas y ostrácodos, en tanto que los ejemplares del grupo G1 predaron exclusivamente sobre eufáusidos. Este se presenta como el más atípico y alejado de las demás agrupaciones debido a la presencia de eufáusidos en el contenido estomacal; sin embargo, este grupo carece de representatividad numérica dentro de la muestra total (n=51 ejemplares).

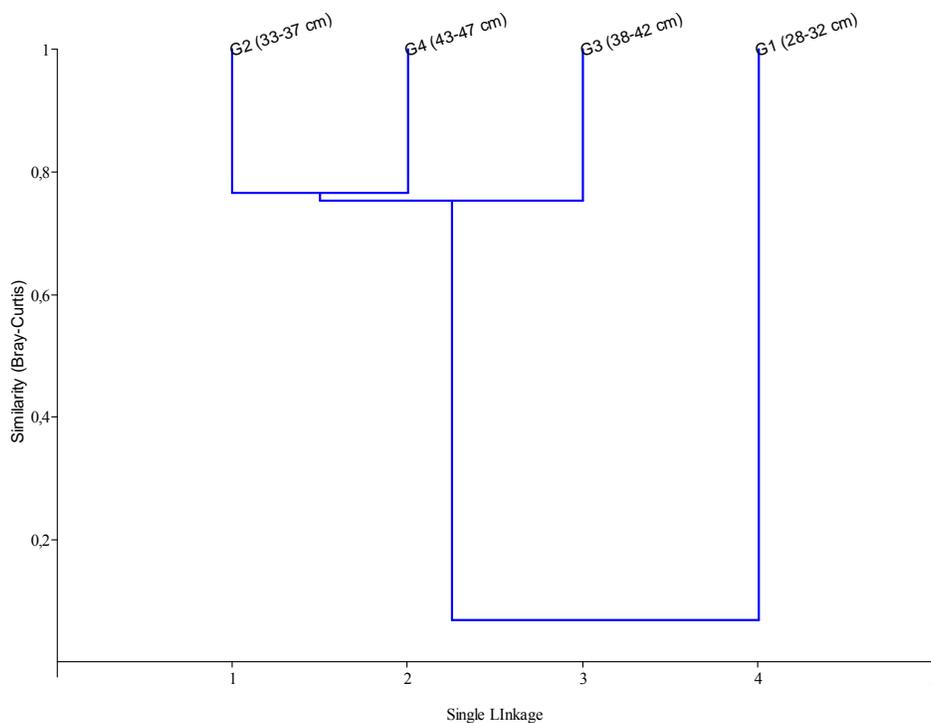


Figura 61: Dendrograma de similitud trófica en jurel, para 4 grupos de tamaños.

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

8.6 CARACTERIZACION DE LAS AGREGACIONES DE JUREL

8.6.1 Distribución espacial Batimétrica

La distribución espacial de los ecotrazos de jurel detectados por el ecosonda, muestra que el recurso se distribuyó ampliamente en la zona de estudio, predominando los sectores con niveles de abundancia de clase baja, mientras que las densidades caracterizadas por abundancias de tipo “media” y “alta” fueron escasas (**Figura 62a**). Esta distribución espacial coincide con el patrón de distribución espacial observado en ecoprospecciones anteriores realizadas en el periodo y zona de estudio (**Bahamonde et al., 2007**).

Por otra parte, la distribución espacial de los ecotrazos detectados por el sonar muestra también una distribución del recurso en que predominaron los niveles de abundancia baja, en tanto se observa hacia el sector oceánico un mayor número de registros de las categorías “media” y “alta” (**Figura 62b**).

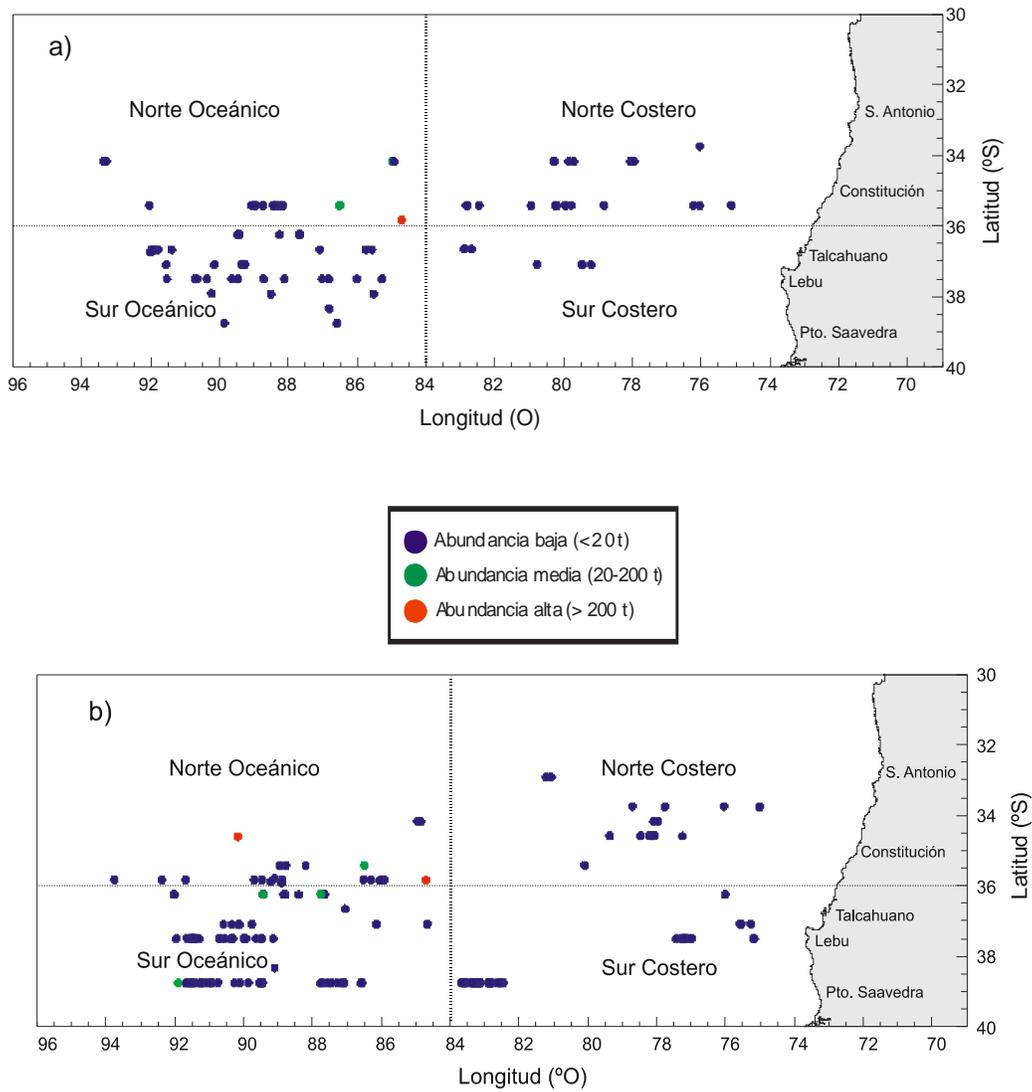


Figura 62. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por: a) ecosonda y b) sonar en la zona de estudio, noviembre – diciembre, 2008.

8.6.2 Índice del nivel de abundancia de las agregaciones

El índice más alto del nivel de abundancia de las agregaciones se detectó para la macrozona norte oceánica alcanzando un valor de 1,22 asociado a la presencia de cardúmenes de abundancias medias (< a 20t) y altas (> 200t) que aportaron con un 17,4 % al total de las agregaciones detectadas para esa área. Para el resto de las macrozona se estimaron índices de 1,00 lo que indica la presencia registros de baja abundancia (**Tabla 35 y 36**)

Tabla 35. Número de agregaciones por nivel de abundancia por macrozona.

Nivel Abundancia Agregaciones	Norte				Sur			
	Costero		Oceánico		Costero		Oceánico	
	Nº agregaciones	%	Nº agregaciones	%	Nº agregaciones	%	Nº agregaciones	%
1 (< a 20t)	20	100	19	82.6	6	100	41	100
2 (21 a 200t)	-		3	13.0	-		-	
3 (> 200t)	-		1	4.4	-		-	
Total	20		23	100	6	100	41	100

Tabla 36. Índice del nivel de abundancia de las agregaciones (INAC) por macrozona y total

Macrozona	INAC
Norte - Costero	1,00
Norte - Oceánico	1,22
Norte	1,12
Sur - Costero	1,00
Sur -Oceánico	1,00
Sur	1,00
Oceánica	1,09
Costera	1,00
Total	1,05

8.6.3 Índice de Cobertura

En las 16 transectas realizadas en la ecoprospección, se registraron un total de 13.058 UBM y en 84 de ellas se registraron la presencia de jurel. El índice de cobertura estimada para el total de la zona de estudio alcanzó a 0,64% y en términos de la división geográfica de la zona de estudio los índices de cobertura fueron de 0,19% y 0,44% para los sectores oceánica y costera y de 0,29% y 0,35% en los sectores norte y sur. De las cuatro macrozonas consideradas en la zona de estudio los valores más altos correspondieron a las macrozonas sur oceánica (0,30%) y norte oceánica (0,15%), mientras que en las macrozonas costeras mostraron niveles de 0,13% y 0,04% (**Figura 63 y Tabla 37**).

El índice de cobertura según la categoría de abundancia en que fueron clasificadas las agregaciones, muestra que los registros catalogados de baja abundancia (< 20 t) alcanzaron el mayor nivel de participación (IC =0,61%) frente a valores de 0,02% y 0,01% estimados para las categorías de abundancia media (21-200 t) y alta (> 200 t), respectivamente (**Tabla 37**). Por otra parte, el índice de cobertura estimado según el tipo de ecotrazo indica valores para el tipo individual de 0,48%, disperso 0,18% y 0,008% para las agregaciones del tipo cardumen y estrato (**Figura 64**).

Tabla 37. Índice de cobertura (IC) de los ecotrazos detectados en el ecosonda en las macrozonas: norte-costero, norte-oceánico y para la zona de estudio, noviembre – diciembre, 2008.

Sector	Índice de cobertura (%)					
	Abundancia	Cardumen	Estrato	Disperso	Individual	Total general
Norte - costero	Baja	0.00	0.00	0.02	0.13	0.15
	Regular	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Alta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Norte - Costero		0.00	0.00	0.02	0.13	0.15
Norte - Oceánico	Baja	0.00	0.00	0.05	0.05	0.11
	Regular	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02
	Alta	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Total Norte - Oceánico		0.01	0.01	0.07	0.05	0.14
Sur - Costero	Baja	0.00	0.00	0.01	0.04	0.05
	Regular	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Alta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Sur - Costero		0.00	0.00	0.01	0.04	0.05
Sur - Oceánico	Baja	0.00	0.00	0.05	0.25	0.31
	Regular	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Alta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Sur Oceánico		0.00	0.00	0.05	0.25	0.31
Total Zona	Baja	0.00	0.00	0.14	0.47	0.61
	Regular	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02
	Alta	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Total general		0.01	0.01	0.15	0.47	0.64

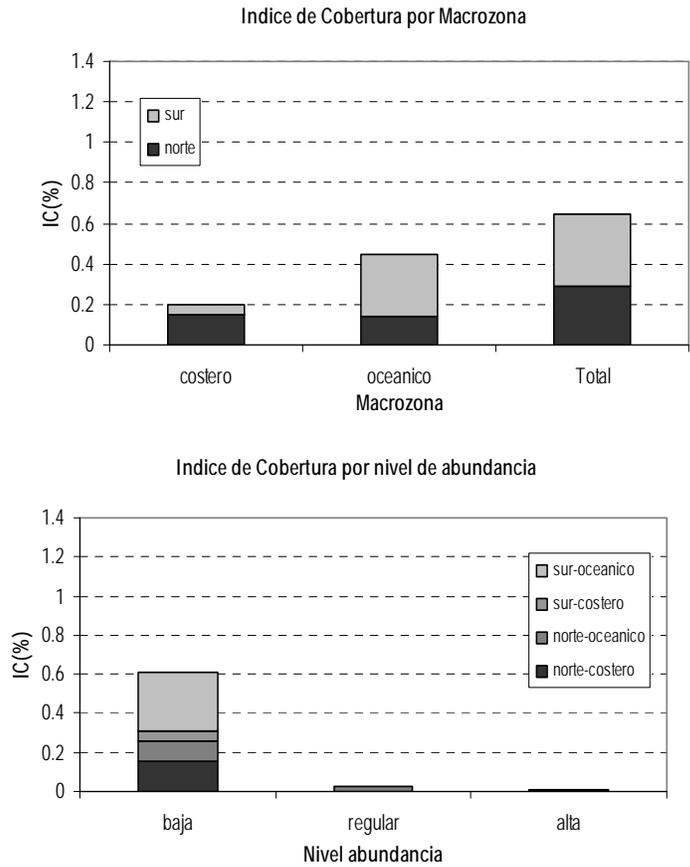


Figura 63. Índice de cobertura por nivel de macrozonas y nivel de abundancia.

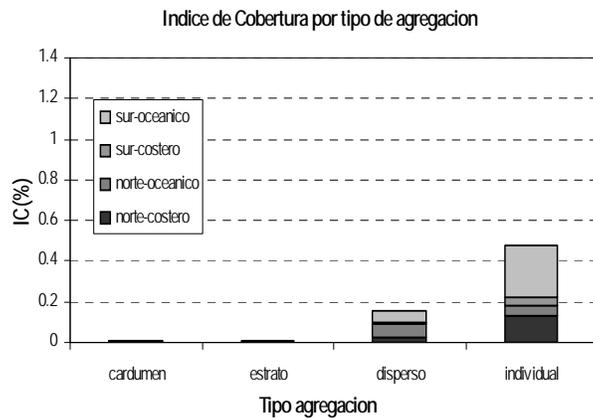


Figura 64. Índice de cobertura por macrozona por tipo de ecotrazo para la zona total de estudio, noviembre – diciembre 2008.

8.6.4 Índice de presencia de ecotrazos

Durante el crucero se detectaron 90 agregaciones de jurel de las cuales 47 (52,2%) se localizaron en la macrozona sur y 43 (47,8%) en la macrozona norte (**Tabla 38**). Geográficamente, en el sector oceánico se contabilizaron 64 agregaciones (71,1%) y 26 (28,9%) en el sector costero.

El índice de presencia de ecotrazos (IPE) o número de registros por milla náutica lineal indica que tanto en las macrozonas norte y sur los mayores se presentaron en el sector oceánico con valores de 0,0064 y 0,0126 agregaciones por milla náutica lineal (**Tabla 38**).

Tabla 38. Número de agregaciones presentes por milla náutica lineal (IPE) y número de agregaciones totales presentes por macrozona, noviembre- diciembre, 2008.

Macrozona	N° de Agregaciones por zona		I P E	
	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico
Norte	20	23	0,0057	0,0064
Sur	6	41	0,0018	0,0126
Total macrozona	26	64	0,0038	0,0094
Total Zona	90			

El total de las agregaciones estuvo conformada en un 11,1% por clusters complejo (CC) y en un 88,9% por clusters simple (CS), registrándose en el sector sur oceánico el mayor porcentaje de agrupaciones simples (43,3%) mientras que el sector norte oceánico presentó el mayor número de agrupaciones complejas (8,9%). En términos de los niveles de abundancia de las agregaciones, los clusters simple representaron el 1,1% y 84,4% para las clases "alta y "baja", en tanto que los clusters complejos alcanzaron un 11,1% en la categoría de abundancia baja, sin detectarse agregaciones de esta clase en niveles de abundancia "media" y "regular" (**Tabla 39**). Respecto al tipo de agregación, el 73,3% de los clusters simples correspondieron a registros individuales y el 24,4% a estratos, con valores bajos (1,1%) para los tipos cardumen y disperso, mientras que para los cluster complejos, estos se detectaron en los registros del tipo individual y estrato con valores de 8,9% y 2,2%, respectivamente.

Tabla 39. Clusters simples (CS) y clusters complejos (CC) por: a) macrozona, b) nivel de abundancia y c) tipo de agregación, noviembre - diciembre 2008.

a)					
Clusters					
Sector	CC	CS	Total general	% CC	% CS
Norte - Costero	-	20	20	-	22,2
Norte - Oceánico	8	15	23	8,9	16,7
Sur - Costero	-	6	6	-	6,7
Sur -Oceánico	2	39	41	2,2	43,3
Total	10	80	90	11,1	88,9
b)					
Clusters					
Abundancia	CC	CS	Total general	% CC	% CS
Baja	10	76	86	11,1	84,4
Regular	-	3	3	-	3,3
Buena	-	1	1	-	1,1
Total	10	80	90	11,1	88,9
c)					
Clusters					
Agregación	CC	CS	Total general	% CC	% CS
Cardumen	-	1	1	-	1,1
Estrato	2	20	22	2,2	24,4
Disperso	-	1	1	-	1,1
Individual	8	58	66	8,9	73,3
Total	10	80	90	11,1	88,9

8.7 Distribución batimétrica en el ciclo de 24 horas

8.7.1 Distribución de profundidad media de los ecotrazos por hora, nivel de abundancia – tipo de agregación

Los resultados de la información del ecosonda analizada para el ciclo de un día, mostraron agregaciones o ecotrazos distribuidos desde la superficie hasta los 137 m de profundidad, distribución en profundidad sustentada principalmente por niveles de abundancia baja y agregaciones de tipo individual y disperso, las que en el ciclo nictemeral fueron registradas durante la mayor parte del día, mientras que las clase “media” y “alta” escasamente representadas, fueron observadas en los periodos orto y día (**Figura 65**).

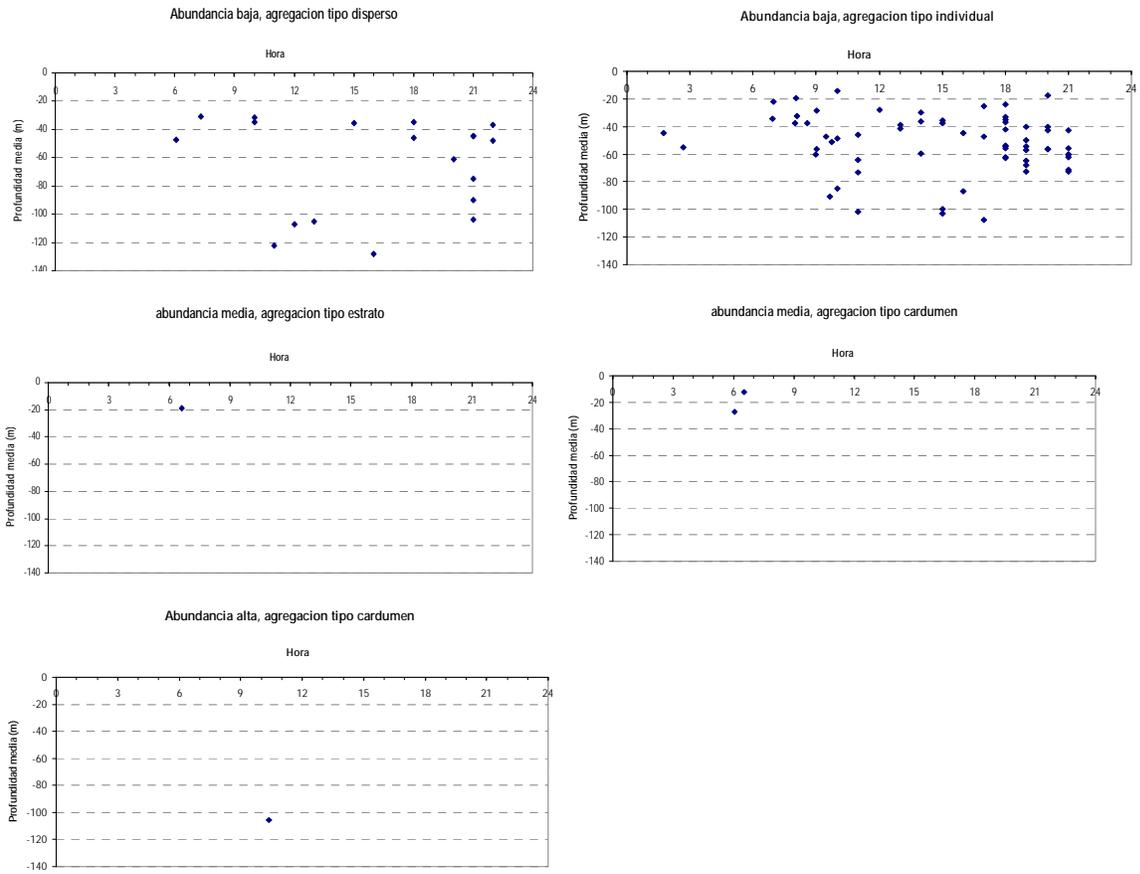


Figura 65. Distribución de profundidad media en el ciclo de 24 horas por nivel de abundancia y tipo de agregación, noviembre – diciembre, 2008.

8.7.2 Distribución de profundidad media de los ecotrazos por periodo del día y tipo de ecotrazo

La distribución batimétrica del jurel en relación al tipo de ecotrazo durante los periodos del día (crepúsculo, día, noche y orto), muestran en los escasos registros nocturnos, al jurel cercano a la superficie y a mayor profundidad durante el día (**Figuras 65 y 66**).

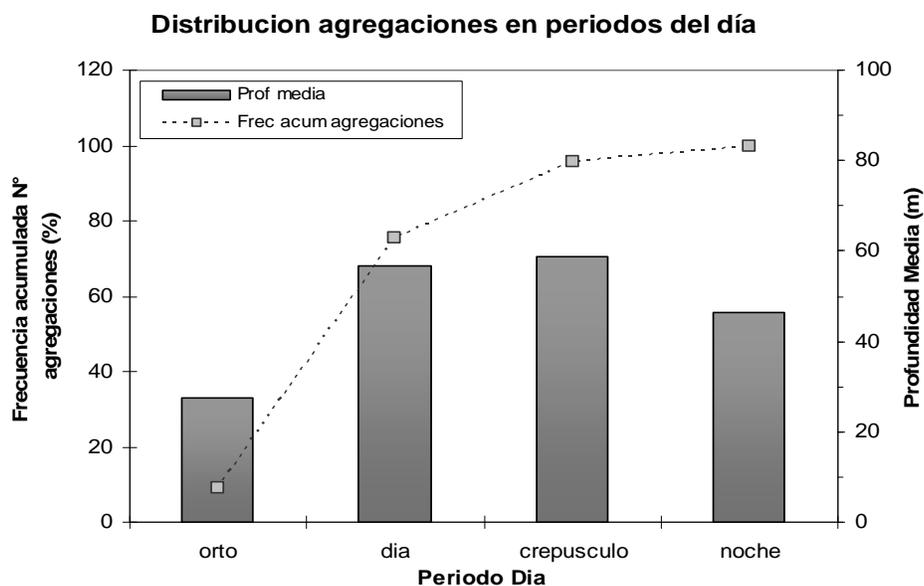


Figura 66. Distribución batimétrica de las agregaciones de jurel por periodos del día Crepúsculo (C), Día (D), Noche (N), Orto (O), noviembre – diciembre 2008.

