



**Instituto de
Investigación
Pesquera**

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

Informe Final

FIP 2007-08

Condición Biológica del Jurel

en Alta Mar, año 2007

Talcahuano, Octubre de 2008

TITULO DEL PROYECTO		Condición biológica de jurel en alta mar, año 2007
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 2007-08

**CONDICIÓN BIOLÓGICA DE JUREL EN ALTA MAR, AÑO
2007**

**Jefe Proyecto
Aquiles Sepúlveda Oróstica**

AUTORES

Aquiles Sepúlveda

Patricia Ruiz

Rubén Alarcón Muñoz

Sergio Núñez

Sebastián Vásquez

Roberto Bahamonde

José Córdova



**Instituto de
Investigación
Pesquera
Octava Región**

Talcahuano (Chile), 2008.-

PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA

PERSONAL PROFESIONAL	TÍTULO PROFESIONAL	FUNCIÓN
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. Análisis de sensibilidad. Informes.
Eduardo Navarro	Biólogo Marino	Oceanografía e ictioplancton. Informes. 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. Geoestadística.
Hernán Rebolledo	Ingeniero de Ejecución en Gestión Pesquera	Crucero. Análisis de la alimentación.
Carlos Gonzalez	Tecnólogo Marino	Coordinación crucero. Preparación cartas satelitales de temperatura superficial.
Marcia Neira	Biólogo Marino	Edad y Crecimiento jurel.
Luis Bustos E.	Tecnólogo Marino	Crucero, plancton y adultos. Muestreo y análisis de muestras de estómago.
Evelin Sanhueza	Biólogo Marino	Crucero, revisión muestras planctónicas. Edad y Crecimiento.
Leslie Valenzuela	Biólogo Marino	Revisión muestras planctónicas.
Roberto Torres	Técnico	Crucero.
Carlos Pincheira	Técnico	Crucero.
Rubén Mena	Técnico	Crucero.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

NOMBRE	TITULO	FUNCION
José Córdova M.	Ingeniero Pesquero	Coordinación. Procesamiento, análisis de datos y elaboración de informes.
Jorge Castillo	Ingeniero Pesquero	Procesamiento, análisis de datos y preparación de informes.
Roberto Bahamonde	Ingeniero Pesquero	Preparación de crucero. Embarque, procesamiento, análisis de datos y preparación de informes.
Carolina Lang	Ingeniero Pesquero	Embarque, procesamiento, análisis de datos.
Bernardo Leiva P.	Ingeniero Pesquero	Procesamiento de datos.
Carola Hernández	Ingeniero Pesquero	Registro y proceso de datos.
María Elena Eastman	Ingeniero Pesquero	Embarque. Registro de datos
Jorge Angulo	Ingeniero Pesquero	Embarque. Registro de datos
Pedro Miranda	Ingeniero Pesquero	Embarque. Registro de datos
Guillermo Mesa	Ingeniero Pesquero	Embarque. Registro de datos
Eduardo Iribarra	Ingeniero Pesquero	Embarque. Registro de datos

UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION

Personal Profesional	Título Profesional	Función
Javier Chong L.	Lic. Biología	Condición reproductiva. FPO, fecundidad.
Paola Gonzalès K.	Lic. Biología	Condición reproductiva. FPO.
Ricardo Chong F.	Lic. Biología	Fecundidad
NN1	Biólogo Marino	Fecundidad
NN2	Biólogo Marino	Condición reproductiva.
NN3	Biólogo Marino	Condición reproductiva.

1 RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe se comunican los resultados correspondientes al proyecto FIP 2007-08 "Condición Biológica de jurel en alta mar, año 2007". Se analizan la abundancia y distribución de huevos y larvas de jurel, la condición reproductiva de los adultos, y la distribución espacial de las agregaciones en la principal área de desove en aguas oceánicas frente a Chile central

En noviembre de 2007, el escenario bajo el cual se realizó el crucero de este proyecto fue un tanto diferente del de años anteriores. Hubo un bajo apoyo de la flota industrial para la ejecución de este proyecto siendo una de las principales causas de ello un remanente importante de cuota de pesca de jurel para el segundo trimestre del año 2007, superior a las 200 mil toneladas. A esto se agregó la baja disponibilidad de naves en condiciones operativas para la ejecución del estudio, logrando finalmente realizarse las actividades de terreno con sólo 5 embarcaciones.

El crucero en el área de estudio se desarrolló entre el 25 de noviembre y el 12 de diciembre de 2007 y comprendió la región oceánica, dentro y fuera de la ZEE, frente a Chile centro-sur entre los 74° a los 92° de longitud oeste y latitudinalmente entre los 30°00' – 35°50'S. Las embarcaciones realizaron 2 transectas cada una, completando un total de 10 transectas separadas entre sí por 25 millas náuticas en un esquema de diseño sistemático.