La frecuencia de ecotrazos en el ciclo diario (24 horas) muestra un predominio de registros del tipo individual y disperso durante los distintos periodos del día (**Figura 67**), comportamiento característico para la época reproductiva del jurel cuando forma agregaciones de baja densidad (**Barbieri et al., 1998**).

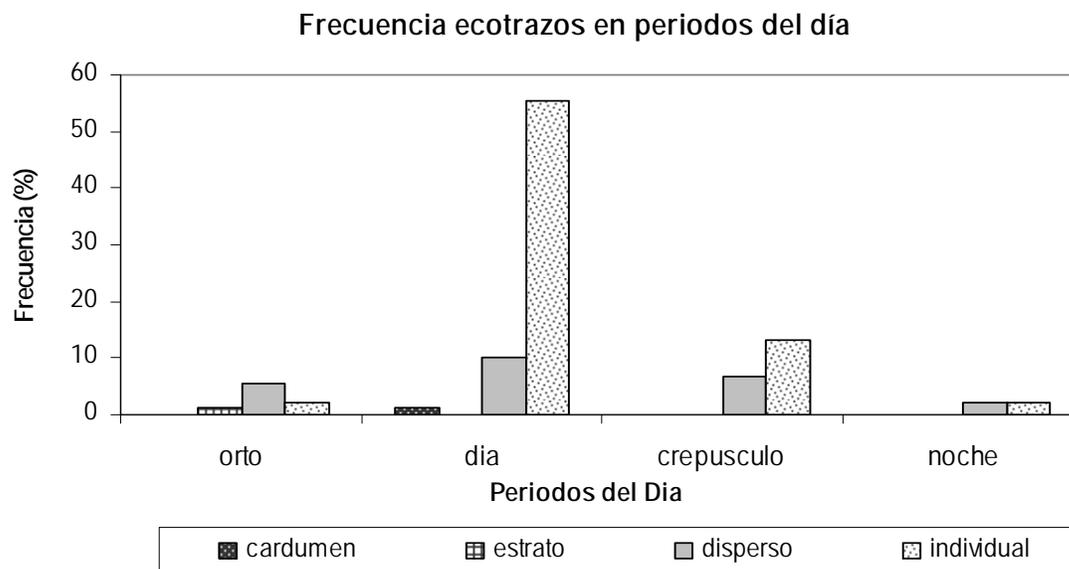


Figura 67. Frecuencia de ecotrazos por tipo de ecotrazo y período del día (Crepúsculo, Día, Noche, Orto), noviembre – diciembre, 2008.

Los índices de cobertura estandarizados estimados para comparar los registros obtenidos en los diferentes periodos del día se presentan en la **Tabla 40**. Al considerar los tipos de ecotrazos, los resultados indican que durante el día se presentó el mayor índice de cobertura, ya sea sin estandarizar o estandarizado (**Tabla 41**) para disminuir fuertemente en los otros periodos del día, siendo en todos los periodos del día los registros de tipo individual y disperso los que presentaron los valores más altos, resultados que son concordantes con lo detectado en cruceros previos y estaría de acuerdo al comportamiento que presenta la especie durante el periodo reproductivo (**Bahamonde et al., 2007**).

Tabla 40. Índice de cobertura ($IC_{est.}$) estandarizado a una hora, noviembre – diciembre, 2008.

Periodo	Tiempo (h)	Ponderador	IC_{est}
Orto	2	0,131	0,065
Día	12	0,702	0,059
Crepúsculo	2	0,143	0,071
Noche	8	0,024	0,003
Total	24	1,000	

Tabla 41. Índice de cobertura por ecotrazos y período del día (a) e Índice de cobertura estandarizado por ecotrazos y período del día (b).

a)

Agregación	Orto	Día	Crepúsculo	Noche	Total general
Cardumen	0,000	0.0073	0.0000	0.0000	0.0073
Estrato	0,0073	0.0000	0.0000	0.0000	0.0073
Disperso	0.0365	0.0658	0.0438	0.0000	0.1461
Individual	0.0365	0.3580	0.0438	0.01461	0.4530
Total general	0.0804	0.4311	0.0876	0.01461	0.6138

b)

Agregación	Orto	Día	Crepúsculo	Noche
Cardumen	0.0000	0.0004	0.00000	0.0000
Estrato	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
Disperso	0.0024	0.0038	0,0031	0.0000
Individual	0.0024	0.0210	0.0031	4.349 e-05
Total general	0.0053	0.0252	0.0062	4.349 e-05

8.7.3 Altura y profundidad promedio de las agregaciones

Durante el estudio, la altura y profundidad media de los ecotrazos fue de 13,7 y 53,8 m. De acuerdo a la categoría de abundancia la altura promedio fue de 13,5 m para la clase "baja", 16,3 m para la clase "media" y 19,0 m para la clase "alta", mientras que para los tipos de agregaciones, la altura media fue de 11,0 m (individual) m, 21,1 (disperso), 22,1 (estrato) y 19 m (cardumen) (**Tabla 42**)

La profundidad media de los ecotrazos registró valores de 51,8, 58,8, 18,9 y 105,5 metros para las categorías de individual, disperso, estrato y cardumen (**Tabla 42**).

Tabla 42. Profundidad mínima (Z_{\min}), Profundidad máxima (Z_{\max}), Profundidad promedio (Z_{prom}) y Altura promedio (A_{prom}) por: a) nivel de abundancia y b) tipo de agregación, noviembre - diciembre 2008.

a)

Abundancia	Z min	Z max	Z media	A _{prom}
Baja	8,6	137,0	54,4	13,5
Media	7,9	36,6	19,4	16,3
Alta	96,0	115,0	105,5	19,0
	7,9	137,0	53,8	13,7

b)

Agregación	Z min	Zmax	Z media	A _{prom}
Cardumen	96,0	115,0	105,5	19,0
Estrato	7,9	30,0	18,9	22,1
Disperso	8,2	137,0	58,8	21,1
Individual	8,6	113,0	51,8	11,0
	7,9	137,0	53,8	13,7

En lo que respecta a la distribución batimétrica de las agregaciones, desagregadas por tipo y abundancia, el 90,0% de los ecotrazos registrados se reportaron en los primeros 100 m de profundidad (**Tabla 43**), siendo solo en la categoría alta y cardumen una presencia mayor bajo los 100 metros.

Tabla 43. Presencia de ecotrazos (%) en la columna de agua a una profundidad superior e inferior a los 100 m, por nivel de abundancia y tipo de agregación.

Agregación	<=100 m	> 100 m	Total
Cardumen	-	1,1	1,1
Estrato	1,1	-	1,1
Disperso	18,9	5,6	24,5
Individual	70,0	3,3	73,3
Total general	90,0	10,00	100,00

Agregación	<=100 m	> 100 m	Total
Baja	86,7	8,9	95,6
Regular	3,3	-	3,3
Alta	-	1,1	1,1
Total general	90,0	10,0	100,0

8.7.4 Índice de cobertura de huevos (ICH), índice sintético de presencia de huevos de jurel e índice de agregación (Gini).

La carta de distribución de huevos registrada durante el presente estudio (Figura 10) muestra la presencia de dos sectores de alta presencia de huevos (> 500 ind/10m²) localizados uno en la macrozona norte – costera y el otro en la zona sur oceánica. Geográficamente, los huevos de jurel estuvieron presentes con mayor frecuencia en el sector oceánico donde también se registraron los mayores valores de densidad (**Tabla 44**), aunque en el sector norte el índice de cobertura y la densidad promedio de huevos presentaron valores menos disímiles que los registrados para el sector sur.

El índice sintético de presencia de huevos estimado para este periodo fue de 9,81% y el índice de Gini entregó valores de 0,94 para jurel y de 0,77 para los huevos de esta especie,

este valor permite señalar que los huevos se distribuyen en forma más homogénea y/o presentando una menor concentración que el jurel, sin embargo ambos valores indican una alta concentración. Estos índices son similares a las detectadas en noviembre del 2005 (0,82 huevos y 0,97 jurel), 2006 (0,76 huevos 0,92 jurel), sin embargo se debe destacar que los valores obtenidos en el año 2007 corresponden solamente a la macrozona norte, no existiendo información del área sur.

Tabla 44. Índice de cobertura de huevos ICH (%) respecto al área total y densidad promedio de huevos (Ind/10m²) presentes por macrozonas y total, noviembre – diciembre, 2008.

Macrozona	Índice de cobertura de huevos (%)			Ind/10m ² promedio		
	Costero	Oceánico	Total	Costero	Oceánico	Total
Norte	8,20	10,75	18,95	69,47	62,70	65,89
Sur	1,98	13,72	15,70	12,83	152,4	98,20
Total	10,18	24,67	34,65	48,76	102,81	79,19

8.7.5 Caracterización de las agregaciones de jurel en el área de distribución de los huevos

Para caracterizar las agregaciones de jurel presentes en el área de distribución de los huevos de jurel se consideraron dos sectores, el primero localizado en la macrozona norte costera y el segundo en el área oceánica el cual abarca parte de la macrozona sur y norte (**Figura 68**). En el área de distribución de huevos, las agregaciones de jurel presentaron una altura y profundidad media de 14,5 y 58,1 m, con un 74,60% de agregaciones del tipo individuales y un 95,59% de los registros categorizados como de abundancia baja (**Tabla 45**). En el área sin presencia de huevos las agregaciones presentaron una altura de 12,5 m y una profundidad media de 38,2 m. Al igual que en el sector con presencia de huevos, también predominaron las agregaciones de tipo individual (72,73%) y de abundancias baja (95,45%).

Al comparar los dos sectores con presencia de huevos (**Tabla 45**) se puede destacar que en el norte costero las agregaciones presentaron una menor altura (5,4 m) y profundidad media (46,0 m) que en el área oceánica con 15,7 y 59,7 m, aunque en ambos sectores predominaron las agregaciones de tipo individual (~75%) y las de tipo disperso (~25%), mientras que para el nivel de abundancia existe un fuerte predominio de la categoría baja (>95%).

Tabla 45. Caracterización de las agregaciones de jurel en el área de distribución de los huevos

	Áreas			
	Con registros de huevos			Sin registros de huevos
	Norte costero	Norte - sur oceánico	Total	
Altura media (m)	5,4	15,7	14,5	12,5
Profundidad media (m)	46,0	59,73	58,1	38,2
Tipo de agregación (%)				
• Cardumen	-	1,18	1,59	-
• Estrato	-	-	-	-
• Disperso	25,00	25,45	25,40	27,27
• Individual	75,00	74,55	74,60	72,73
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Nivel de abundancia (%)				
• Baja	100,00	95,00	95,59	95,45
• Media	0,00	3,33	2,94	4,55
• Alta	0,00	1,67	1,47	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

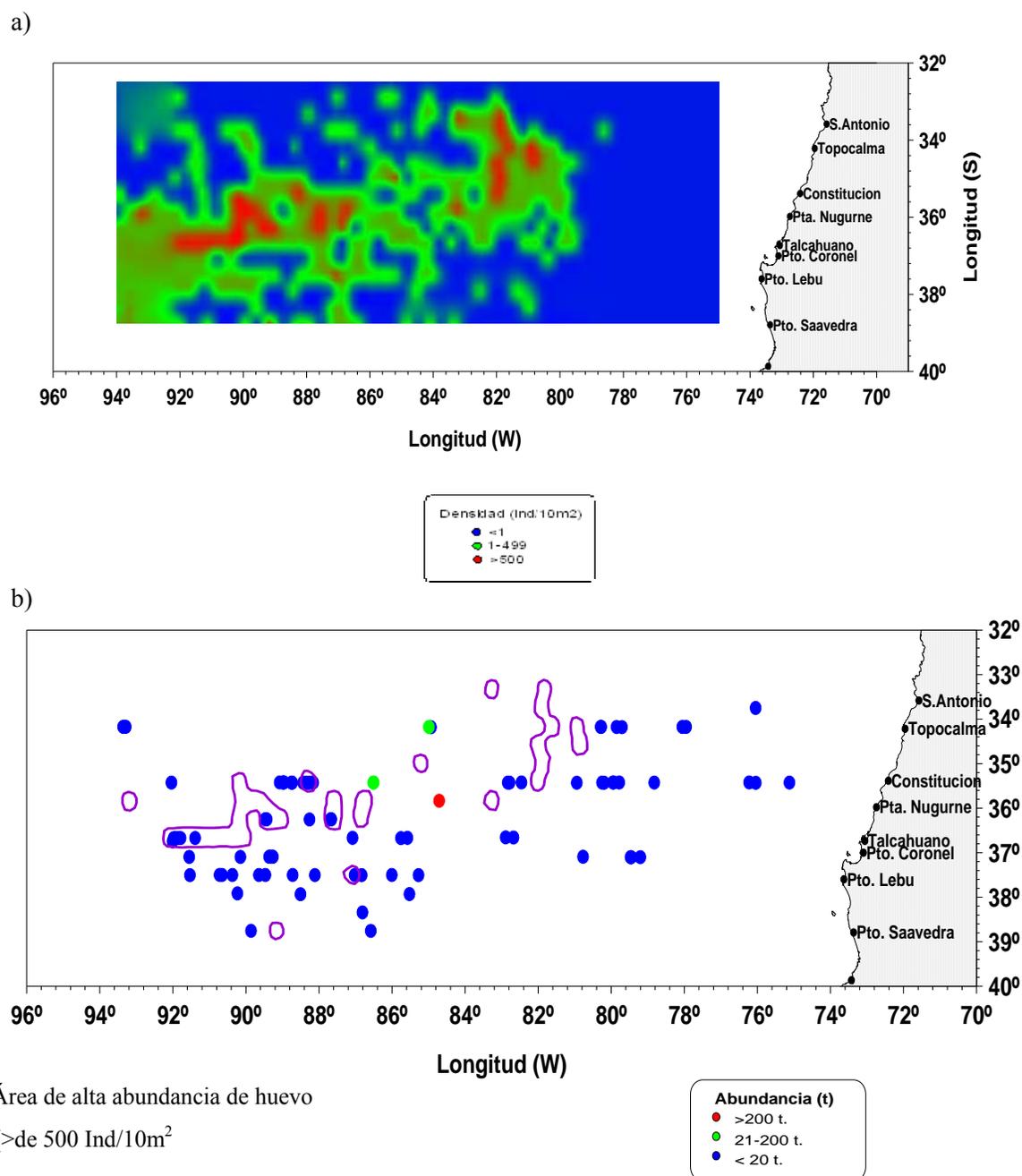


Figura 68. Distribución espacial de la densidad de huevos de jurel (a), distribución de la abundancia de jurel (ecosonda) y zonas de alta densidad de huevos (b), noviembre – diciembre, 2008.

8.7.6 Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel de los cruceros realizados en el periodo 1997 – 2008

8.7.6.1 Distribución espacial de las agregaciones de jurel

La distribución y abundancia de las agregaciones de jurel registradas en los cruceros efectuados en el periodo reproductivo (Noviembre – diciembre) entre los años 2000 a 2008 se presentan en la **Tabla 46 y Figuras 69, 70, 71**. Para la macrozona norte, la mayor presencia de jurel se registró en los años 2003, 2004 y 2006 con valores de 1025, 1250 y 979, mientras que la situación inversa con 143, 53 y 43 se observó en los años 2005, 2007 y 2008, destacando el último año que corresponde al menor valor del período considerado. En la macrozona sur se observó que en el período 2003-2006, el número de agregaciones varió entre 395 y 474, disminuyendo drásticamente hacia el inicio y término del período considerado y alcanzando al igual que la macrozona norte el menor valor el año 2008 con 47 agregaciones. Aunque el año 2007 no se exploró esta zona, se estima que su valor también debería haber sido bajo, dado que por disponibilidad del recurso, la flota cerquera de jurel centró su operación entre las latitudes 33° 00' S y 33° 35' S. (Fuente: IFOP).

Tabla 46. Número de agregaciones por macrozonas para el período reproductivo (noviembre - diciembre), 2000 – 2008.

Macrozona	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Norte costera	261	141	s/i	400	426	68	523	35	20
Norte oceánica	197	290	s/i	625	824	75	456	18	23
Norte	458	431	s/i	1.025	1.250	143	979	53	43
Sur costera	69	47	s/i	421	282	123	150	s/i	6
Sur oceánica	76	14	s/i	53	148	337	245	s/i	41
Sur	145	61	s/i	474	430	460	395	s/i	47
Total	603	492	s/i	1.499	1.680	603	1.347	s/i	90

s/i = sin información

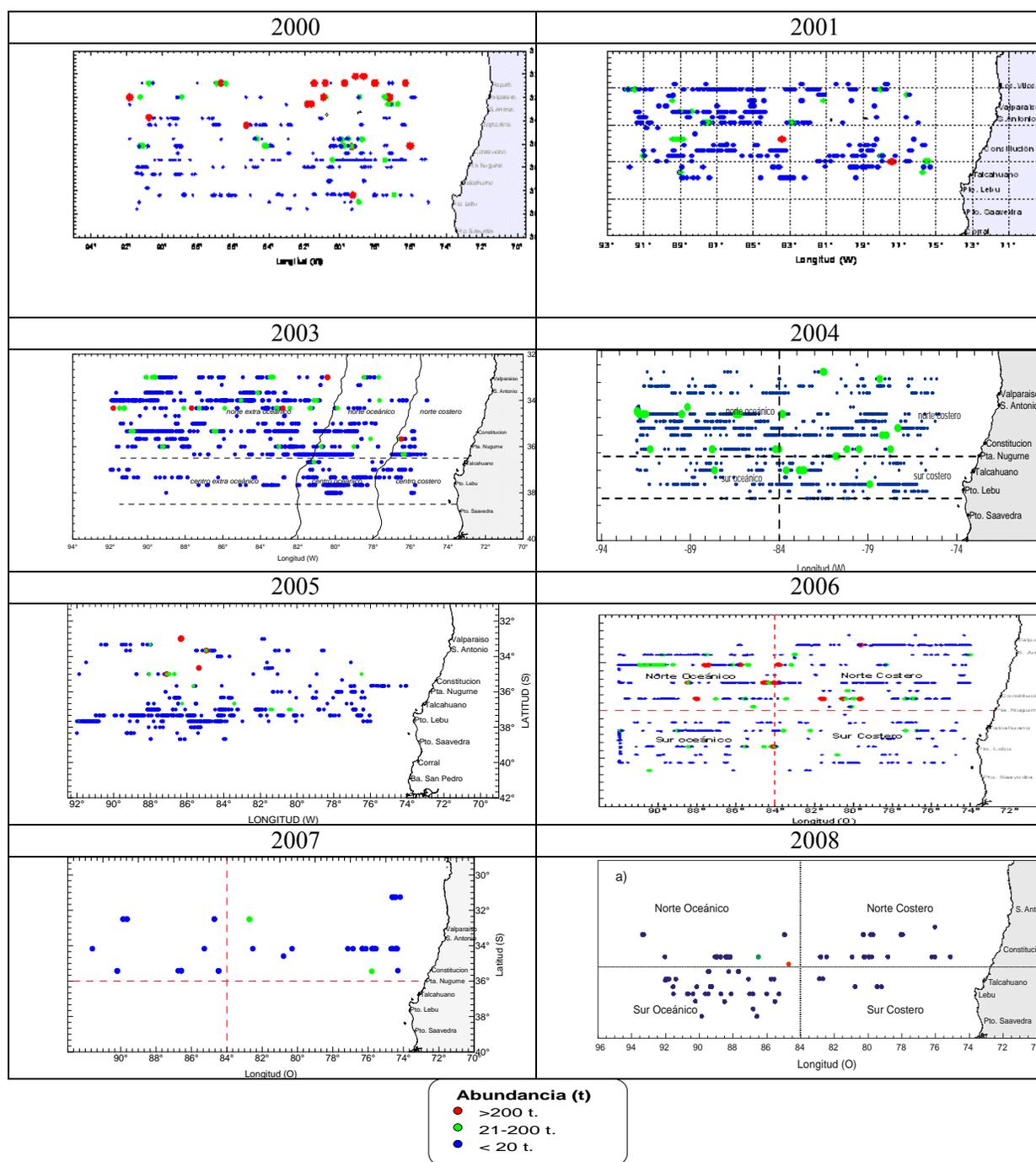


Figura 69. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por el ecosonda para el período reproductivo (noviembre – diciembre), 2000 - 2008.

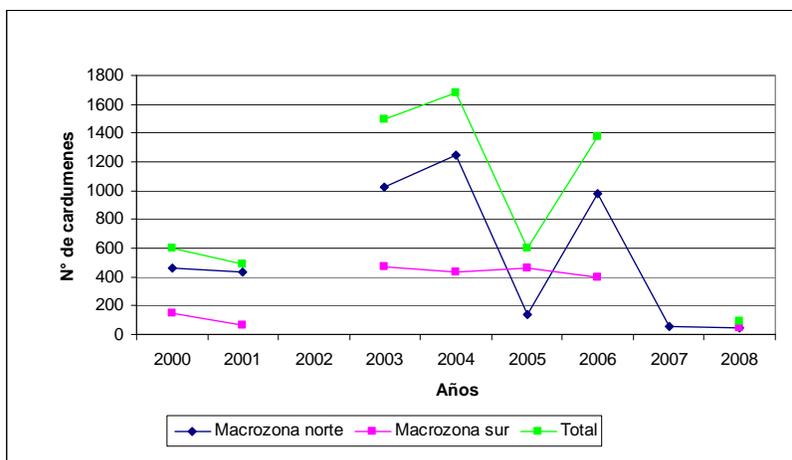


Figura 70. Número de agregaciones de jurel detectadas en las macrozonas norte y sur, para el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 – 2008.

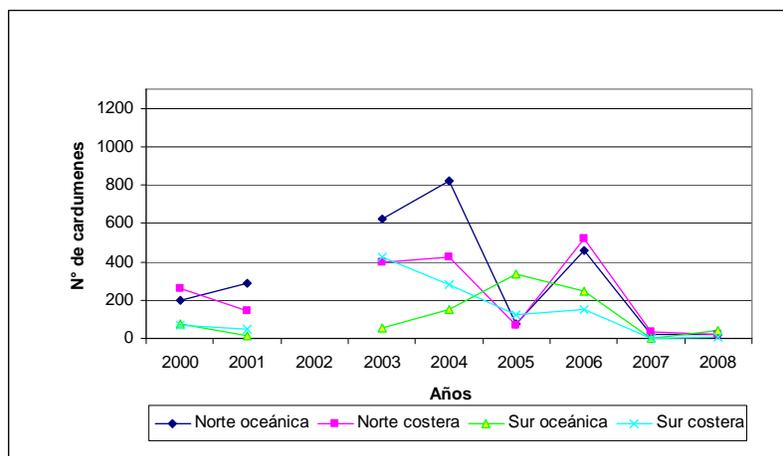


Figura 71. Número de agregaciones detectadas en la macrozona norte costera - oceánica y sur costera-oceánica, para el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2008

8.7.7 Niveles de abundancia de las agregaciones de jurel

Macrozona norte

Los niveles de abundancia de las agregaciones de jurel detectadas para el periodo reproductivo 2000 – 2008 (**Figura 72**), muestran un predominio de las agregaciones de abundancias bajas (< 20 t), presentando a partir del año 2003 una gran variación interanual con los mayores valores registrados en los años 2003, 2004 y 2006, las categorías de abundancias medias y altas tuvieron una baja participación, sin superar en el mejor de los casos las 100 agregaciones. Un escenario similar, aunque con variaciones de escala, se puede describir para los sectores costeros y oceánicos de esta macrozona. En general, se puede destacar la disminución sostenida del número de agregaciones durante el último quinquenio.

Macrozona sur

En la macrozona sur, se aprecia para el período 2003-2006 el predominio de los cardúmenes de abundancia bajas y que bordearon las 400 agregaciones en cada uno de los años, siendo marginal la participación de las categorías media y alta. Es interesante destacar la tendencia inversa que se observa en el período 2003-2006 entre los sectores costero y oceánico y que dieron como resultado la estabilidad señalada para la macrozona en dicho período (**Figura 73**). Durante el último crucero (2008) se registró el valor más bajo de la serie, situación también observada en el sector costero.

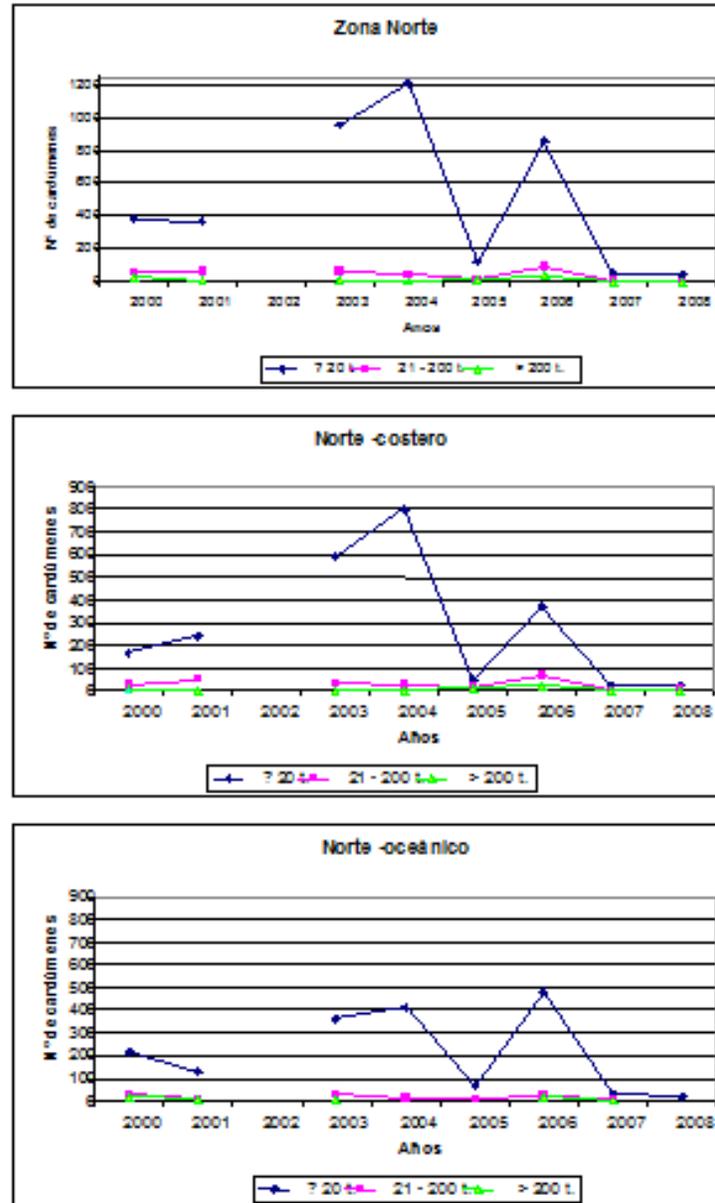


Figura 72. Número de agregaciones por nivel de abundancia para la macrozona norte, en el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2008

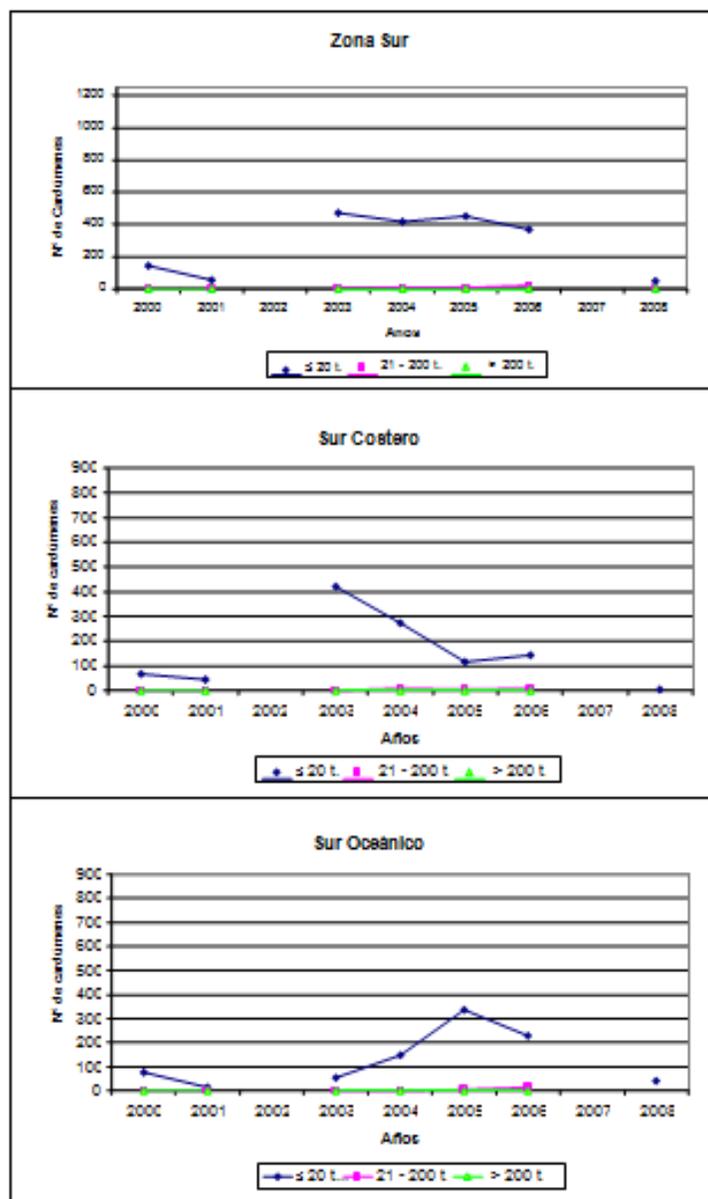


Figura 73. Número de agregaciones por nivel de abundancia para la macrozona sur, en el periodo reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 – 2008.

En la zona sur costera se produce la situación inversa, donde el número de cardúmenes de baja abundancia disminuye fuertemente hasta el año 2005, para luego estabilizarse, llegando a un valor mínimo en el 2008 (6 agregaciones). Los registros de abundancia medias para el período variaron entre 2 y 9, presentándose este último valor en el año 2004, sin registrarse

este tipo de agregación durante el 2008, las abundancias altas en el período fueron escasas registrándose solo una en el año 2000.

8.7.7.1 Índice del nivel de abundancia de las agregaciones de jurel (INAC)

El índice del nivel de abundancia o de tamaño de las agregaciones registrada en la serie 2000-2008 (**Figura 74**), muestra una tendencia positiva entre los años 2004 y 2006 y una disminución hacia el fin del periodo (2008), situación observada también en las macrozonas norte y sur, mientras que en los sectores costero y oceánico se observa una situación similar pero con un retardo de un año en relación a la división latitudinal.

La variabilidad interanual observada en el índice de abundancia, está modulada por el alto valor registrado en el año 2005 en la macrozona norte oceánica, pues en general los valores registrados en los años restantes son del mismo rango que las observadas a inicios de la década (**Figura 74**).

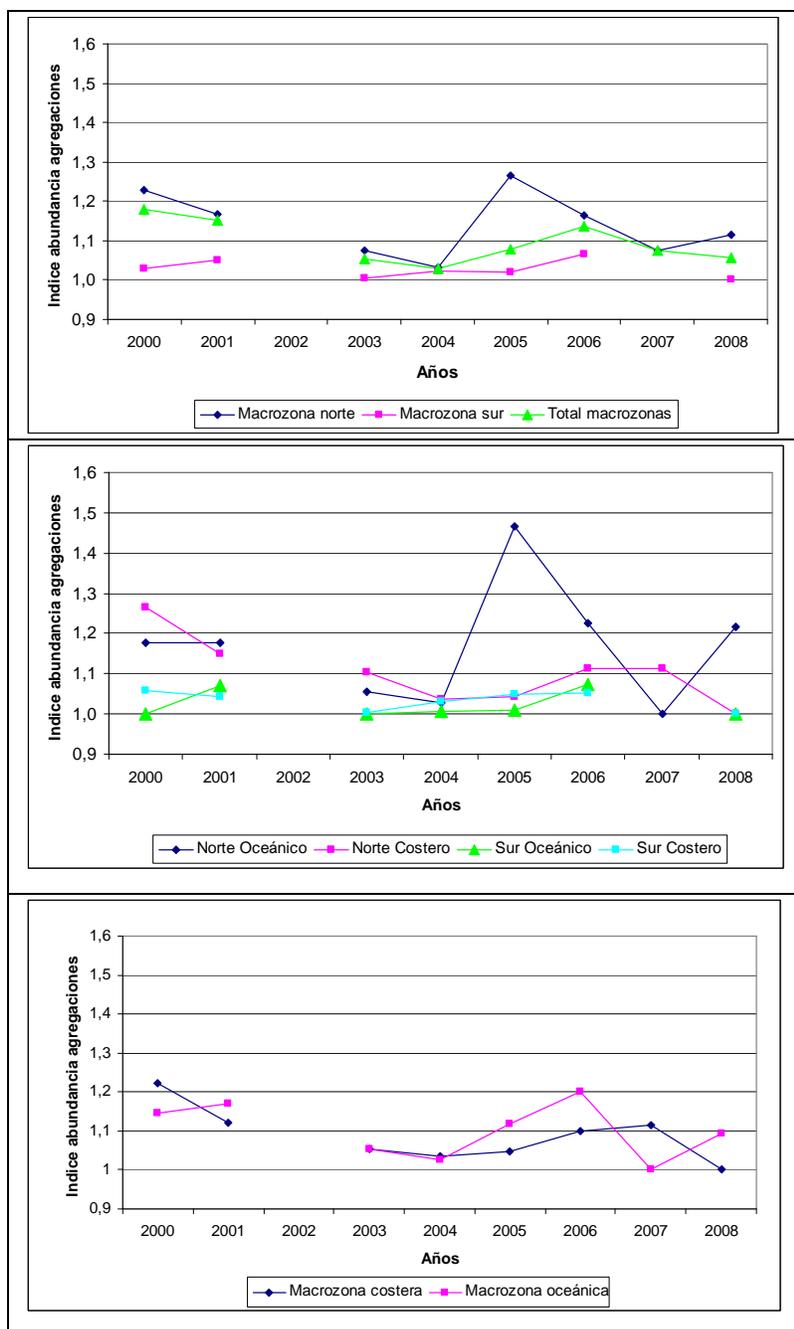


Figura 74. Índice de abundancia de las agregaciones (INAC) por macrozonas en el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 – 2008.

8.7.8 Índice de cobertura (IC) macrozona, nivel de abundancia y período del día.

Por macrozona

El índice de cobertura obtenido para el período 1997 – 2008 alcanzó sus mayores valores en los años 1997, 1999 y 2003 tanto para el área total como para el sector norte (**Figura 75a y Tabla 47**), seguido de una disminución sostenida a partir del año 2004. En el sector sur aunque la variabilidad interanual es mucho menos marcada, igual se presenta la tendencia negativa del índice de cobertura con posterioridad al año 2003. A partir de los valores de índice de cobertura estimados para la macrozona total en el período estudiado, es posible plantear que el índice de cobertura presenta una tendencia decreciente a partir del año 1999 alcanzando sus valores mínimos en los dos últimos años (2007 – 2008).

En relación a esta tendencia se debe mencionar que en 1997 y 1999, años en que se detectan los mayores IC del período, 14,97 y 14,72, el área cubierta por los cruceros estuvo comprendida aproximadamente entre las latitudes 35° y 40° S, que corresponde principalmente a la macrozona sur, a diferencia del resto de los cruceros que cubrieron un área mas amplia (aproximadamente desde la latitud 33° a 39° S). Luego, si consideramos solamente los últimos 5 años (2003 a 2008) la tendencia a la disminución en la ocupación del espacio es más evidente.

En la macrozona norte, los índices de cobertura estimados para los sectores costeros y oceánicos muestran un comportamiento que presenta la misma tendencia, a excepción de los valores observados en los años 1999 y 2001 (**Figura 75b, Tabla 47**). En la macrozona sur, el sector costero se caracteriza por el alto valor del índice de cobertura registrado el año 1999 que es 2,6 veces el valor que le sigue (2003), mientras que el sector oceánico ha presentado un comportamiento relativamente más estable, aunque ambos presentan una disminución significativa hacia los últimos dos años.

Tabla 47. Índice de cobertura total y por macrozona para el período, 1997 - 2008.

Macrozona	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Norte											
- Costero	-	0,96	3,53	1,91	1,02	3,41	2,63	0,42	3,24	0,28	0,15
- Oceánico	-	0,12	1,54	1,44	2,48	5,38	5,09	0,43	2,53	0,11	0,14
Total Norte	-	1,08	5,07	3,35	3,50	8,79	7,72	0,85	5,77	0,39	0,29
Sur											
- Costero		0,35	9,24	0,56	0,34	3,52	1,74	0,64	0,67	-	0,05
- Oceánico		0,46	0,43	0,51	0,10	0,44	0,91	1,81	1,00	-	0,31
Total Sur	14,97	0,81	9,67	1,07	0,44	3,96	2,65	2,45	1,67	-	0,36
Total	14,97	1,88	14,72	4,41	3,94	12,74	10,38	3,29	7,44	0,39	0,64

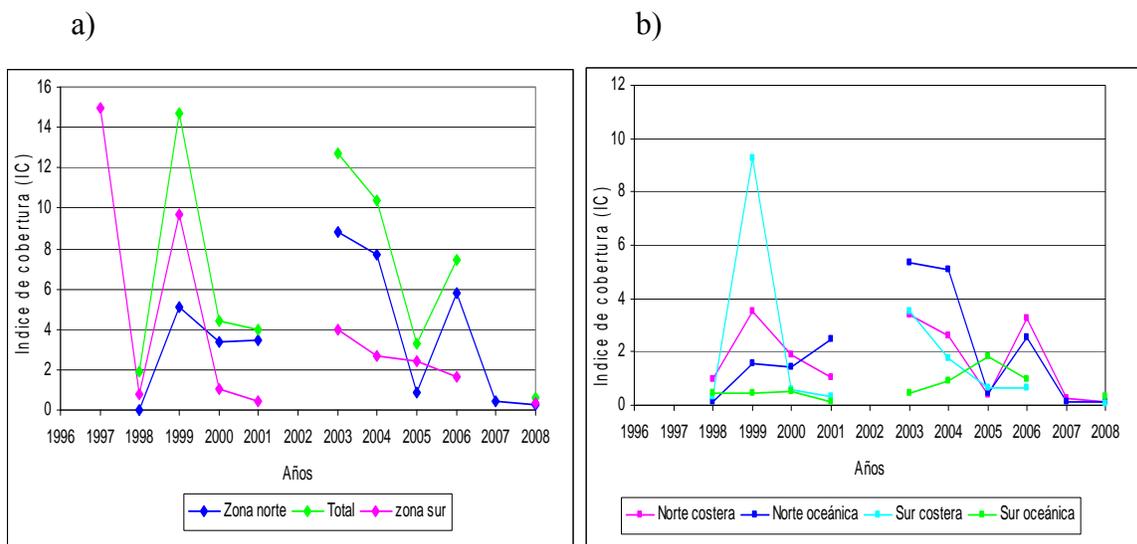


Figura 75. Índice de cobertura calculado para el período 1998 – 2008; a) para la macrozona norte, sur y área total, y b) para las macrozonas norte costero (NC), norte oceánico (NO), sur costero (SC) y sur oceánico (SO).

Tipo de agregación y nivel de abundancia

El índice de cobertura según el tipo de agregación y nivel de abundancia presenta para cualquiera sea el tipo de ecotrazo los mayores valores en la categoría de abundancia baja, a excepción del año 2001 en que los ecotrazos de tipo estrato, disperso e individual presentaron valores de mayor importancia relativa (**Figura 76 y Tabla 48a**).

El claro predominio de las categorías de baja abundancia es consistente con el patrón de comportamiento reproductivo del jurel (**Barbieri et al., 1998**).

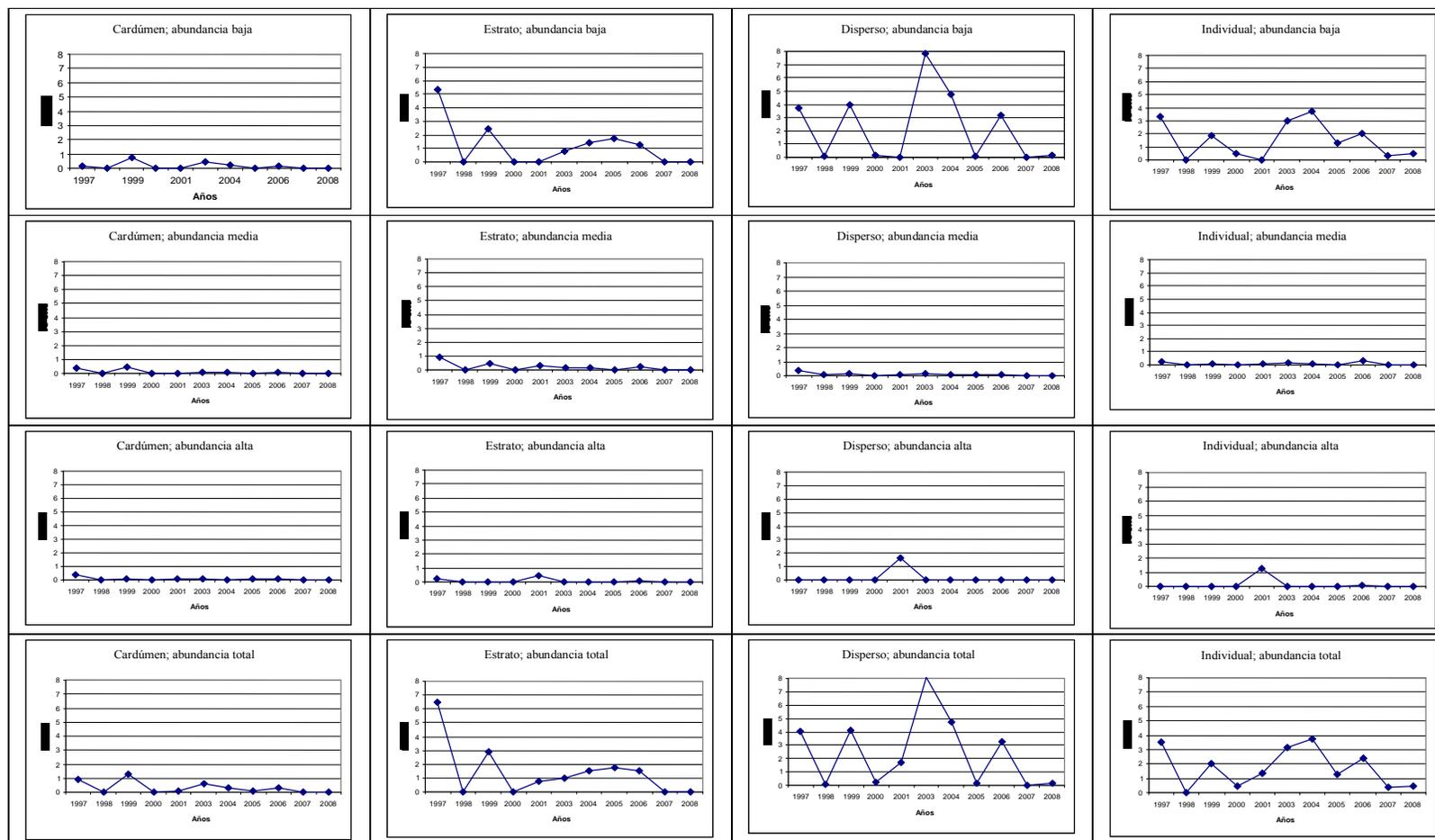


Figura 76. Índice de cobertura de las agregaciones por tipo y nivel de abundancia para el período 1997 – 2008.

Tabla 48. (a) Índice de cobertura (IC), profundidad promedio (Z_{prom}) y altura promedio (A_{prom}) de los ecotrazos reportados por el ecosonda, (b) Índice de cobertura estandarizado (IC_{est}) y altura promedio (A_{prom}) de los ecotrazos por período del día y (c) número de cluster /10.000 mn^2 profundidad media de los registros (Z) y porcentaje de cardúmenes en profundidades menores o iguales a 100 m.

(a)		1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Cardúmen	IC	0,90	0,01	1,79	0,20	0,07	0,60	0,30	0,11	0,32	0,01	0,01
	Z_{prom}	78,5	118,3	113,1	43,8	72,9	111,6	62,4	21,3	57,6	25,0	105,5
	A_{prom}	41,0	25,0	20,0	27,6	36,2	16,3	27,8	17,5	32,3	50,0	19,0
Estrato	IC	6,50	0,19	4,28	0,70	0,79	1,00	1,60	0,18	1,5	0	0,01
	Z_{prom}	147,2	105,5	129,7	80,9	78,1	111,1	69,8	43,2	80,0	37,4	18,9
	A_{prom}	26,9	16,0	23,7	23,7	15,4	29,7	22,5	17,4	25,9	26,6	22,1
Disperso	IC	4,10	0,80	5,13	1,20	1,70	8,10	4,80	1,730	3,25	0,02	0,153
	Z_{prom}	153,9	44,2	45,0	46,2	46,0	75,0	36,6	48,0	55,8	50,4	58,8
	A_{prom}	35,1	13,0	27,7	28,1	21,4	37,4	24,0	19,3	26,6	28,6	21,1
Individual	IC	3,50	0,81	3,53	2,40	1,37	3,10	3,80	1,27	2,37	0,35	0,475
	Z_{prom}	145,9	73,3	65,1	42,8	44,3	68,8	37,8	72,5	71,9	42,3	51,8
	A_{prom}	17,1	18,1	25,3	24,1	13,1	18,0	13,7	15,1	18,6	21,5	11,0
Total	IC	14,97	1,88	14,70	4,41	3,97	12,70	10,38	3,29	7,44	0,39	0,64
	Z_{prom}	148,0	84,0	102,0	62,7	62,4	102,2	53,7	56,0	66,4	42,5	53,8
	A_{prom}	26,2	16,0	25,0	25,2	17,5	31,1	20,0	17,5	23,8	23,2	13,7

s/i= sin información

Tabla 48. (Continuación).

(b)		1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Orto	IC _{est}	0,15	0,75	0,17	0,24	0,76	0,72	0,077	0,04	0,0007	0,0053
	A _{prom}	15,50	33,40	22,43	19,0	26,92	21,76	17,38	18,27	49,0	12,6
Día	IC _{est}	0,12	1,43	0,36	0,31	1,37	0,77	0,051	0,19	0,018	0,0252
	A _{prom}	12,63	23,95	25,59	19,15	30,22	21,35	17,28	23,62	20,11	12,2
Crepúsculo	IC _{est}	0,35	1,40	0,45	0,22	1,51	0,92	0,007	0,02	0,004	0,0062
	A _{prom}	24,45	24,32	28,65	18,99	36,53	19,64	18,33	32,14	23,21	19,6
Noche	IC _{est}	0,16	0,99	0,41	0,41	0,56	1,03	0,056	0,06	2,9e-5	4,3e-5
	A _{prom}	15,38	26,06	24,16	15,33	32,34	18,39	17,60	23,99	7,6	8,0

(c)	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008
-Nº clusters/10000 mn ²	50	3	55	17	18	49	53	23	50	2	3
Z _{prom} (m)	136,5	84	102	63	62	102	53,7	56	66	42,50	53,8
% <= 100 m	19,8	65,3	44,5	77,7	74,1	49,8	87,4	85,5	77,7	98,11	90,00
Densidad de huevos (Ind/10m ²)	108,5	317,9	266,3	444	639	131,5	373,5	98,6	108,2	39,82(1)	79,19

(1) sólo considera la macrozona norte

8.7.9 Análisis del centro de gravedad

En relación al centro de gravedad del recurso jurel estimado para las agregaciones observadas durante el periodo reproductivo (**Figura 77**) se destaca la presencia de dos grupos, uno compuesto por los años 1998, 2004 y 2007, donde los centros de gravedad se localizaron en longitudes menores a los 81°W y otro grupo conformado por el resto de los cruceros en que el centro de gravedad de la distribución se han localizado al oeste de la longitud 83°W , alcanzando en el año 2008 la posición más occidental ($86^{\circ}10'\text{W}$). Latitudinalmente, la posición del centro de gravedad presenta un rango más estrecho abarcando entre los $33^{\circ}39'\text{S}$ (2007) y los $36^{\circ}30'\text{S}$ (2005), aunque se debe considerar que durante el año 2007 solo se recolectó información en la macrozona norte, por lo cual dicho valor no representaría cabalmente la posición de la distribución de jurel, sino que esta podría haber tenido una posición más meridional.

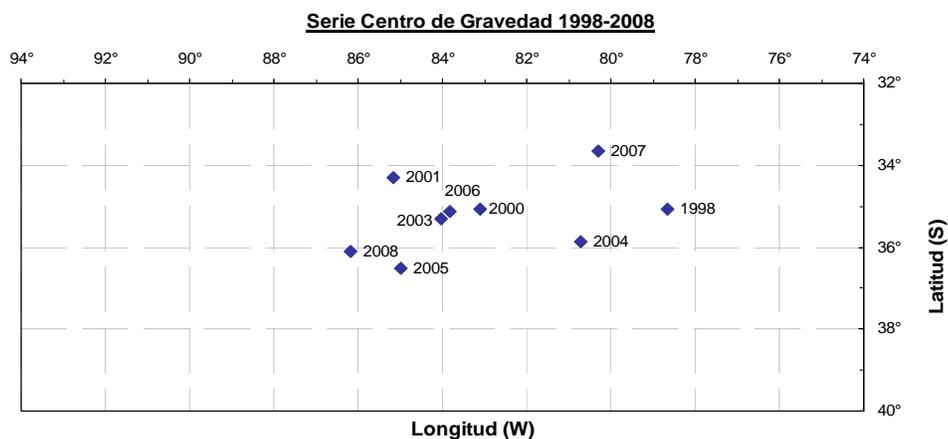


Figura 77. Centro de gravedad de jurel en primavera – verano. 1998 y 2008.

8.7.10 Morfología de los ecotrazos por períodos y macrozona

Distribución de la profundidad media de los ecotrazos de jurel

La profundidad promedio de los ecotrazos de jurel para los diferentes períodos del día (orto, día, crepúsculo y noche) en la serie de cruceros 1998 al 2008 (**Figura 78**), muestra que las mayores profundidades medias se registran durante el día y el crepúsculo, siendo los años 1998, 1999 y 2003 donde el recurso se localizó a mayor profundidad, alcanzando valores superiores a los 100 m, aunque con posterioridad al 2004 la profundidad de las agregaciones durante el día ha disminuido.

Al analizar las profundidades medias de las agregaciones por tipo de ecotrazo (**Tabla 48**) han presentado fuertes variaciones a lo largo del período analizado registrándose 153,9 m (1997) para el tipo de ecotrazo disperso y 18,9 m para el tipo estrato el año 2004, sin que se aprecie algún patrón en la distribución de las profundidades medias aunque los tipo cardumen y estrato han disminuido su profundidad media con posterioridad al 2005.

El comportamiento de la profundidad media de las agregaciones en términos de las macrozonas geográficas en que fue dividida el área de estudio, muestra un amplio rango que fluctúa entre 36,6 m (2005) y 124,6 m (1999) en la macrozona norte oceánica (**Figura 79a**) y entre 12,4m (2003) y 118,4m (1998) para la macrozona norte costera, con una tendencia global del periodo a una disminución de la profundidad promedio de las agregaciones.

En la macrozona sur (**Figura 79b**), las profundidades promedios menores que las registradas para el sector norte y un comportamiento menos variable entre los sectores costero y oceánico. Las máximas profundidades promedios se registraron el año 1999 (~100 m) y los valores más el 2001 (~20 m), aunque no se aprecia una tendencia clara en la posición batimétrica de las agregaciones sino que estas se han localizado de preferencia en el rango comprendido entre los 40 y 80 metros de profundidad.

Para comparar estadísticamente las profundidades media de la distribución de los registros de jurel por macrozona, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para los años de estudio, obteniéndose los siguientes resultados (**Tabla 49**):

- No se observan diferencias significativas entre la zona sur oceánica y sur costera con la excepción del año 1998.
- Se presentan diferencias significativas entre las macrozonas norte y sur en los años 2001, 2003 y 2004.
- Es posible observar para el año 2005 una diferencia significativa en la profundidad de distribución vertical entre la zona costera y oceánica ($p < 0,05$). En la zona norte el jurel esta más profundo en la zona costera (48,61 m) que en la zona oceánica. En la zona sur se encuentra más profundo en la zona oceánica (69,21 m).
- Para el año 2006 se observa una diferencia significativa entre las macrozonas para la profundidad media ($p < 0,05$), salvo entre la zona costera, donde para la zona norte y sur costera la profundidad media no mostró una diferencia significativa ($p > 0,05$).
- Para el año 2007 no se observa una diferencia significativa entre las macrozonas norte costera y oceánica con profundidades media de distribución 34,6 y 48,2 m, respectivamente.
- Para el año 2008 no se observan diferencias significativas en la profundidad media de las agregaciones entre la macrozona norte costera, oceánica y sur oceánica

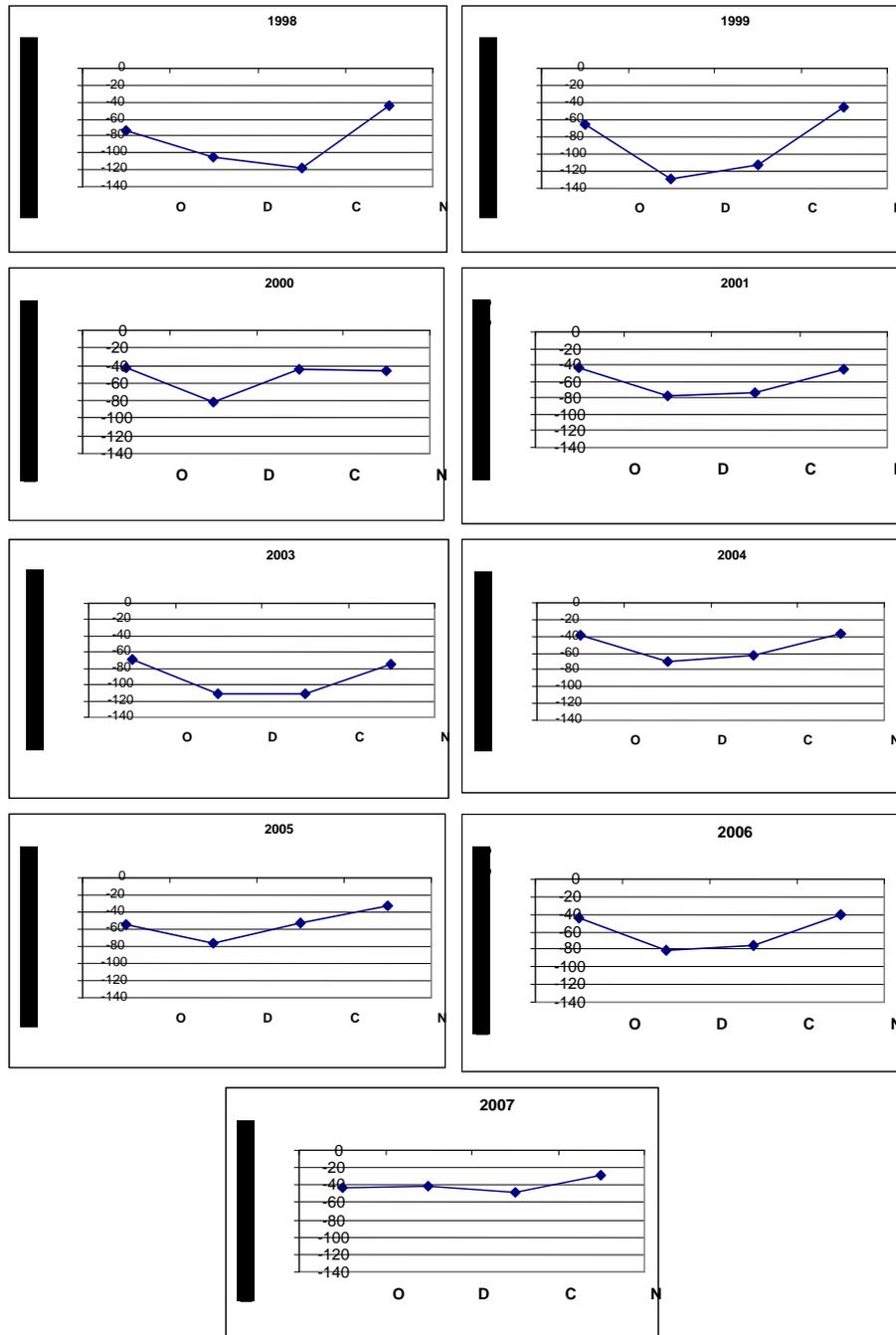


Figura 78. Profundidad media de jurel (m) por períodos del día; orto (O), día (D), crepúsculo (C) y noche (N).

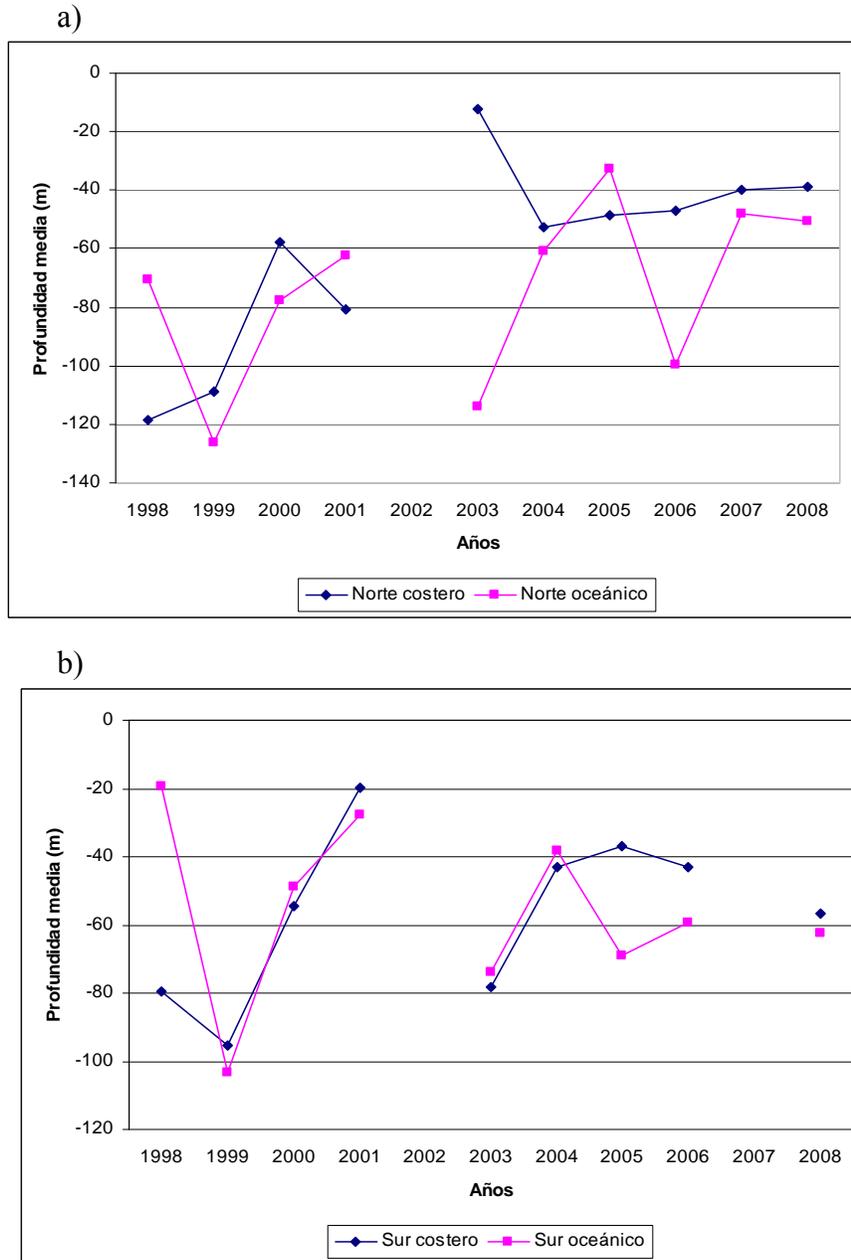


Figura 79. Profundidad media de las agregaciones de jurel por macrozona para el período 1998 – 2008.

Tabla 49. Inferencia de las macro zonas en la profundidad media por año y los post hoc. Inferencia significativa (**S**) $P < 0,05$ y no significativa (**NS**), $P > 0,05$.

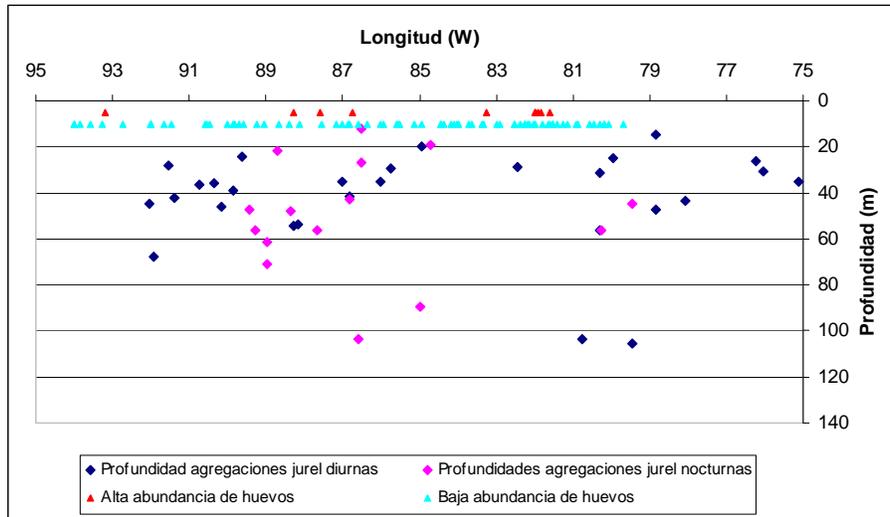
Año	Macrozonas	Profundidad media	n	Norte costero	Norte Oceánico	Sur Costera	Sur Oceánico
1998	Norte costero	118,37	25		NS	NS	N
	Norte oceánico	70,3	3	NS		NS	NS
	Sur costero	79,44	12	NS			N
	Sur oceánico	19,12	9	N			
1999	Norte costero	108,98	199		N	N	NS
	Norte oceánico	126,11	86	N		N	NS
	Sur costero	95,30	521	N			NS
	Sur oceánico	103,27	24	NS			
2000	Norte costero	57,71	261		N	NS	NS
	Norte oceánico	77,44	196	N		N	N
	Sur costero	54,72	76	NS			NS
	Sur oceánico	48,69	69	NS			
2001	Norte costero	80,98	139		N	N	N
	Norte oceánico	62,12	340	N		N	N
	Sur costero	19,79	47	N			NS
	Sur oceánico	27,10	47	N			
2003	Norte costero	12,47	408		NS	N	N
	Norte oceánico	113,80	644	NS		N	N
	Sur costero	78,25	422	N			NS
	Sur oceánico	73,97	153	N			
2004	Norte costero	52,52	426		N	N	N
	Norte oceánico	60,67	824	N		N	N
	Sur costero	43,19	282	N			NS
	Sur oceánico	38,35	148	N			
2005	Norte costero	48,61	68		N	N	N
	Norte oceánico	32,94	75	N		NS	N
	Sur Costero	37,01	123	N	NS		N
	Sur oceánico	69,21	337	N	N	N	
2006	Norte costero	46,8	501		N	N	NS
	Norte oceánico	99,8	455	N		N	N
	Sur Costero	42,9	245	NS	N		N
	Sur oceánico	59,2	15	N	N	N	
2007	Norte costero	34,6	35		NS	-	-
	Norte oceánico	48,2	18	NS		-	-
	Sur Costero	-	-	-	-		-
	Sur oceánico	-	-	-	-		
2008	Norte costero	50,5	20		NS	NS	N
	Norte oceánico	38,8	23	NS		NS	NS
	Sur Costero	56,8	6	NS	NS		NS
	Sur oceánico	62,4	41	N	NS	NS	

En la **Figura 80** se entrega la profundidad media de las agregaciones de jurel detectadas en el períodos diurno y nocturno en las macrozonas norte y sur, no observando cambios en la profundidad media con la longitud (distancia de la costa), situación que

también se apreció claramente en noviembre del 2006 tanto en la macrozona norte como sur (**Bahamonde et al. 2007**).

La distribución vertical de los ecotrazos de jurel por macrozonas obtenida durante el crucero (**Figura 80 y Tabla 42**), permite destacar que la especie presentó una distribución batimétrica comprendida entre los 8 y 137 m de profundidad (**Tabla 42**) en todo el rango longitudinal, siendo posible destacar en general una mayor presencia de registros de jurel en los sectores de mayor abundancia de huevos lo cual también fue detectado en noviembre del 2006.

Macrozona norte



Macrozona sur

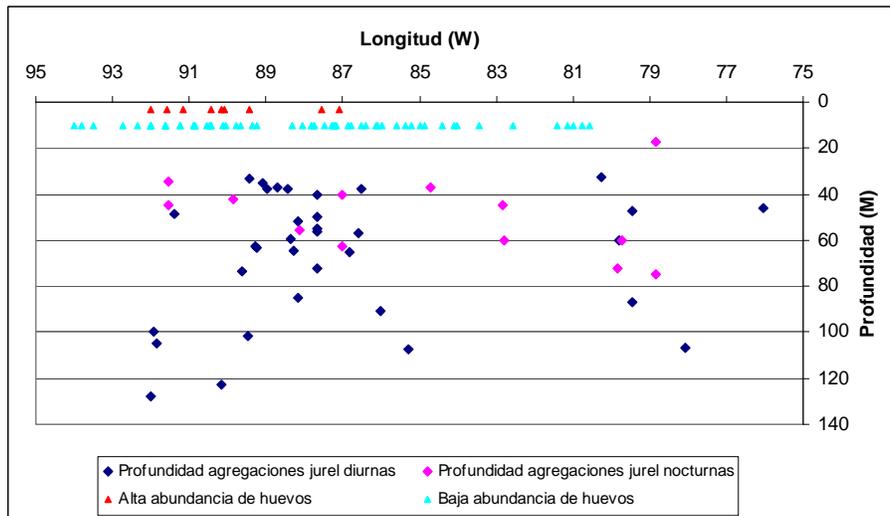


Figura 80. Distribución de zonas de altas y bajas densidades de huevos y profundidad media de las agregaciones de jurel por macrozona, para noviembre – diciembre, 2008

- Altura media de los ecotrazos

La altura media de las agregaciones ha variado entre 11 m para el tipo individual (2008) y los 50 m en tipo cardumen (2007), siendo este último tipo de ecotrazo el que ha registrado la mayor variabilidad interanual (**Figura 81 y Tabla 48a**), mientras que de los ecotrazos de tipo estrato y disperso presentaron valores entre los 20 y 30 m de altura media, siendo los correspondientes a individual los que presentaron el menor valor (10-20 m).

Al considerar el ciclo de 24 horas, las alturas medias han variado entre 7,6 (2008 noche) y 36,5 (2003 crepúsculo) (**Figura 81 Tabla 48a**), mostrando en los períodos orto y día una disminución en la altura media en los últimos tres años en tanto que para el crepúsculo y la noche los valores se han mantenido relativamente estables.

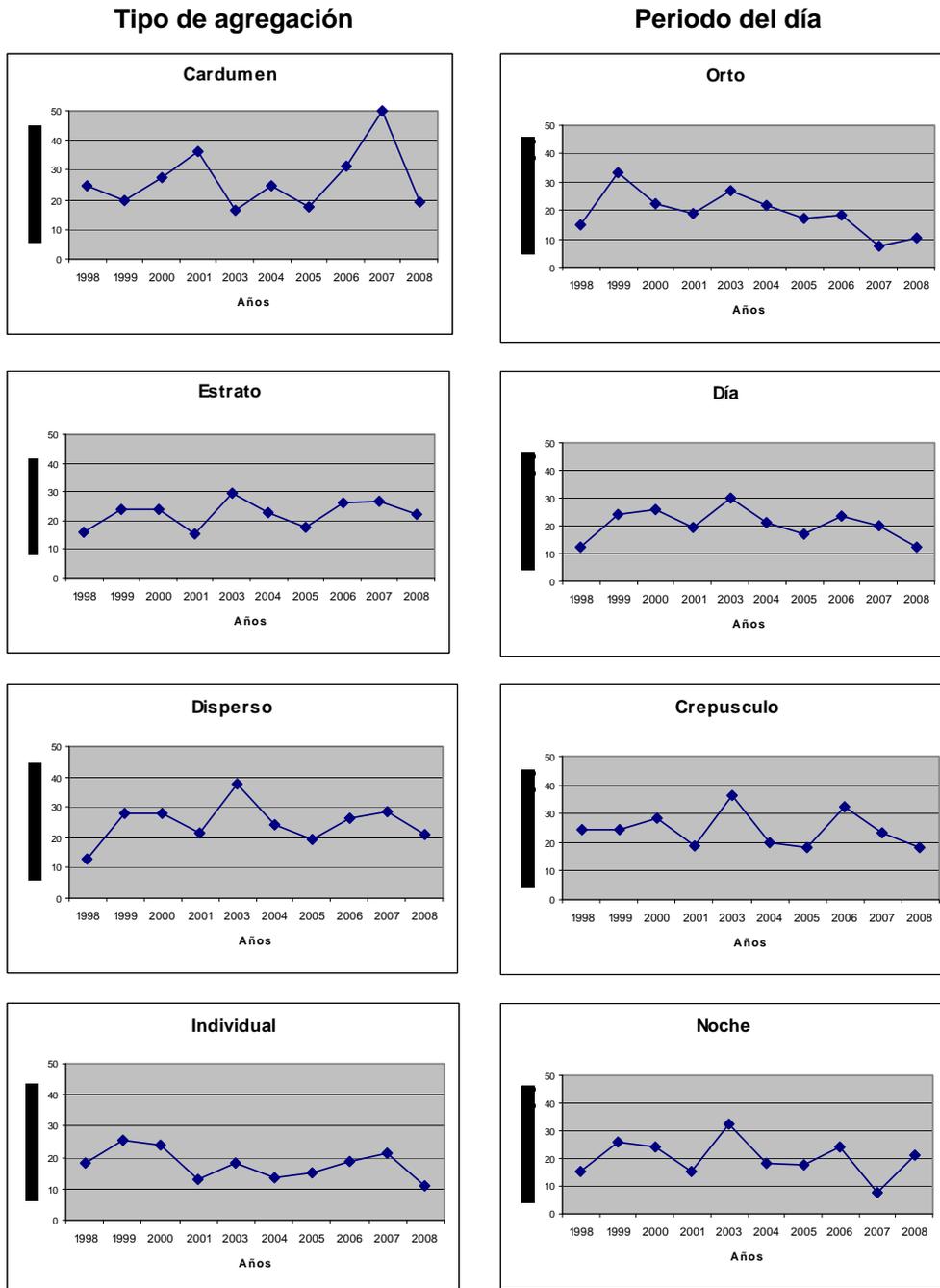


Figura 81. Altura media (m) de las agregaciones por tipo y período del día entre 1997 y 2008.

8.7.11 Índice de presencia de ecotrazos (IPE) y clusters (1997-2007)

En el período 1997-2008, el índice de presencia de ecotrazos, índice de cobertura y cluster/10000mn², muestran un patrón de comportamiento similar entre ellos y en el que se pueden diferenciar tres grupos, el primero con altos valores observados durante los años 1997, 1999, 2003, 2004 y 2006, seguido de valores intermedios entre los años 2000, 2001 y 2005 y por último el grupo que representa los valores más bajos observados entre los años 1998, 2007 y 2008 (**Tabla 48, Figura 82**). Con respecto a estos resultados, se debe destacar la disminución observada en el índice de cobertura en el período de la serie de datos, que ha llevado a que en los últimos dos años se hayan registrado los valores más bajos y estaría indicando una reducida presencia del stock reproductivo en el área explorada.

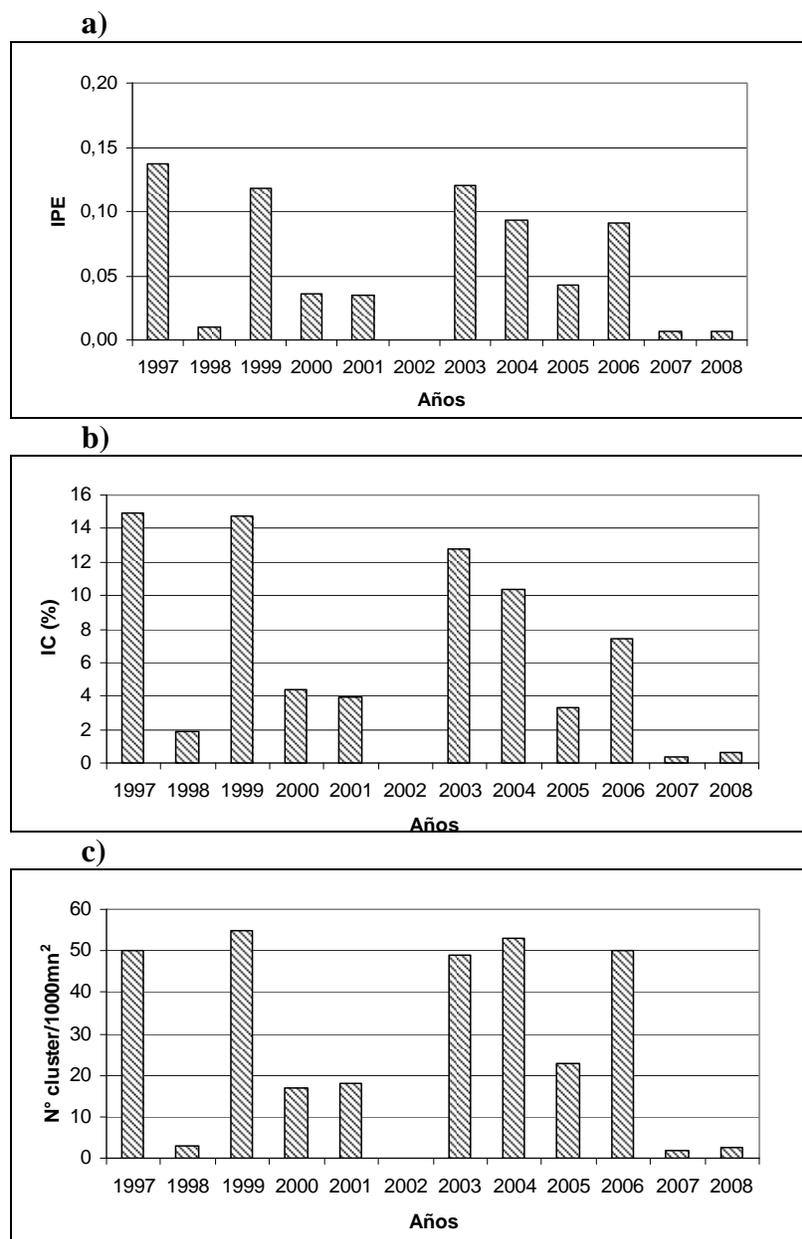


Figura 82. Índice de presencia de ecotrazos (a), índice de cobertura (b) y número de cluster por 10.000 mn² entre 1997 y 2008.

8.7.12 4. Índice sintético de presencia de huevos (1997-2008)

Para el período de estudio el índice sintético de presencia de huevos (IA) alcanzó sus mayores valores en los años 2000 y 2001 (**Figura 83**) lo que representa que aproximadamente en un tercio del área de distribución del jurel hubo registros positivos de huevos, aunque en dichos cruceros el índice de cobertura fue bajo. Por otra parte, en aquellos cruceros con bajo índice de presencia de huevos se registró una alta variabilidad en el índice de cobertura, señalando para los años 2005, 2007 y 2008 una fuerte disminución del área de alta abundancia de huevos y una disminución en la presencia del recurso. Respecto del valor obtenido en el año 2007 es importante destacar que corresponde al estimado para la macrozona norte, dado que en este período no se exploró la zona sur.

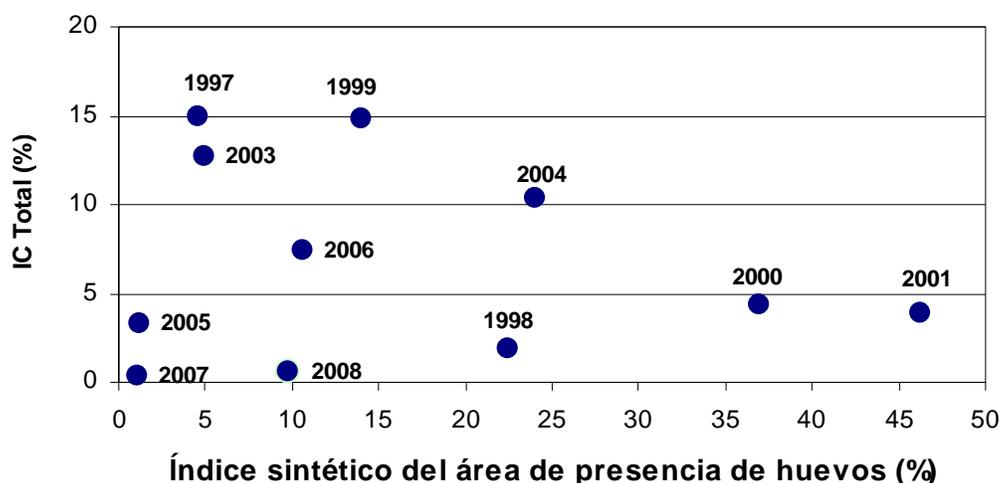


Figura 83. Índice de cobertura total de jurel (IC) e índice sintético de la presencia de huevos (IA), entre 1997 y 2008.

4.6.9 Curva de Lorenz e Índice de Gini para jurel y sus huevos

Al analizar los gráficos de la curva de Lorenz (**Figuras 84 y 85**), muestra para todo el período analizado un comportamiento diferente para el uso del espacio de los huevos de jurel respecto de su stock adulto. En general, los huevos habían presentado una distribución relativamente homogénea sin embargo, a partir del año 2005 este aumentó significativamente aunque sin alcanzar el grado de concentración que ha presentado el jurel durante el período analizado (**Figura 86**).

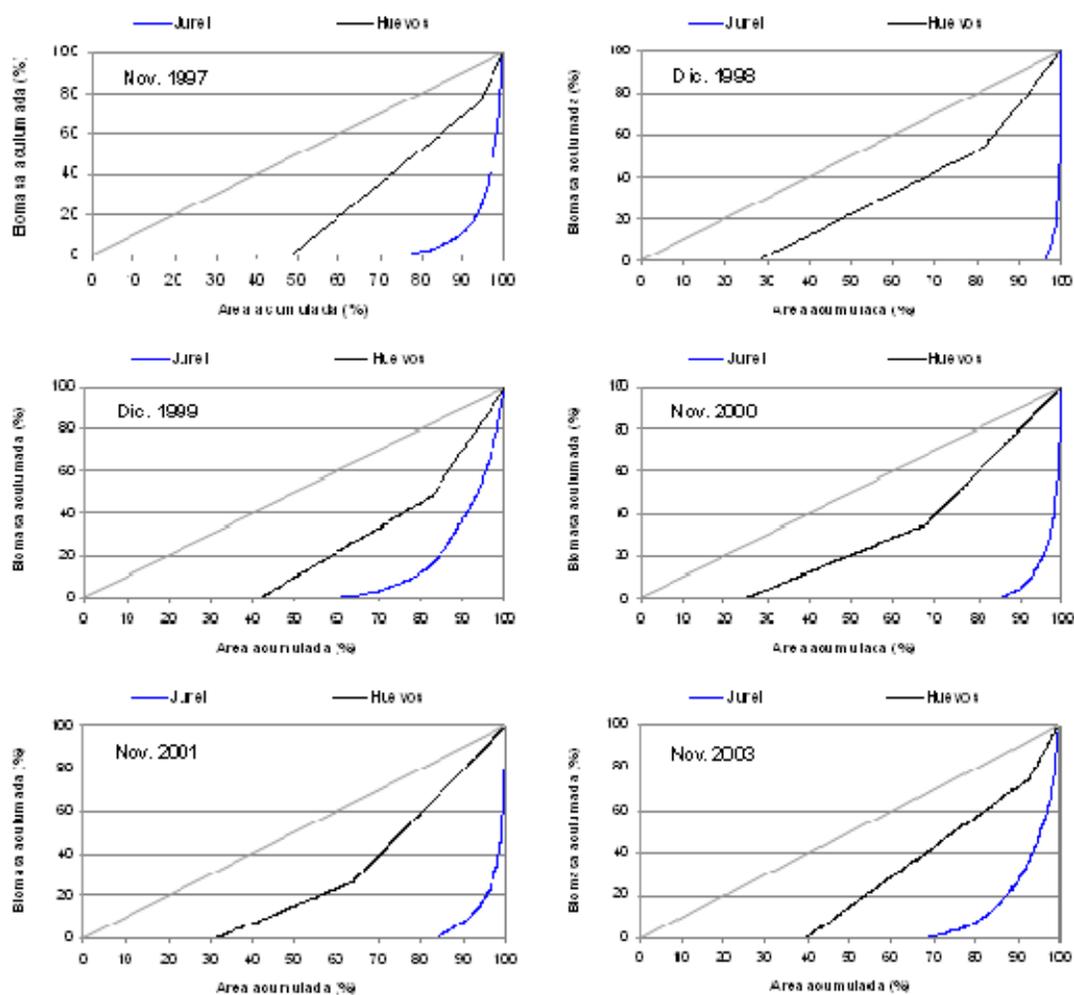


Figura 84. Curva de Lorenz para el jurel y huevos de jurel para los cruces 1997 a 2003.

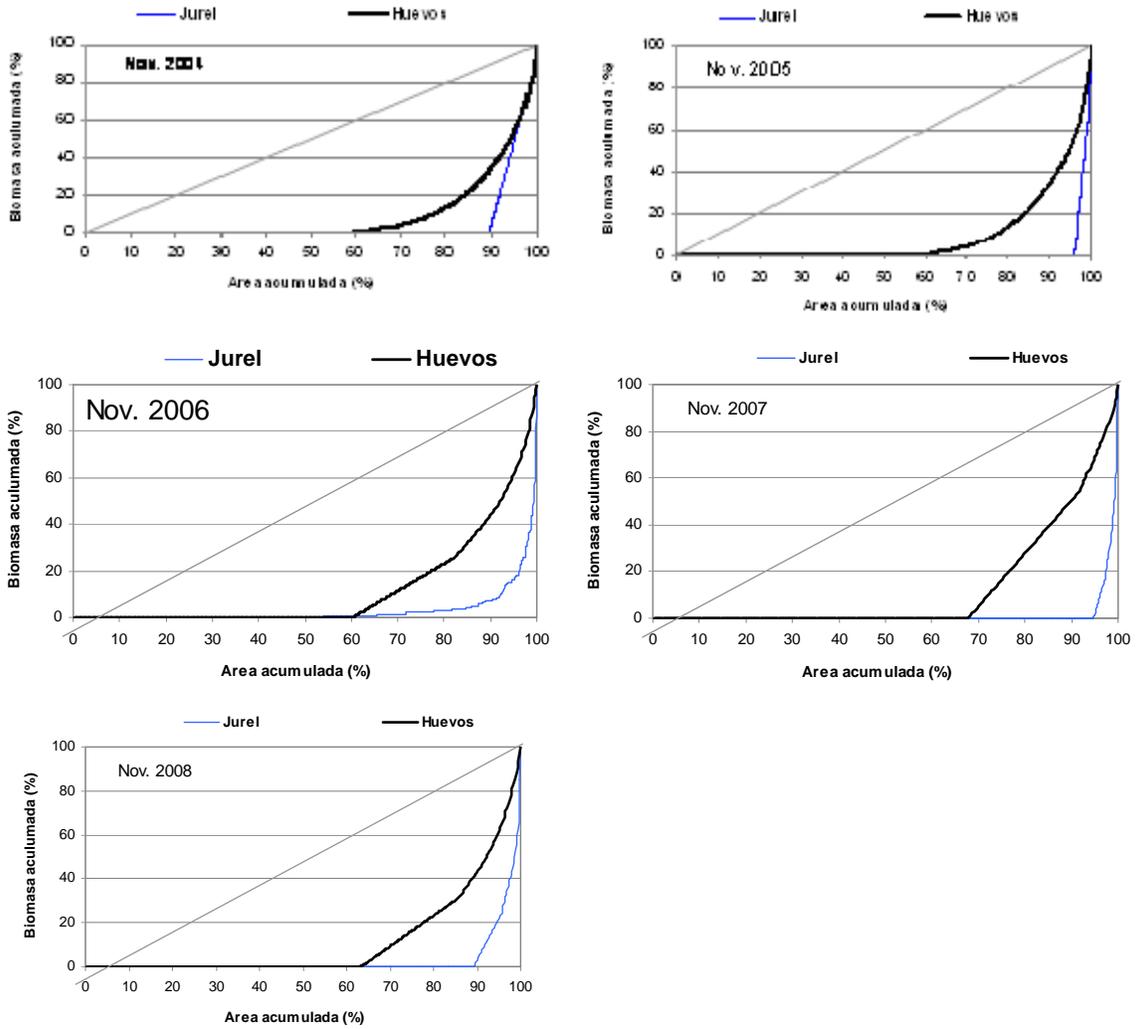


Figura 85. Curva de Lorenz para jurel y huevos de jurel para los cruceros 2004 a 2008.

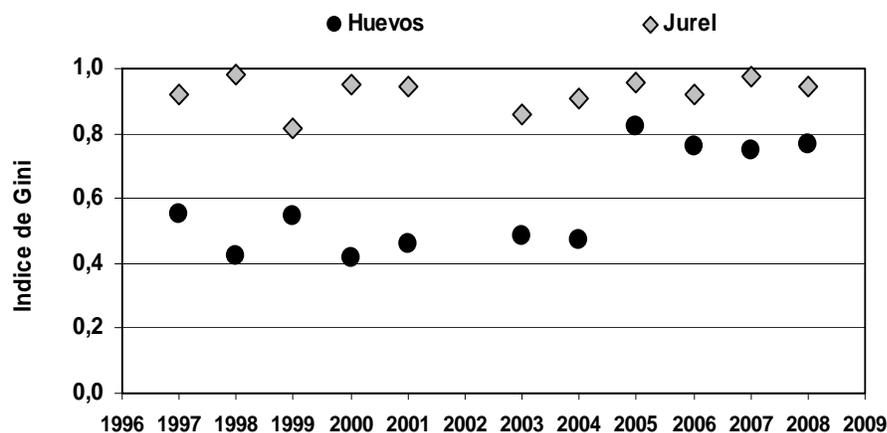


Figura 86. Índice de Gini para jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2008.

8.7.13 Análisis espacial de jurel y huevos.

a. Estructura espacial.

En la estimación del semivariograma se consideró una amplitud de lag igual a la distancia entre las muestras (1 mn), además se aplicó una retro-transformación del semivariograma experimental obteniendo un ajuste del tipo exponencial para la abundancia de jurel y esférico para la densidad de huevos (**Figura 87**). Los parámetros calculados en el modelamiento de cada variable se presentan en la **Tabla 50**. El rango, que describe la zona de influencia y de máxima correlación entre las muestras alcanza un valor de 4,2 mn para la abundancia de jurel y 228 mn para la densidad de huevos.

El ajuste de los modelos teóricos se realizó considerando 3 criterios (**Tabla 50**). El criterio RSS, muestra su valor mínimo con el ajuste obtenido con la variable abundancia de jurel. En tanto, los criterios WSS y Gof muestran su mínimo con la densidad de huevos, sin embargo los variogramas teóricos ajustados a las variables mostraron un valor de Gof cercano a 0, lo que indica un buen ajuste entre los valores estimados y observados de los variogramas.

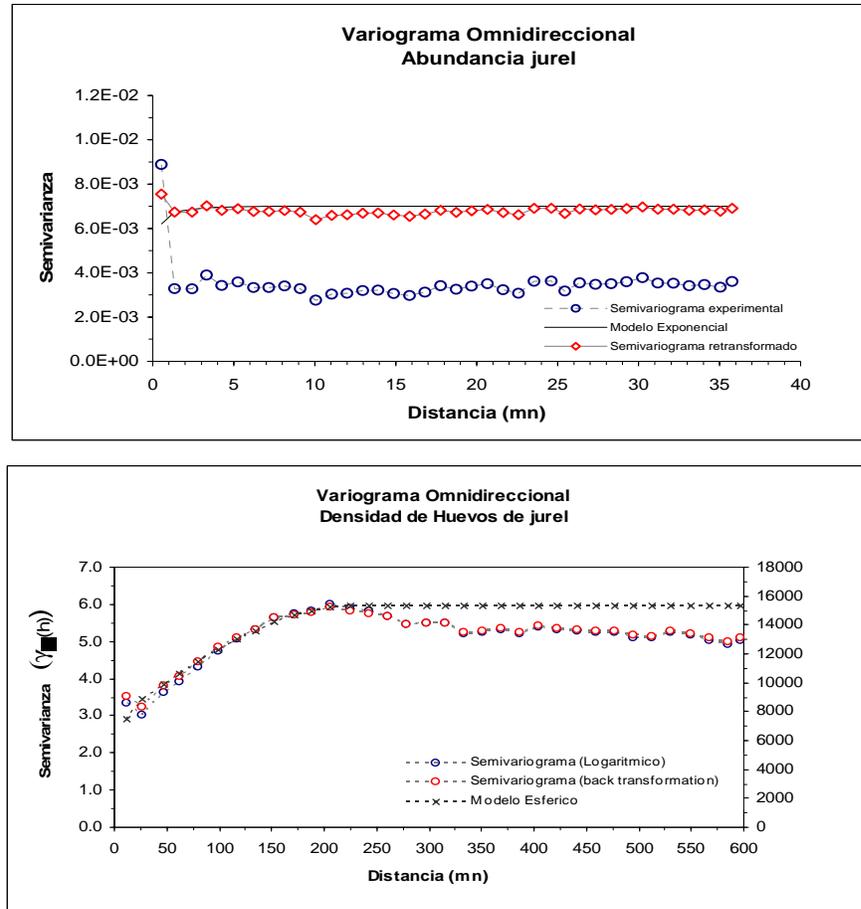


Figura 87. Variograma omnidireccional experimental y teórico para la abundancia de jurel y la densidad de huevos

El nivel máximo de variabilidad entre las muestras cuantificado por la meseta muestra en el caso de la distribución de huevos que un 49% de ella es aportada por la variabilidad de microescala (nuggett) y un 51% corresponde a la varianza estructurada (meseta parcial), mientras que en la distribución de adultos, la variabilidad de microescala contribuyó con el 88,6% de la varianza lo que representa una alta componente aleatoria en la estructura de la distribución, situación que se refleja en los índices de dependencia espacial que alcanzaron a 51% en la distribución de huevos y solo al 11,4% en la distribución del stock adulto (**Tabla 51**).

Tabla 50. Estructura espacial de la abundancia de jurel y densidad de huevos.

Variable	Modelo	Nuggett	Meseta parcial	Rango (mn)	RSS	WSS (Cressie, 1985)	Gof
Abundancia de jurel	Exponencial	0,0062	0,0008	4,2	9,3E-07	229,79	3,36E-04
Densidad de huevos	Esférico	7500	7800	228	6,3E+05	18,48	1,98E-04

Tabla 51. Parámetros de correlación espacial.

Variable	Modelo	Co	C	Co/(Co+C) (%)	Spd
Abundancia de jurel	Exponencial	0,0062	0,0008	88,57	11,42
Densidad de huevos	Esférico	7500	7800	49,01	50,98

El análisis direccional de las variables muestra un comportamiento anisotrópico para la densidad de huevos, en cambio para la abundancia de jurel los variogramas en los distintos ejes muestran un comportamiento con una alta componente aleatoria (nuggett). La anisotropía encontrada para las muestras de huevos no fue considerada en el modelamiento, ya que el factor de anisotropía (1,2) definido como el cociente entre el rango de máxima y mínima continuidad es menor que 2, pudiéndose asumir entonces la existencia de isotropía (Moral y Marques, 2002).

b. Análisis de correlación espacial.

Se aplicó la función de semivariogramas cruzados para la abundancia de jurel con la profundidad media de la agregación y la densidad de huevos con la temperatura superficial del mar (TSM). El modelo ajustado para la densidad de huevos y TSM fue de tipo esférico, en tanto la correlación modelada para la abundancia de jurel y profundidad media de la agregación mostró un efecto aleatorio. Los parámetros obtenidos en el modelamiento de la densidad de huevos y la TSM muestran una relación negativa con meseta y rango igual a -0,46 y 294 mn, respectivamente. Los valores negativos obtenidos en el variograma cruzado explican un antagonismo entre las variables correlacionadas, esto quiere decir que un

incremento positivo en una de las variables se corresponde con una disminución en la otra. El índice de dependencia espacial (Spd) indicó una alta dependencia espacial (96,23%).

Dimensión fractal.

Se estimó la dimensión fractal D , utilizando los valores del semivariograma experimental para definir la relación log-log y posterior cálculo de D , a través de un análisis de regresión (Dubois *et al*, 2002). La dimensión fractal calculada para la abundancia de jurel y la profundidad media de la agregación fluctuó entre 1,970-1,989, en cambio para la densidad de huevos y la temperatura superficial fue de 1,818 y 1,686, respectivamente. El menor valor de "D" encontrada en la densidad de huevos y TSM indica que existe una mayor dependencia espacial para estas variables que aquellas relacionadas con la abundancia de jurel.

8.8 ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL

A partir del año 2001, **Cubillos et al. 2002** realizaron por primera vez estimaciones de biomasa desovante de jurel mediante el método de producción diaria de huevos (MPDH). Los parámetros necesarios para estimar este indicador, han sido refinados y re analizados año tras año, con la finalidad de mejorar la estimación tanto en términos de sesgo como de precisión. Bajo este contexto, los proyectos tendientes a caracterizar la condición biológica de jurel en el período de máxima actividad reproductiva, han servido como una plataforma de valiosa información, que ha llevado a conocer en más detalle el proceso reproductivo de esta especie.

Para lograr estimar la biomasa desovante mediante MPDH, es necesario que los cruceros realizados posean una adecuada cobertura del área de desove del jurel, para de esta manera conocer la producción total de huevos en el área de desove y los atributos biológicos de los adultos que están desovando en esa área, en términos de la fecundidad media poblacional, fracción de hembras desovantes diarias, peso promedio de las hembras maduras y proporción de hembras durante el período de mayor actividad reproductiva.

Al utilizar las estimaciones de P0 mediante GLM en la estimación de la biomasa desovante, se observan marcadas diferencias en la relación con las estimadas por el método tradicional (**Tabla 52**). Debido a que la producción de huevos es uno de los parámetros con mayor repercusión en la estimación de la biomasa desovante, mayores valores de este parámetro arrojarán consecuentemente, mayores valores de biomasa. Es por ello que las estimaciones de P0 por GLM incrementan los valores de biomasa con las mismas tendencias reportadas para P0.

En términos de determinar si la precisión de los estimados de biomasa mejoran al emplear los valores de P0 mediante GLM, se verifica que si bien los coeficientes de variación (CV) de las nuevas estimaciones de P0 son un tanto mejores, este incremento no es suficiente como para disminuir los CV de la biomasa de una manera significativa. Sin

embargo, es importante señalar que los CV de las estimaciones de P0 por GLM no superan en promedio el 10% (exceptuando el año 2007), lo cual es un valor adecuado de precisión. Una baja significativa en la precisión de los estimados de biomasa dependerá por lo tanto, no sólo de mejoras en P0 si no que también es importante considerar a los parámetros reproductivos. Es por ello que estimaciones de biomasa poco precisas en algunos años de la serie analizada (**Tabla 52b**), son producto principalmente de un menor muestreo de ejemplares adultos, lo cual no permite una adecuada estimación de algunos parámetros reproductivos y no de las estimaciones de P0.

Al observar la serie histórica disponible (**Tabla 52b**), se aprecia que este indicador ha mostrado importantes fluctuaciones, registrándose en el período 1999-2001 las mayores biomاسas, siendo el valor registrado el año 1999 el valor más alto de la serie con biomasa del orden de los 8 millones de toneladas. A partir del año 2003, se verifica una baja, con un rango de biomاسas que va desde el millón y medio de toneladas para el año 2005 y de tres millones para el año 2004. El año 2006, se observa nuevamente un aumento de este indicador (5 millones de ton), sin embargo el año 2007 cae abruptamente a sólo 473 mil ton. El año 2008, nuevamente se observa una leve alza, estimándose una biomasa desovante de 2,2 millones de ton, cifra casi 5 veces superior a la registrada el año 2007.

Las posibles causas de estas fluctuaciones, se deberían principalmente al grado de cobertura espacial y fecha de realización de los cruceros, lo cual influye directamente en la estimación de la producción diaria de huevos, uno de los parámetros más influyentes en la estimación de la biomasa desovante en conjunto con la fracción de hembras desovantes.

Tabla 52. Parámetros reproductivos y estimación de Biomasa Desovante de jurel para la serie 1999-2008. Método tradicional:
Estimación de P0 mediante nls. Método alternativo: Estimación de P0 por GLM.

a) Biomasa Método Tradicional										
AÑOS	Peso (g)	Fecundidad Parcial (nº ovocitos)	Frecuencia de Desove	Proporción Sexual	Producción de Huevos (huevos m ⁻² d ⁻¹)	Area de Estudio (K m ²)	Area de Desove (Km ²)	Cobertura (%)	Biomasa Desovante (t)	CV Biomasa D.
1999	191.8	26610a	0.126a	0.433a	65.28	829607	663746.69	80.01	5723933	-
2000	211.0	26069	0.15	0.47	49.16	1011802	823077.37	81.35	4688208	-
2001	223.7	27150	0.10	0.39	46.22	762883	600320.17	78.69	5626963	-
2003	394.7	39846	0.09	0.48	9.20	871179	647967.69	74.38	1387804	0.19
2004	412.1	39957	0.19	0.48	27.32	1385613	1054352.49	76.09	3287439	0.16
2005	364.7	40463	0.14	0.47	9.94	1222143	773602.53	63.30	1042706	0.36
2006	532.4	48213	0.07	0.49	14.79	1343682	682550.00	50.80	3282628	0.27
2007	532.4b	48213b	0.07b	0.49b	3.56	1420837	544583.00	38.33	626465	0.35
2008	624.7	55419	0.09	0.39	11.47	1464636	505542.13	34.52	1934723	0.43

b) Biomasa Método Alternativo										
AÑOS	Peso (g)	Fecundidad Parcial (nº ovocitos)	Frecuencia de Desove	Proporción Sexual	Producción de Huevos (huevos m ⁻² d ⁻¹)	Area de Estudio (Km ²)	Area de Desove (Km ²)	Cobertura (%)	Biomasa Desovante (t)	CV Biomasa D.
1999	191.8	26610a	0,126a	0.433a	97.9	829607	663746.69	80.01	8588311	-
2000	211.0	26069	0.15	0.47	70.8	1011802	823077.37	81.35	6751936	-
2001	223.7	27150	0.10	0.39	52.5	762883	600320.17	78.69	6392891	-
2003	394.7	39846	0.09	0.48	14.1	871179	647967.69	74.38	2133175	0.18
2004	412.1	39957	0.19	0.48	32.8	1385613	1054352.49	76.09	3946606	0.15
2005	364.7	40463	0.14	0.47	15.5	1222143	773602.53	63.30	1624553	0.36
2006	532.4	48213	0.07	0.49	23.2	1343682	682550.00	50.80	5142704	0.24
2007	532.4b	48213b	0.07b	0.49b	2.7	1420837	544583.00	38.33	475656	0.31
2008	624.7	55419	0.09	0.39	13.3	1464636	505542.13	34.52	2233890	0.43

a: promedio de los parámetros reproductivos de los años 2000 y 2001. b: Se emplearon los parámetros reproductivos del año 2006.

Es conocido que en términos de los parámetros reproductivos, la frecuencia de desove es un parámetro sujeto a mucha incertidumbre y que en contraste a ello, el resto de los parámetros reproductivos no presentan grandes variaciones de un año a otro, por lo tanto, se puede inferir que las variaciones de estos parámetros no presentan una buena correlación con la biomasa desovante. Es por ello que se exploró una posible relación de la producción diaria de huevos v/s la biomasa. En la **Figura 88**, se presenta la serie histórica de P_o v/s la biomasa desovante, verificándose que este parámetro si recoge de buena forma las tendencias de la biomasa, por lo tanto podría emplearse como un posible índice de biomasa desovante, destacándose que además que es el único parámetro que está disponible para toda la serie.

Al comparar este indicador con las estimaciones de biomasa total de jurel mediante otro método de estimación directa como lo es la hidroacústica, el cual se realiza en el período invernal frente a las costas de Chile centro-sur (**Córdova et al. 2008**) (**Tabla 53**), se verifica que las estimaciones de biomasa desovante presentan el mismo orden de magnitud y que a pesar que son estimaciones que apuntan diferentes objetivos (biomasa total en invierno v/s biomasa desovante en primavera), las estimaciones hidroacústicas presentan al igual que las de biomasa desovante sus mayores valores en el período 1999-2001. Otro aspecto importante a destacar es que a partir del año 2003, las evaluaciones hidroacústicas debieron extender su área de estudio fuera de la ZEE producto de un cambio en la distribución espacial del recurso, lo cual ha generado que en los últimos años una importante fracción de la cuota anual de captura es capturada fuera de la ZEE.

El año 2007 se caracterizó por ser un año particularmente frío, lo cual habría acentuado este cambio en la disponibilidad y patrones de agregación frente a Chile centro-sur, viéndose reflejada esta situación en que más del 97% de la biomasa estimada mediante hidroacústica fue detectada fuera de la ZEE (**Tabla 53**). Por lo tanto, el stock que tradicionalmente estaba disponible en invierno frente a las costas de Chile y que migraba en época reproductiva fuera de la ZEE no se observó, la cual explica el bajo número de ejemplares disponibles para caracterizar la condición reproductiva y la baja producción de

huevo observada en la gran área tradicional de desove de jurel. Por lo tanto, el bajo valor de Biomasa desovante registrado ese año, se explicaría en gran parte por este cambio en los patrones de agregación del recurso, sin descartar otras posibles causas.

El año 2008, la disponibilidad de jurel frente a Chile centro-sur fue más crítica aún, observándose el recurso sólo fuera de la ZEE, sin embargo y a diferencia del año 2007, se logró contar con una mejor cobertura del área de estudio tradicional. Esto podría explicar que la producción diaria de huevos fuese casi 5 veces superior a la reseñada el año anterior, lo cual se tradujo en una estimación de biomasa del orden de los 2 millones de ton. Sin embargo es importante que señalar que al igual que el año 2007, se observó muy poco recurso en la zona de estudio, por lo tanto los parámetros reproductivos estimados el año 2008, fueron producto de una muy pequeña muestra de adultos en condición reproductiva, por lo tanto los valores obtenidos hay que tomarlos con reserva.

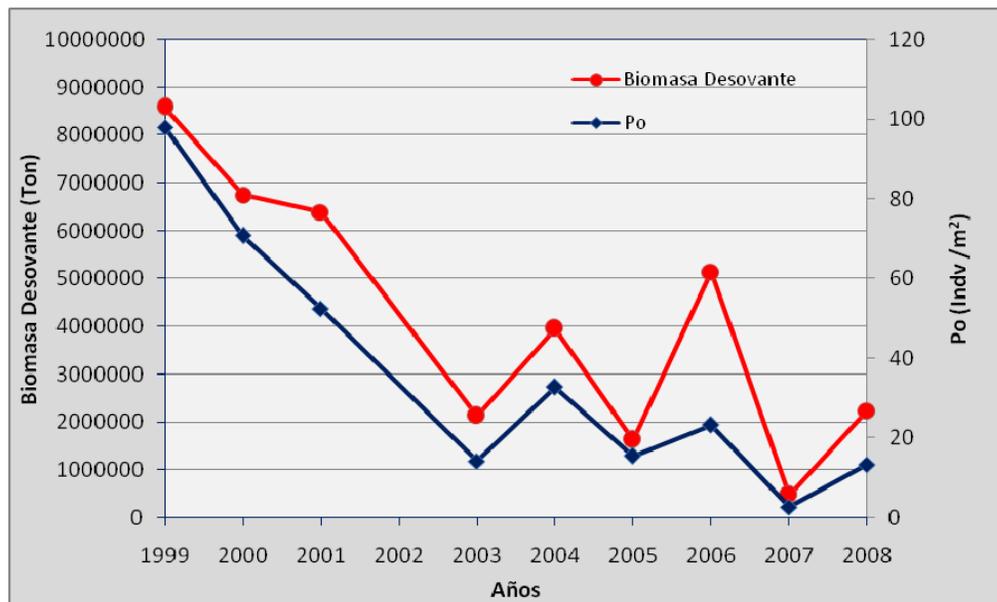


Figura 88. Estimación de la biomasa desovante de jurel, periodo 1999-2008 v/s la Estimación de la Producción Diaria de huevos para el mismo periodo.

Tabla 53. Estimaciones de Biomasa total de jurel dentro y fuera de la zona económica exclusiva (ZEE) mediante hidroacústica y estimaciones de Biomasa desovante mediante MPDH.

Años	Dentro ZEE	Fuera ZEE	Biomasa Total Acustica	Biomasa MPDH
1997	3.530.000		3.530.000	
1998	3.200.000		3.200.000	
1999	4.100.000		4.100.000	8.588.311
2000	5.600.000		5.600.000	6.751.936
2001	5.970.000		5.970.000	6.392.891
2002	1.990.000		1.990.000	-
2003	881.000	1.759.000	2.640.000	2.133.175
2004	540.000	3.380.000	3.920.000	3.946.606
2005	510.000	3.600.000	4.110.000	1.624.553
2006	596.000	2.591.000	3.187.000	5.142.704
2007	91.000	3.049.000	3.140.000	475.656
2008	s/i	s/i	s/i	2.233.890

8.9 COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE

8.9.1 Elaboración de clave edad-talla (CET)

El análisis de otolitos de hembras desovantes permitió generar una clave edad-talla (CET) con 11 grupos de edad (II - XII) en hembras y 10 en machos (II - XI) con rangos de longitud horquilla de 20 - 43 y de 20 - 47 cm, respectivamente. (**Tablas 54 y 55**). Los grupos de edad con mayor presencia en la muestra de otolitos de hembras fueron el V, VI, VII y VIII que representaron alrededor del 55,1%. En los machos, los grupos de edad de mayor relevancia fueron el V, VI, VII, con aproximadamente el 63,8%.

Tabla 54. Composición por edad-talla en la muestra de hembras maduras (EM 3- 5) de jurel (2008).

L.H.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
20		1											1
21			2										2
22			5	4									9
23			2	1									3
24			1										1
25			1	2									3
26				1									1
27			1										1
28				6	5	4							15
29				2	6	7							15
30				4	11	4							19
31				3	5	3	3						14
32				1	2	3	1	1					8
33					1	6	3						10
34						6	2	7					15
35				1	3	2	3	2					11
36						3	9	2	1	1			16
37					1	5	5	3	1	1			16
38						1	3	5	4	2			15
39						2	6	4	4	1			17
40						1	5	5	3	2	1	1	18
41							1	1	3	1			6
42							1		2	1			4
43										2			2
44													
45													
46													
47													
48													
49								1					1
50													
51													
52													
53													
54													
55													
Total		1	12	25	34	47	42	31	18	11	1	1	223
%		0,45	5,38	11,21	15,25	21,08	18,83	13,90	8,07	4,93	0,45	0,45	100

Tabla 55. Composición edad-talla en la muestra de machos de jurel (2008).

L.H.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total
20		3										3
21		2	5									7
22		2	12	1								15
23			3	2								5
24			2	1								3
25			2									2
26												
27												
28			1	1		1						3
29			1	6	6	1	1					15
30			1	5	6	1						13
31				5	6	4						15
32				2	6	7						15
33					3	1	1					5
34				2	2	2		1				7
35				1	4	6	4					15
36					6	8	5	1				20
37				1	4	9	4	3				21
38					7	12	5	3				27
39					2	9	7	6	2	1		27
40					1	14	4	2	3			24
41					1	6	5	5				17
42					1	2	4	3				10
43							1	1	1	1		4
44							2	2	1			5
45								3				3
46										1		1
47							1			1	1	3
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
Total		7	27	27	55	83	44	30	7	4	1	285
%		2,5	9,5	9,5	19,3	29,1	15,4	10,5	2,5	1,4	0,4	100

8.9.2 Proporción a la edad (Pa)

La proporción a la edad o frecuencia relativa de la fracción madura es de un 27,5% para el GE VII (CV=85,3%) seguido por un 21,8% y 20% para los GE VI (CV= 128%) y VIII (CV= 96,2%), respectivamente (**Tabla 56**).

Tabla 56. Parámetros estimados para el stock desovante de jurel por grupo de edad en noviembre del año 2008.

P_a : frecuencia relativa (número) a la edad en la población; NSD_a : número estimado del stock desovante por grupo de edad;

W_a : peso promedio por grupo de edad, B_a : Biomasa del stock desovante por grupo de edad.

	GRUPOS DE EDAD										Total
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
P_a		4,091	11,710	21,758	27,454	20,033	9,024	5,412	0,259	0,259	
Var tot	0,00068	0,01620	0,04740	0,07752	0,05479	0,03716	0,01048	0,00587	0,00028	0,00028	
CV		311,1%	185,9%	128,0%	85,3%	96,2%	113,5%	141,5%	650,0%	650,0%	
$NSD_a (10^3)$		146.299	418.762	778.104	981.807	716.418	322.697	193.552	9.252	9.252	3.566.891
Var		2,11E+17	6,38E+17	1,10E+18	8,76E+17	5,69E+17	1,53E+17	8,18E+16	3,63E+15	3,63E+15	
CV		314,0%	190,8%	134,9%	95,3%	105,3%	121,2%	147,8%	651,4%	651,4%	
$W_a (g)$		347,9	372,2	461,7	528,9	527,4	633,7	631,4	631,4	700,6	
Var		6,3E-09	9,4E-09	1,0E-08	8,7E-09	9,0E-09	7,5E-09	1,3E-08	4,8E-09	4,8E-09	
CV		22,8%	26,0%	22,1%	17,7%	18,0%	13,7%	18,1%	9,9%	9,9%	
$B_a (t)$		63072,5	193161,8	445192,7	643500,0	468180,0	253404,8	151440,0	8032,3	8032,3	2.234.017
Var		2,57E+10	9,01E+10	2,41E+11	2,54E+11	1,63E+11	6,22E+10	3,31E+10	1,78E+09	1,78E+09	
CV		254,1%	155,4%	110,3%	78,3%	86,2%	98,5%	120,2%	525,7%	525,7%	

8.9.3 Abundancia por grupo de edad (Na)

La población desovante de jurel que fue estimada en 3.566.891 individuos, de los cuales 1.892 millones corresponden al GE VI (CV = 31,7%), 1.473 millones al GE VII (CV = 32%), 1232 millones al GE V (CV = 34,3% y 849 millones al GE VIII (34,1%) (Tabla 56, Figura 89).

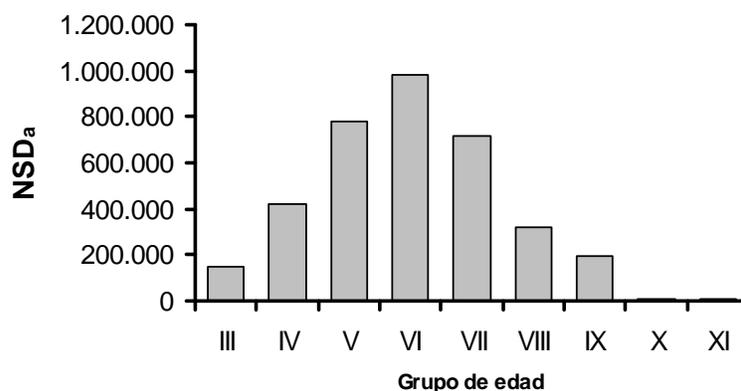


Figura 89. Estructura en número del stock desovante de jurel (NSD_a) en 2008.

Considerando la proporción sexual de machos (61%) la abundancia estimada en el área de desove fue de 2.181,4 millones, siendo los GE más importantes el VI ($635,3 \times 10^6$), el V ($420,98 \times 10^6$) y el GE VII ($336,78 \times 10^6$) (Tabla 57).

Tabla 57. Abundancia y biomasa de jurel macho en el área de desove

	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total
Pa	2,46	9,47	9,47	19,30	29,12	15,44	10,53	2,46	1,40	0,35	
NSDa (x10 ³)	53579	206663	206663	420981	635299	336785	229626	53579	30617	7654	2.181.447
%	2,46	9,47	9,47	19,30	29,12	15,44	10,53	2,46	1,40	0,35	
BSDa	6672	35768	76759	231640	442542	269911	204458	49164	35121	10715	1.362.750
%	0,49	2,62	5,63	17,00	32,47	19,81	15,00	3,61	2,58	0,79	

8.9.4 Peso medio por grupo de edad (W_a)

Los pesos promedios (W_a) para los GE IV a XII se presentan en la **Tabla 56** con las varianzas y coeficientes de variación correspondientes.

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

La biomasa desovante total estimada en base al NSD_a y W_a fue de 2.234.017 toneladas, siendo los más importante el GE VII con 643,5 mil t (24,7%), el VIII con 468,18 mil t (17,5%) y el VI con 445,19 mil t. (**Tabla 56, Figura 90**).

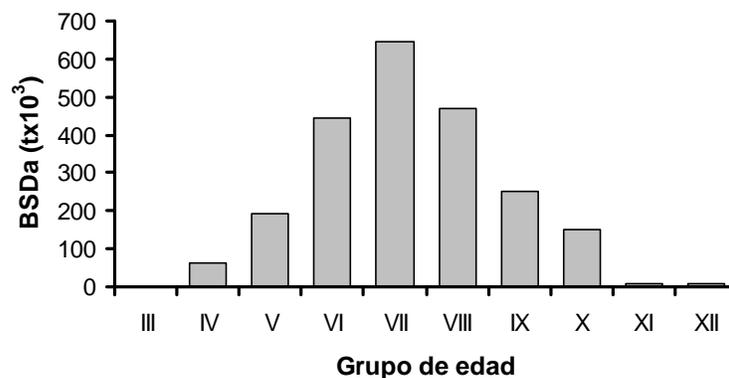


Figura 90. Estructura por grupo de edad de la biomasa desovante de jurel (BSD en toneladas) en 2008.

Considerando que los machos representan el 61% de la biomasa del stock desovante, su aporte en biomasa en el área de desove fue estimada en 1.362,75 mil t, correspondiendo los GE de mayor relevancia al VI (32,5%), VII (19,8%), V (17%) y el VIII (15%) que representan en conjunto el 84,3%) (**Tabla 57**).

8.9.6 Comparación años anteriores

La clave edad talla (CET) construida con lecturas de edad en otolitos de hembras maduras (gónadas en estados de madurez 3, 4 y 5) permitió determinar la estructura etaria de la abundancia y biomasa del stock desovante. Si bien se elaboró una clave edad talla para machos, ésta fue utilizada para tener una estimación de la composición por edades en la fracción del stock desovante que corresponde a este sexo, considerando que su proporción estimada fue de 61%.

La CET de hembras para los EM 3, 4 y 5 son muy similares para los años 2006 y 2008 con GE modal que corresponde al VI (20-21%), seguido por el GE VII (18-19%) y el V (15-17%). Estas estructuras difieren de las CET 2004 y 2005 que mostraron una fuerte juvenilización, siendo el GE modal el IV con un 21% y 35%, respectivamente (**Figura 91**). Hay que destacar que en el año 2004 el aporte de los GE VII a X fue muy escaso.

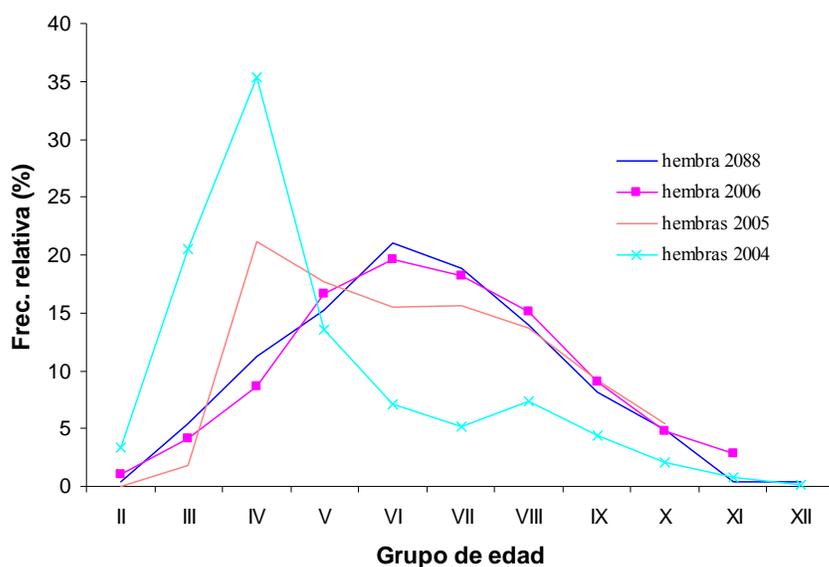


Figura 91. Comparación de las claves edad-talla para hembras de jurel para los años 2004, 2005, 2006 y 2008.

En la estimación de ponderadores (M_i) para la estimación de la varianza asociada a la variabilidad de las tallas por barco se descartó una embarcación, debido a que la frecuencia de tallas de solo un lance positivo fue de un ejemplar, de manera que en las estimaciones de P_1 se consideró finalmente cinco barcos.

En lo concerniente a la determinación de la estructura de edad del stock desovante de jurel en el MPDH del año 2008, al igual que el 2006 se incorporaron mejoras en las estimaciones tanto de parámetros (NSD_a , BSD_a) como de algunos estadísticos ($Var P_a$, $Var W_a$, $Var NSD_a$, BSD_a). En los años anteriores para el caso de la proporción a la edad P_a solo se consideró la variabilidad de la longitud del pez entre muestras, asumiendo que las variabilidades asociadas al efecto cluster o covarianza de longitudes es muy reducido cuando se supone una distribución multinomial de las longitudes dentro de las muestras y que en el caso de la variabilidad asociada a la incertidumbre de la clave edad-talla es en la mayoría de los casos despreciable, en especial, cuando los otolitos se obtienen del mismo muestreo biológico de adultos como lo señala **Uriarte (2001)**, sin embargo, en el caso de jurel el mayor componente de la varianza total de P_a fue el efecto cluster, seguido por la variabilidad de las tallas entre muestras y con valores cercanos a cero para el factor clave edad-talla (**Figura 92**).

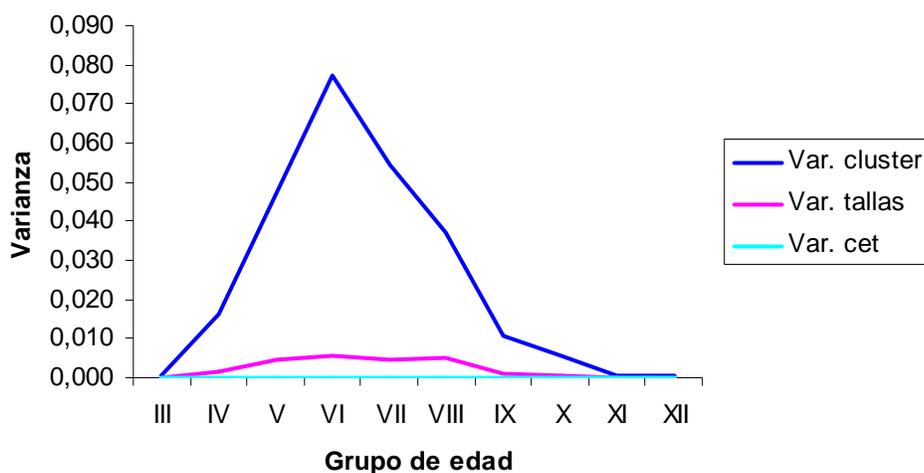


Figura 92. Componentes de la varianza total de la proporción por grupo de edad en jurel (P_a)

En lo que respecta al peso medio por grupo de edad (W_a) se mejoró la estimación de la varianza en relación a los estudios de años anteriores incorporando a la ecuación las proporciones de longitud a la edad y descartando el peso promedio de muestras ponderadas que se había utilizado. Otros cambios fueron hechos para estimar la varianza de la abundancia del stock desovante por grupo de edad (NSD_a) y la biomasa correspondiente

(BSD_a), las que incorporan por una parte el NSD, la Var (NSD) y por la otra la BSD y la Var (BSD), esto permitió mejorar las estimaciones de las variabilidades.

8.9.6.1 Fluctuación de la abundancia en el periodo 2001-2008

La comparación de la estructura de edad del stock desovante de jurel (NSD) en el periodo 2001-2008 muestra que durante el año 2001 el stock estuvo compuesto principalmente por dos GE, el III Y IV, que representaron el 71% del total con una escasa participación de los GE V y mayores. En los años 2003 y 2004 se produjo una recuperación de la estructura desovante, repartiéndose entre los GE III y XI. Posteriormente, a partir del año 2005 el stock desovante aparece constituido por los GE V a X, escasamente el GE IV y una ausencia de los GE más jóvenes (II y III). Si bien es importante la presencia de los grupos adultos por su mayor fecundidad, podría ser preocupante la ausencia de los desovantes más jóvenes, no obstante que podría ser causado por accesibilidad del arte de pesca a esta fracción. (**Tabla 58, Figura 93**)

Una forma de comprobar la consistencia de las determinaciones de edad y las diferentes claves edad-talla elaboradas para cada año se ve reflejada en el paso de las distintas cohortes a través de la pesquería, mostrando en general el decrecimiento exponencial típico con la edad.

Tabla 58. Abundancia del stock desovante de jurel ($\times 10^6$) en el periodo 2001-2008.

	Grupo de edad											Total
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2001	3786,9	8944,4	9207,8	1435,8	699,8	420,1	400,9	181,5	58,3	14,3	9,1	25159
2003	54,0	528,6	837,2	336,1	563,4	397,5	400,2	218,6	83,9	34,7	6,0	3460
2004	121,9	1217,3	2800,7	1511,4	719,0	404,7	583,5	375,9	167,7	65,7	8,8	7977
2005			21,4	1115,1	718,0	485,4	335,9	136,2	93,9	57,1		2963
2006		5,6	216,4	1232,2	1891,7	1473,5	849,2	304,1	114,1	78,0		6165
2008			146,3	418,8	778,1	981,8	716,4	322,7	193,6	9,3	9,3	3576

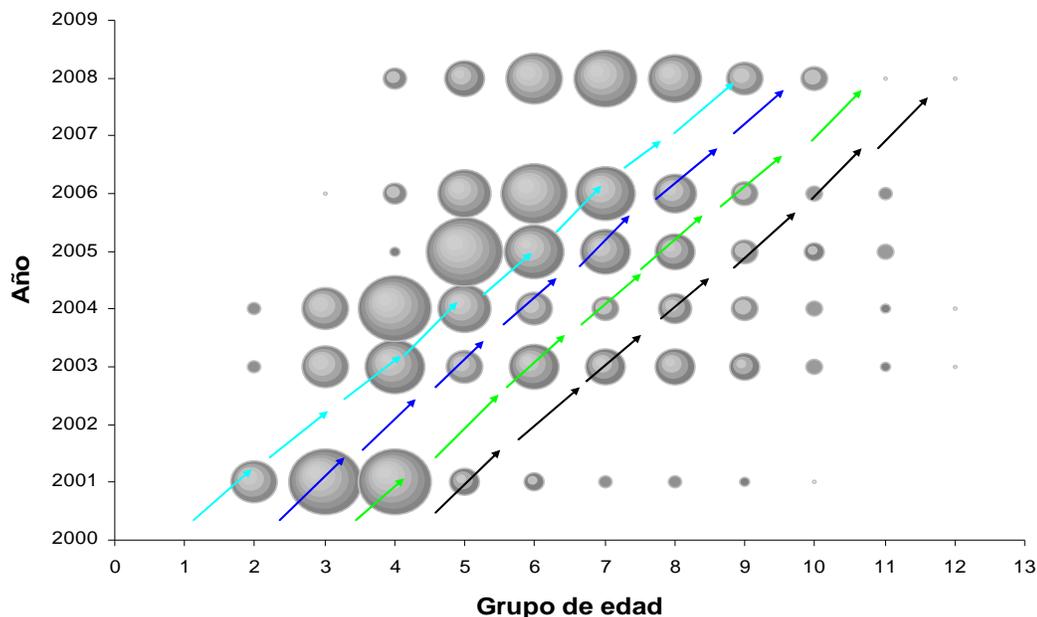


Figura 93. Clases anuales de jurel presentes en la abundancia en número (%) de jurel y su desplazamiento a través de los años en el periodo 2000-2008.



La escasa o nula presencia de individuos de los GE II, III y IV entre los años 2005 y 2008 se explicaría más bien por una situación de accesibilidad al arte de pesca de estos individuos más jóvenes ya que la abundancia de los GE V, VI, VII y VIII en el año 2008 señala que los reclutamientos de las cuales provienen (clases anuales 2003, 2002, 2001 y 2002, respectivamente) habrían sido de una magnitud tal que responden por las abundancias de los GE mencionados.

8.9.6.2 Fluctuación de la biomasa en el periodo 2001-2008

La biomasa desovante (NSDa) que es el producto de la abundancia (NSDa) por el peso medio (W_a) muestra la misma tendencia que está en el periodo analizado (**Tabla 59, Figura 94**).

Tabla 59. Biomasa del stock desovante de jurel ($\times 10^3$) en el periodo 2001-2008

	Grupo de edad												Total
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
2001	477,9	1546,1	1796,5	339,2	294,6	215,2	250,6	141,2	47,6	10,1	5,8	5124,7	
2003	8,5	99,0	180,5	95,5	244,7	187,0	271,1	179,4	67,9	29,1	3,9	1366,7	
2004	19,9	273,1	722,1	457,6	312,8	235,4	456,7	337,6	156,8	67,5	6,6	3046,0	
2005	0	0	4,6	313,4	228,0	175,3	136,7	81,0	61,8	41,7	0	1042,7	
2006	0	1,5	70,9	467,5	865,4	802,4	570,6	261,0	112,9	101,4	0	3253,5	
2008			63,1	193,2	445,2	643,5	468,2	253,4	151,4	8,0	8,0	2234,0	

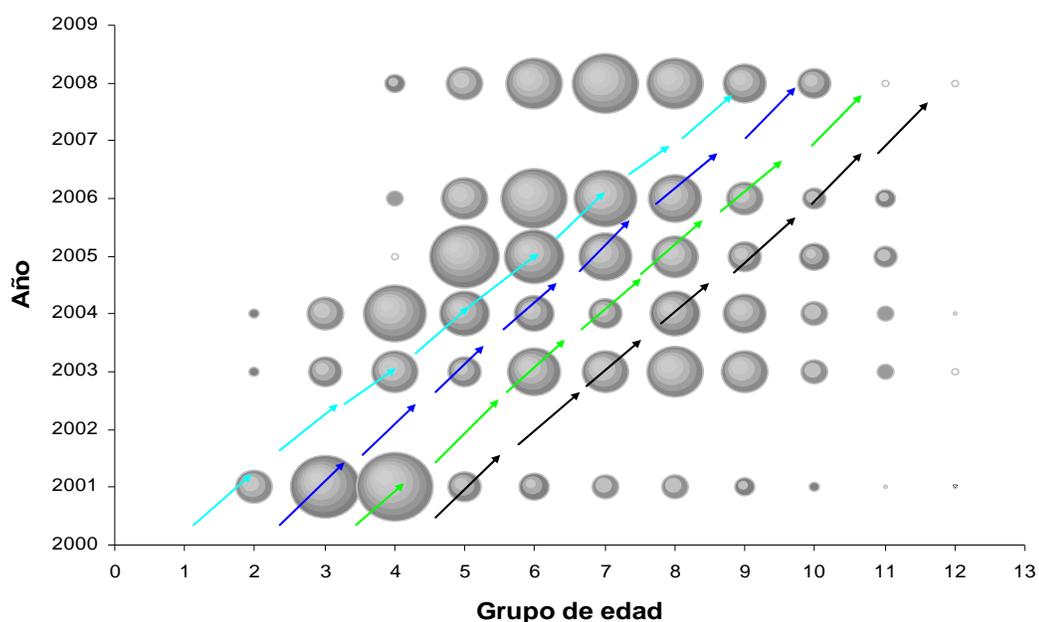


Figura 94. Clases anuales de jurel presentes en la biomasa desovante (%) de jurel y su desplazamiento a través de los años en el periodo 2000-2008.



9 DISCUSION

Los cambios evidenciados durante los últimos dos años en la disponibilidad y patrones de agregación de jurel frente a Chile centro-sur han generado que el apoyo de la flota industrial para la ejecución de este proyecto, se vea condicionado al grado de éxito que tenga la flota durante el año de ejecución del proyecto, para capturar la cuota asignada. Es de conocimiento que en el año 2007 se contó con la participación de sólo 5 naves para cubrir la extensa área de desove, lo cual generó que varios de los núcleos más importantes de desove no estuvieran cubiertos adecuadamente. Es por ello que es de vital importancia para los fines de este proyecto, contar con el soporte de la industria pesquera.

El crucero del año 2008, se ejecutó bajo un escenario un tanto distinto de años anteriores. Al mes de octubre de 2008, sólo se había extraído el 51% de la cuota asignada a la zona centro-sur, por lo tanto el apoyo de la industria para la realización del crucero se vislumbraba poco auspicioso. Tras una serie de negociaciones, se logra contar con 8 embarcaciones para la realización del crucero, sin embargo es importante señalar que este crucero se realizó sin una licitación pública de naves de por medio, situación no vista antes en la historia de este proyecto. Las motivaciones para la participación de la industria, estuvieron casi exclusivamente basadas en el interés por conocer en más detalle la dinámica reproductiva de este recurso, conocer posibles nuevas zonas de distribución del recurso y por sobre todo, no cortar la serie histórica de 9 años de este exitoso proyecto, lo cual demuestra el mayor compromiso de la industria hacia proyectos de investigación vinculados con los recursos que explotan.

La condición ambiental del área de estudio reveló la presencia de aguas comparativamente más cálidas que en los años 2006 y 2007 y similares al 2005. Para el área prospectada, la TSM reveló un rango térmico entre los 13,3 y los 19,1°C. Las aguas sobre los 16 °C se encontraron al norte de los 35 °C. Es ampliamente reconocido, que existe un acoplamiento espacial importante entre altas concentraciones de huevos de jurel y rangos de TSM entre 16,5 – 18°C (Núñez *et al.*, 2004; Cubillos *et al.*, 2004; Núñez *et al.*, 2006,

Cubillos et al., 2008). Por lo tanto, las temperaturas observadas en el área del estudio, fueron favorables a la aparición de importantes núcleos de desove.

En relación al área de desove, se prospectó un área de 427.020 mn², siendo mayor en ~6% al año 2007. El área de desove se calculó en 147.928 mn² (~30% mayor al 2007). Sin embargo, es importante destacar que cuando se analiza la proporción que ocupa el área de desove con respecto del área total de estudio, esta ha sufrido importantes variaciones para el período 1999-2008, observándose una tendencia a la baja. En los años 1999-2003, se observan las mayores proporciones con un valor promedio de 0.73. Sin embargo para los años 2005-2006, se observa una disminución de esta proporción, con un valor promedio de 0.57. El área de desove de los últimos dos años de estudio, son los más bajos de serie, con un 35% de cobertura. Estos valores dan cuenta del cambio en los patrones de distribución del recurso, ya que el área prospectada en la serie histórica de este proyecto no ha variado significativamente.

La distribución espacial de huevos y larvas presentó un grado de cobertura adecuado en el área de estudio. La distribución espacial de ambos reveló que las mayores abundancias estuvieron circunscritas al sector más oceánico del área de estudio (oeste de los 80°W), no observándose la presencia de huevos ni larvas en el sector más costero (este de los 80°W), situación muy esperable de encontrar, producto de los nulos avistamientos de jurel en esa zona durante todo el año 2008. El principal foco de huevos se observó entre los 35°S-38°S, al oeste de los 86°W y en el caso de las larvas los principales focos de abundancia estuvieron circunscritos al norte de los 36°40'S. Destaca que el porcentaje de estaciones positivas tanto para huevos como para larvas bordeó el 30%.

Históricamente en este proyecto, se ha verificado que el área de desove queda cortada al oeste de los 92°, por lo tanto la exploración hacia zonas más oceánicas es de suma relevancia. Por ese motivo y producto que durante el año 2008, la mayoría de las capturas de jurel se efectuaron en aguas oceánicas, se realizó el esfuerzo de ampliar el área de estudio dos grados más (hasta los 94°W) al oeste en el sector comprendido entre los 34°10'S y los 35°00'S. Los resultados indicarían que efectivamente el área de desove se extendería más allá del 94°, sin

embargo, sería necesario en nuevas repeticiones de este proyecto repetir esta experiencia, con la finalidad de recabar mayor información al respecto.

Para el año 2008, la producción diaria de huevos fue de 132.5 ind/10m², cifra casi cinco veces superior a lo reportado el año 2007, pero muy similar a lo reportado el año 2005. Es importante mencionar que se realizó una re estimación de la serie con la finalidad de mejorar la precisión de ésta, realizando la estimación mediante modelos lineales generalizados, empleando una distribución binomial negativa. Generalmente, la variabilidad de la distribución de la edad de huevos se incrementa con la densidad y ello influye fuertemente en el valor esperado de P_0 y su error asociado. Los resultados obtenidos mediante GLM mantuvieron la misma tendencia que con las estimaciones por nls, sin embargo los valores fueron en promedio mayores entre un 10 a un 30%. Es importante señalar que el ajuste de la curva de mortalidad fue más preciso, lo cual indica que este método es el más apropiado para este tipo de datos. A la luz de los resultados reportados y basándose además en las recomendaciones emanadas del proyecto "Mejoramiento del Método de Producción Diaria de Huevos Aplicado en Pelágicos Pequeños", (Claramunt et al, 2007) es que se sugiere evitar la estimación de P_0 mediante nls en futuras aplicaciones de este proyecto y emplear la estimación por GLM.

Con respecto a la caracterización de la condición reproductiva de jurel en el área de estudio, se obtuvo un número reducido de lances positivos (5) que permitieran realizar una adecuada caracterización. Las capturas no fueron mayores a los 500 kilos, disponiéndose de sólo 261 gónadas para este objetivo. Sin embargo cabe mencionar que aun así, se observó que de ese total, el 85% se encontraba en EMS3 (maduro), lo cual evidencia que las hembras colectadas se encontraban en plena condición reproductiva, a lo cual se suma que sólo el 2.2% de las hembras analizadas presentaron folículos atrésicos.

La fracción de hembras desovantes del año 2008 presentó algunas discrepancias en su estimación, ya que la fracción del día 1 fue de un 9% y la del día 2 de un 25%, lo cual revela diferencias significativas entre ambas. La principal causa de esta diferencia estaría dada por la baja cantidad de lances disponibles, lo cual hace que estas estimaciones sean tomadas con

reserva. Basándose en las frecuencias de desove observadas en años anteriores, las cuales son más cercanas a un 10 que a un 25% (a excepción del año 2004), es que se determinó como más confiable la fracción del día 1 y se desestimó la del día 2, asumiendo que esa fracción podría estar sobreestimada.

La Biomasa Desovante 2008 es de 2.2 millones de ton, cifra superior en casi 4 magnitudes a la observada el año 2007, producto principalmente de una mayor producción diaria de huevos en las zonas en donde tradicionalmente se observan focos importantes de abundancia, por ser un año levemente más cálido que el reportado para los últimos dos años y por contar con una mejor cobertura espacial. No obstante lo anterior, la precisión de esta estimación es de un 43%, producto principalmente del bajo número de lances disponibles para la estimación de los parámetros reproductivos, por lo tanto debe ser tomada con moderación.

En relación a la estructura de edad de la biomasa desovante, al comparar el año 2008 con la biomasa del período 2001-2004 se observa una recuperación de la estructura adulta del stock desovante, la cual fue avalada por la importante presencia de grupos de edad mayores de V, lo que asegura una mayor abundancia de reproductores adultos con una mayor fecundidad.

La distribución espacial de los ecotrazos de jurel detectados por el ecosonda y sonar, muestran que el recurso se distribuyó ampliamente en toda la zona de estudio, predominando los sectores con registros de ecotrazos de abundancia tipo "baja", en tanto las mayores densidades de jurel caracterizadas por niveles de abundancia tipo "media" y "alta", fueron bastante escasas, localizándose principalmente en la macrozona norte oceánica. Esta distribución no mostró zonas importantes de concentración del recurso, más bien focos puntuales de alta abundancia y una alta ocurrencia de niveles bajos de abundancia, coincidiendo con el patrón de distribución espacial observado en ecoprospecciones anteriores realizadas en la zona de estudio.

De los antecedentes presentados en este informe de avance, se puede inferir que el crucero fue realizado en un área importante de distribución de huevos y larvas de jurel y que a

pesar el bajo número de hembras para analizar la condición reproductiva, la época de realización del crucero fue la adecuada.

10 CONCLUSIONES

- La temperatura superficial del mar reveló con un rango térmico entre 13,3 y 19,1 °C, situación levemente más cálida (especialmente en el rango térmico inferior) a la reportada para Noviembre de 2007. Para este crucero se evidenciaron anomalías positivas de TSM en gran parte del área de estudio, revelando la presencia de aguas comparativamente más cálidas al igual que en los periodos 1988-finales de 1990, mediados de 1995-inicios de 1998, y 2001-mediados de 2004.
- El área de estudio alcanzó una extensión de 4270.020 mn² lo que significa un incremento de 6,6% respecto del área prospectada en Noviembre de 2007. El área de desove alcanzó a 147.393 mn², 29,8% mayor que el área de desove observada en el año 2007 para el mismo período de evaluación (noviembre).
- La densidad de huevos de jurel ocuparon una superficie de 148.928,4 mn² representando el 34,9% del área total, porcentaje superior al reportado para Noviembre de 2007 (=26,8%). En el caso de las larvas de jurel, el área de distribución alcanzó a 119.770,0 mn², lo que equivale a 29,0% del área estudiada, que fue superior a la proporción de área ocupada en Noviembre de 2007 (=23,1%).
- La distribución espacial de huevos estuvo asociada al W de los 80°W (hubo virtual ausencia en sector oriental del área de estudio) y entre 35-38°S, con núcleo de mayor densidad al W de los 90°W, distribución que fue muy similar a la reportada para larvas de jurel.
- Distintas aproximaciones metodológicas indicaron que un alto porcentaje de huevos y de larvas de jurel se encontraron asociadas a ambientes con temperaturas intermedias (entre 15 y 17°C), bajos valores de energía cinética y turbulencia, y una ventana moderada de intensidad de vientos.

-
- Una ampliación en el área de estudio dos grados más allá de los 92°C en el sector central del área de estudio, evidenciaría que el área de desove se extendería más allá del 94°, sin embargo sería necesario en nuevas repeticiones de este proyecto extender este muestreo al total de las naves participantes, con la finalidad de tener una mayor aseveración al respecto.
 - Para el año 2008, la producción diaria de huevos fue de 132.5 ind/10m², cifra casi cinco veces superior a lo reportado el año 2007, pero muy similar a lo reportado el año 2005.
 - Con respecto a la caracterización de la condición reproductiva de jurel en el área de estudio, se obtuvo un número reducido de lances positivos. Sin embargo cabe mencionar que aun así, el 85% se encontraba en EMS 3 (maduro), lo cual evidencia que las hembras colectadas se encontraban en condición reproductiva.
 - La fracción de hembras desovantes fue de un 9% es decir, el jurel estaría desovando cada 11 días. Los valores estimados se encuentran dentro del rango de frecuencias de desove determinadas en trabajos correspondientes a años anteriores para el jurel.
 - La Biomasa Desovante 2008 es de 2.2 (0.43) millones de ton, cifra superior en casi 4 magnitudes a la observada el año 2007. Esta biomasa es soportada por los grupos de edad VI, VII y VIII quienes aportan casi un 70% del total, situación que se viene observando desde años anteriores.
 - De la distribución espacial de las agregaciones de jurel y sus características, se concluye que la distribución espacial de los ecotrazos de jurel detectados por el ecosonda y sonar, muestran que el recurso no mostró zonas importantes de concentración, más bien focos puntuales de alta abundancia y una alta ocurrencia de niveles bajos de abundancia, coincidiendo con el patrón de distribución espacial observado en ecoprospecciones anteriores realizadas en la zona de estudio.

11 REFERENCIAS

- Arcos, D.F., Grechina, A.S. (eds.), 1994.** Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur. Editorial Aníbal Pinto, Concepción, Chile, 203 p.
- Arcos, D.F. (ed.), 1998.** Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, 212 p.
- Arcos, D.F., L. A. Cubillos y S. Núñez. 2001.** The jack mackerel fishery and El Niño effects off Chile. *Progress in Oceanography*, 49: 597-617.
- Bahamonde, R., C Hernandez y C. Lang. 2006.(a)** Pesca de Investigación "Determinación de la distribución espacial de jurel entre la V y X Regiones, verano 2006. Informe final - Subpesca. Instituto de Fomento Pesquero. Chile.
- Bahamonde, R., B. Leiva, F. Leiva y C Hernandez. 2006.(b)** Pesca de Investigación "Determinación de la distribución espacial de jurel entre la V y X Regiones, otoño 2006. Informe final - Subpesca. Instituto de Fomento Pesquero. Chile.
- Bahamonde, R., C Hernandez, C. Lang y J Cordova.. 2007.** Condición biológica de jurel en alta mar, año 2006. Pre-Informe Final FIP N° 2006-05 (objetivo 4.1, Subcontrato INPESCA). Instituto de Fomento Pesquero. Chile.
- Barbieri, M. A., J. Córdova., V. Correa., S. Lillo., M. Espejo y M. Rojas. 1998.** Análisis de la estructura del jurel fuera de las aguas jurisdiccionales. Informe final FIP 97-05b. IFOP, Chile. 108 p + anexos y figs.
- Barbieri, M.A., Córdova, J., Lillo, S., Peña, H., Grechina, A., Núñez, S., Sepúlveda, A., Miranda, L y Rebolledo, H. 1999.** Análisis de la estructura del stock de jurel fuera de las aguas jurisdiccionales. Informes Técnicos FIP-IT/97-05B, 121 pp.
- Barbieri, M. A, J. Cordova y M. Espejo 2003.** Condición biológica de jurel en alta mar, Año 2003. Informe final FIP N° 2002-12 (Subcontrato INPESCA), Instituto de Fomento Pesquero.
- Barbieri, M. A, J. Cordova y M. Espejo 2005.** Condición biológica de jurel en alta mar, Año 2004. Informe final FIP N° 2004-33 (Subcontrato INPESCA), Instituto de Fomento Pesquero.

- Barbieri, M. A., J. Cordova y M. Espejo 2006.** Condición biológica de jurel en alta mar, Año 2005. Informe final FIP N° 2005-11 (Subcontrato INPESCA), Instituto de Fomento Pesquero.
- Bailey, K. 1989.** Description and surface distribution of juvenile peruvian Jack Mackerel, *Trachurus murphyi*, Nichols from the Subtropical Convergence Zone of the Central South Pacific. Fishery Bulletin, 87:273-278.
- Bernal, M., Stratoudakis, Y., & Uriarte, A. 2004.** The DEPM Estimation of Spawning-Stock Biomass for Sardine and Anchovy. ICES Cooperative Research Report. N° 268.
- Bez, N., 2002.** Global fish abundance estimation from regular sampling: the geostatistical transitive method. Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science. 59: 1921-1931
- Bez, N. & J. Rivoirard. 2001.** Transitive geostatistics to characterize spatial aggregations with diffuse limits: an application on mackerel ichthyoplankton. Fish. Res. 50: 41–58.
- Castillo y Robotham. 2004.** Spatial structure and geometry of schools of sardine (*Sardinops sagax*) in relation to abundance, fishing effort, and catch in northern Chile. ICES Journal of Marine Science, 61: 1113-1119.
- Claramunt G., Cubillos L. y Braun M. 2007.** “Mejoramiento del Método de Producción Diaria de Huevos Aplicado en Pelágicos Pequeños”. Informe Final proyecto FIP N°2006-38. Universidad Arturo Prat, Universidad de Concepción, Instituto de Fomento Pesquero 212 pp.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M Rojas. 1998.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones, 1997. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (219p).
- Córdova, J., M. A. Barbieri y S. Lillo, 1999.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones, 1998. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (161p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, H. Miranda, M Espejo y M Rojas, 2000.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile, 1999. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (200 p)+ anexo figs.

- Córdova, J., M. A. Barbieri y M. Espejo, 2001.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE, 2000. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (204 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri y M. Espejo, 2002.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile, 2001. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (207 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri y M. Espejo, 2003.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la ZEE, año 2002. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (198 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri y M. Espejo, 2004.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la ZEE, año 2004. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile.
- Córdova, J., R. Bahamonde and V. Catasti 2008.** Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*, Nichols, 1920) acoustic survey in the central coast of Chile. Paper #11. Report of the South Pacific Regional Fisheries Management Organization Chilean Jack Mackerel Workshop, 30 June – 4 July 2008, Santiago, Chile.
- Cressie, N.1985.** Fitting variogram models by weighted least squares. *Mathematical Geology* 17:563-586
- Cressie, N.A.C. (1993).** *Statistics for spatial data.* Wiley, New York.
- Cubillos, L.A, Paramo, J., Ruiz, P., Núñez, S., Sepúlveda, A. 2008.** The spatial structure of the oceanic spawning of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off central Chile (1998 – 2001). *Fisheries Research* 90: 261-270.
- Daskalov, G. 1999.** Relating fish recruitmant to stock biomass an physical envirimnt in the Black Sea usin genaralizad additive models. *Fisheries Research.* 42: 1 – 23.
- 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.
- Dubois G., M. Saisana, A. Chaloulakou and N. Spyrellis. 2002.** Spatial Correlation Analysis of Nitrogen Dioxide Concentrations in the Area of Milan, Italy. *Proc. of the*

- First Biennial Meeting of the International Modelling and Software Society, Switzerland, June 2002, Andrea E. Rizzoli and Anthony J. Jakeman Eds, p.536-541.
- Elizarov, A.A., A.S. Grechina., B.N. Kotenev., A.N. Kuzetsov. 1993.** Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the South Pacific. Journal of Ichthyology 33, 86-104.
- Fernandez, Diego, Escribano, Rubén y Hidalgo, Pamela.** Distribución de eufáusidos en el sistema de surgencia frente a la península de Mejillones (23°S) asociada a condiciones previas y durante El Niño 1997-98. *Investig. mar.*, 2002, vol.30, no.1, p.25-43. ISSN 0717-7178.
- Evseenko, S. A. 1987.** Reproduction of Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the southern Pacific. Journal of Ichthyology 27, 151-160.
- Gatica, C., C. Alarcón y L. Cubillos. 2003.** Análisis de la precisión en los estimados de distribución de frecuencias de tamaños de jurel, crucero de desove 2000 y 2001, Revista Investigaciones Marinas; Volumen 31(2):101-106.
- Hormazábal, S., G. Shaffer & O. Leth. 2004.** The coastal transition zone of Chile. Journal of Geophysical Research, Volumen 109, C01021, doi:10.1029/2003JCC001956.
- Inpesca, 2008.** Programa sinóptico de seguimiento de las naves de la flota que operan sobre jurel. Reporte Interno Inpesca.
- Hunter, J. y S. Goldberg. 1980.** Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin, 77(3): 641-652.
- Hunter, J., N.C.-H. Lo. 1993.** Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. Bulletin of Marine Science 53, 723-727.
- Hunter, J., Lo., N.C.-H. 1997.** The daily egg production method of biomass estimation: some problems and potential improvements. Ozeanografika 2, 41-69.
- Jones, J.B. 1990.** Jack mackerels (*Trachurus sp.*) in New Zealand waters. New Zealand Fish. Techn. Rep. N°23-28 p.
- Karlou-Riga, C & P.S. Economidis. 1997.** Spawning frequency and batch fecundity of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L) in the Saironikos Gula (Greece). Fish. Bull.U.S. 94: 66-76

- Lasker, R. (ed.) 1985.** An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36.
- Leth, O. & J.F. Middleton. 2004.** A mechanism for enhanced upwelling off central Chile. Eddy advection. J. Geophys. Res. Vol. 109, C12020, doi:10.1029/2003JC002129.
- 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.
- Long, J.S. 1997.** regression models for categorical and limited dependent variables. Thousand Oaks. CA: Sage.
- Macewicz, B. y R. Hunter. 1993.** Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. CalCOFI Rep., Vol. 34. 112-121.
- MacLennan, D. y J. Simmonds. 1992.** Fisheries acoustics. Chapman Hall, London: 325 pp.
- Maravelias, C.D., D.G. Reid, E.J. Simmonds y J. Haralabous. 1996.** Spatial analysis and mapping of acoustic survey data in the presence of high local variability: geostatistical application to North Sea herring (*Clupea harengus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 1497-1505.
- Matheron, G. 1971.** La théorie des variables regionalices et ses applications. Fasc. 5 Ecole Nat. Sup. des Mines. Paris.
- Moral, F. y J. Marques 2002.** Ejemplo de una representación gráfica de una variable regionalizada., XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, España, 2002.
- Moser, H. G. y E. H. Ahlstrom. 1985.** Staging anchovy eggs. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 37-41.
- Núñez, S., J. Letelier., D. Donoso., A. Sepúlveda y D. Arcos. 2004.** Relating spatial distribution of Chilean jack mackerel eggs and environmental factors in the oceanic

- waters off Chile. Proceedings (Tomo II) of the Pan Ocean Remote Sensing Conference, 2004. Remote Sensing of Oceans, Coasts and the Atmosphere: Developments and Applications. Gayana, Vol. 68. Nº 2: 444-449.
- Ojeda, P. y E. Poulin, 2002.** Identificación de unidades de stock de jurel (*Trachurus murphyi*, Nichols) en el Pacífico Sudoriental, mediante análisis de marcadores moleculares. Informe Final.
- 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.
- Oyarzún, C., S. Gacitua. 2003.** Aspectos reproductivos, fecundidad parcial y frecuencia del desove del jurel, año 2001. In: Cubillos, L. (ed.) 2003 Condición biológica de jurel en alta mar, año 2001. Informe Técnico FIP-IT/2001-12. 193 pp.
- Páramo, J. 2002.** Análisis del efecto de la distancia intertransecta en los estimadores de densidad media de huevos de jurel del Proyecto FIP 2001-12 Condición Biológica de Jurel en alta mar, año 2001. In: Sepúlveda A. 2004. Condición Biológica de jurel en Alta Mar, año 2003. Informe Final FIP 2002-12, Instituto de Investigación Pesquera , Instituto de Fomento Pesquero, Universidad de Concepción 164p.+ Anexos.
- 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.
- Perry, R. & S. Smith. 1994.** Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: An application to the Northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51:589-602.
- Perry, R., M. Stocker & J. Fargo. 1994.** Environmental effects on the distribution of groundfish in Hecate Strait, British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51:1401-1409.
- Petitgas, P. 1996.** Geostatistics and their applications to fisheries survey data. In: Megrey, A., and E. Moskness (Eds.) Computers in Fisheries Research. Chapman & Hall, London. pp. 113-142.

-
- Petitgas, P. & T. Lafont (1997)** EVA2: Estimation variance. Version 2. A geostatistical software on Windows 95 for the precision of fish stock assessment surveys. ICES CM 97/Y:22. 22 pp.
- Picquelle, S.J. y G. Stauffer. 1985.** Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 7-15.
- MacLennan, D. y J. Simmonds. 1992.** Fisheries acoustics. Chapman Hall, London: 325 pp.
- Millero, F. & A. Poisson. 1981.** International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.
- R Development Core Team (2008).** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Ribeiro, P. J. and P.J.Diggle. 2006.** Analysis of geostatistical data. Manual of geoR Package. 153 p.
- Rivoirard, J, J. Simmonds, J. Foote, K G, Fernandez, y P. Bezi. 2000** Geostatistics for estimating fish abundance. Blackwell Science.
- Santander, H., O.S. Castillo. 1971.** Desarrollo y distribución de huevos y larvas de "jurel" *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. Inf. Inst. Mar Perú - Callao N° 36, 23 pp.
- Seber, G. H. F. 1973.** The estimation of animal abundance and related parameters. Hafner Press, N.Y., 506 p.
- Sepúlveda, A., L. Cubillos., S. Núñez., T., Canales., D. Bucarey., M.A. Barbieri., J. Córdova., M. Espejo. 2001.** Condiciones biológicas del jurel. Informe Final FIP99-14. Fondo de Investigación Pesquera, Instituto de Investigación Pesquera – Instituto de Fomento Pesquero 245 pp + Anexos y Figuras.
- Sepúlveda, A., R. Alarcón. 2004.** Evaluación Hidroacústica de agregaciones de jurel, año 2004. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 13 (6): 1- 65.
-

- Sepúlveda, A. 2007.** Situación del Stock de Jurel y perspectivas de su explotación para el año 2008. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano.
- Sepúlveda, A., P. Ruiz., R. Alarcón, S. Nuñez, M.A. Barbieri, J. Córdova, J. Chong, H. Rebolledo, M. Aguayo, 2008a.** Condición Biológica de jurel en Alta Mar, año 2005. Informe Final FIP 2005-11, Instituto de Investigación Pesquera , Instituto de Fomento Pesquero, Universidad Católica de la Sma Concepción 258p.+ Anexos.
- Sepúlveda, A., P. Ruiz., R. Alarcón, S. Nuñez, R. Bahamode, J. Córdova, J. Chong, H. Rebolledo, M. Aguayo, L. Bustos, 2008b.** Condición Biológica de jurel en Alta Mar, año 2006. Pre- Informe Final FIP 2006-05, Instituto de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero, Universidad Católica de la Sma Concepción 270p.+ Anexos.
- Serra, J.R. 1991.** Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Investigación Pesquera (Chile) 36, 67-83.
- Serra J.R., & C. Canales, 2008.** Chilean Jack Mackerel Stock Assessment Model. Paper #20. Report of the South Pacific Regional Fisheries Management Organization Chilean Jack Mackerel Workshop, 30 June – 4 July 2008, Santiago, Chile.
- Simmonds E. John, N. Williamson, F. Gerlotto y A. Aglen. 1991.** Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. ICES C.M. 1991, 113 pp.
- Simard, Y., P. Legendre, G. Lavoie y D. Marcotte. 1992.** Mapping, estimating biomass, and optimizing sampling programs for spatially autocorrelated data: Case study of the Northern shrimp (*Pandalus borealis*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 32-45.
- 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.
- Soria, M. P. Petitgas y T. Bahri. 1998.** On the size of the fish schools and clusters of schools: a spatial análisis of multibeam sonar images of schools in the mediterranean sea. ICES, CM 1998/J:8 Fish aggregation, 15 pp.
- Satuffer, G. y S.J. Picquelle, 1980.** Estimates of the 1980 spawning biomass of the central subpopulation of northern anchovy. Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, Southw.Fish.Cent.admin.. Rep. LJ-80-09.41 p.

Zhang M., X., Xiaorong, Y., Zhou, 2008a. Report of data collection on Jack Mackerel in South-East Pacific. Paper #15. Report of the South Pacific Regional Fisheries Management Organization Chilean Jack Mackerel Workshop, 30 June – 4 July 2008, Santiago, Chile.

Zhang M., Y. Xu, Ch. Wang, 2008b. Genetic variation on mtDNA Cytb sequence of three populations of Chilean Jack mackerel, *Trachurus murphyi* from the Southern Pacific. Paper #3. Report of the South Pacific Regional Fisheries Management Organization Chilean Jack Mackerel Workshop, 30 June – 4 July 2008, Santiago, Chile.

12 ANEXO

12.1 TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS FIP 2008-06

Taller de Difusión de Resultados FIP 2008-06

“Condición Biológica de Jurel en Alta Mar, año 2008”

Proyecto financiado por el Fondo de Investigación Pesquera
FIP



LUGAR:

Auditorio Instituto de Investigación Pesquera
Talcahuano, 15 de Julio de 2008

Instituciones Participantes:



Instituto de Investigación Pesquera



Instituto de Fomento Pesquero



Universidad Católica de la Santísima Concepción

PROGRAMA

- 09:30 – 09:45 : Presentación del Proyecto FIP 2008-06 "Condición biológica de jurel en alta mar, año 2008"
- Expositor: Sr. Aquiles Sepúlveda O. (INPESCA)
- 09:50 – 10:15 : Distribución de huevos y larvas de jurel y condiciones ambientales del hábitat de desove.
- Expositor: Sr. Sergio Núñez E. (INPESCA)
- 10:20 – 10:45 : Distribución espacial y estructura de las agregaciones de jurel en el área de desove frente a Chile central.
- Expositor: Sra. Carolina Lang (IFOP)
- 10:45 – 11:10 : PAUSA CAFE
- 11:15 – 11:40: Indicadores reproductivos de jurel en el área de desove frente a Chile central.
- Expositor: Sr. Javier Chong L. (UCSC)
- 11:45 – 12:10 : Estimación de la producción diaria de huevos y biomasa desovante de jurel en el área de desove frente a Chile central.
- Expositor: Srta. Patricia Ruiz O. (INPESCA)
- 12:15 – 12:40 : Estructura de edad del stock desovante de jurel, año 2008.
- Expositor Sr. Mario Aguayo H. (INPESCA)
- 12:45– 13:15 : Conclusiones Finales del Taller.

Lista de Participantes en Taller de Difusión FIP 2008-06

Nombre	Institución	mail
Rubén Pinochet	Subpesca-FIP	rpinochet@subpesca.cl
Mario Acevedo	Subpesca	macevedo@subpesca.cl
Carolina Lang	Ifop	clang@ifop.cl
Javier Chong	UCSC	jvchong@ucsc.cl
Ricardo Chong	UCSC	rchong@ucsc.cl
Raimundo Gallegos	SPK	rgallego@spk.cl
Carlos Puga	Camanchaca	cpuga@camanchaca.cl
Luis Cubillos	Udec	lucubillos@udec.cl
Marcos Correa	Udec	mcorrea@udec.cl
Claudio Castillo	Udec	clacastillo@udec.cl
Carolina Alarcón	Udec	calarcon@udec.cl
María José Zúñiga	UdeC	mariajzu@udec.cl
Mario Aguayo	Inpesca	maguayo@inpesca.cl
Sergio Núñez	Inpesca	snunez@inpesca.cl
Rubén Alarcón	Inpesca	ralarco@inpesca.cl
Claudio Gatica	Inpesca	cgatica@inpesca.cl
Marco Arteaga	Inpesca	marteaga@inpesca.cl
Alexander Gretchina	Inpesca	agretchina@inpesca.cl
Marcia Neira	Inpesca	mneira@inpesca.cl
Silvia Vargas	Inpesca	svargas@inpesca.cl
Evelyn Sanhueza	Inpesca	esanhueza@inpesca.cl
Patricia Ruiz	Inpesca	pruiz@inpesca.cl
Eduardo Fuica	Foodcorp	efuica@fcc.cl

12.2 PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

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

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

a) Instituto de Investigación Pesquera

PERSONAL	ACTIVIDADES					Total
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
Aquiles Sepúlveda O.	20	0	0	57	38	115
Sergio Núñez E.	20	0	32	24	24	100
Claudio Gatica	0	202	36	27	27	292
Eduardo Navarro	5	0	16	12	12	45
Patricia Ruiz	0	202	28	21	21	272
Rubén Alarcón	0	202	42	31,5	31,5	307
Mario Aguayo	10	0	33	35	28	114
Marcos Arteaga	5	0	10	7,5	7,5	30
Sebastián Vásquez	0	202	10	7,5	7,5	227
Arnaldo Zúñiga	0	202	20	12	8	242
Carlos Gonzalez	0	202	15	10	0	227
Alexande Gretchina	0	0	15	15	17	47
Lesly Valenzuela	0	202	15	10	0	227
Evelin Sanhueza	0	202	9	6	0	217
José Giacaman	0	202	9	6	0	217
Francisco Gómez	0	202	9	6	0	217
Alejandra Vera	0	202	0	0	0	202
Roberto San Martín	0	202	0	0	0	202
NN1	0	202	0	0	0	202
NN2	0	202	0	0	0	202
NN3	0	202	0	0	0	202
NN4	0	202	0	0	0	202
NN5	0	202	0	0	0	202
NN6	0	0	78	52	0	130
Total	60	3434	371,8	325,8	204,4	4396

a) Instituto de Fomento Pesquero

NOMBRE	ACTIVIDADES					TOTAL
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
J. Córdova				25	25	50
J. Castillo				25	25	50
R. Bahamonde	60	60	125	100	100	445
C. Hernández	40	130	100	95	70	435
B. Leiva	20	100	90	85	20	315
C. Lang	30		70	65	40	205
V. Catasti			40	30	20	90
Prof. embarcados		1150	225			1.375
TOTAL	150	1.440	650	425	300	2.965

c) Universidad Católica de la Ssma Concepción

PERSONAL	ACTIVIDADES					Total
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
Javier Chong	20	-	20	20	10	70
Paola Gonzales	-	-	57	20	7	83
María C. Pardo	10	-	53	20	7	90
Christian Ibañez	10	-	113	-	-	123
Ricardo Chong		-	117	-	-	117
NN 1	-	-	50	-	-	50
TOTAL	40	0	410	60	23	533