Para el área prospectada, la TSM reveló un rango térmico entre los 11,8 y los 19,4°C, situación muy similar a lo registrado en el crucero de Noviembre de 2006 (12,1 – 19,9 °C). Aguas más cálidas (> 18°C) fueron reportadas sólo en el vértice NW del área de estudio, al norte de los 34°S y al oeste de los 85°W.

El viento superficial mostró un patrón de distribución similar al descrito para el crucero anterior, esto es, vientos predominantes del Sur y SW, una rotación anticiclónica,

intensidades altas hacia el sector costero ($< 78^{\circ}\text{W}$) en el que predominan vientos del sur y magnitudes menores hacia el cuadrante noroccidental ($> 85^{\circ}\text{W}$).

En el crucero de 2007, se observó una cobertura moderada de huevos y larvas de jurel en el área de estudio, lo cual se pudo corroborar con el bajo porcentaje de estaciones positivas registrado (26.5 y 30.1% respectivamente). La distribución espacial de ambos componentes ictioplanctónicos, reveló que las mayores abundancias estuvieron circunscritas al cuadrante inferior del área de estudio, esto es, al sur de los $33^{\circ}00'\text{S}$.

La densidad promedio de huevos fue de 39,8 huevos en 10 m^2 , siendo esta cifra casi tres veces inferior a las estimaciones del año 2006. En el caso de las larvas, la densidad media fue de 61,5 larvas en 10 m^2 , siendo este valor superior a lo encontrado el año 2006 (37,7 larvas en 10 m^2). La distribución espacial de huevos de jurel presentó una cobertura zonal amplia, entre los $33^{\circ}20'\text{S}$ y los $36^{\circ}20'\text{S}$, con densidades menores a lo informado para años anteriores.

Se destacan núcleos de densidades comparativamente más altas en la región nororiental ($31^{\circ}50'\text{S}$, 75°W) y hacia el sector central del área prospectada (79° - 82°W ; $33^{\circ}50'$ - 36°S), evidenciando densidades muy bajas de huevos de jurel en el resto del área prospectada. Para el caso de las larvas de jurel, se evidenció una cobertura espacial relativamente similar a los huevos (entre los 33° y 36°S), pero claramente acotada hacia el sector occidental del área de estudio, mostrando densidades más altas al oeste de los 88°W . Las zonas de mayor ocurrencia de huevos se registraron entre los $33^{\circ}00'\text{S}$ - $35^{\circ}50'\text{S}$ y los $78^{\circ}00'\text{W}$ - $90^{\circ}00'\text{W}$. En el caso de las larvas los mayores focos de abundancia se observaron en el sector sur-occidental del área de estudio entre los $87^{\circ}00'\text{W}$ y los $92^{\circ}00'\text{W}$.

Es importante señalar que tanto para huevos como para larvas, no fue posible evaluar de buena manera los principales focos de abundancia, quedando cortada la distribución de ambos en el extremo inferior izquierdo del área de estudio. Esto se debió principalmente a la falta de autonomía de las naves, no siendo posible muestrear con la metodología actual,

más allá de los 92°00'W y a la falta de cobertura al sur de los 36°00'S, producto del bajo número de naves que participaron en este crucero.

El área de estudio alcanzó una extensión de 414.250 mn² lo que significa un incremento de sólo un 5.7% respecto del área prospectada en Noviembre de 2006. El área de desove alcanzó a 106.775 mn², siendo 20.2% menor que el área de desove observada en el año 2006 para el mismo período de evaluación (noviembre).

Debido a la baja disponibilidad del recurso y a fallas mecánicas en dos de las 5 embarcaciones participantes, se efectuaron sólo 18 lances de pesca, de los cuales 4 resultaron ser positivos (22%), los cuales presentaron capturas inferiores a los 55 kilos. La distribución espacial de estos lances estuvo limitada al sector más costero del área de estudio, esto es, entre los 75 y los 82°W.

En relación con la proporción de los diferentes estados de madurez sexual macroscópica (EMMA), se dispuso de sólo 61 hembras, en las cuales se observó el predominio del estado de madurez maduro (E3) con el 93,4 %. El estado de madurez hidratado (E4) sólo registró un 6,5 %. No se reportaron otros estados de madurez, producto probablemente, del bajo número de ejemplares analizados.

Debido al bajo número de hembras colectadas, no fue posible estimar los parámetros reproductivos involucrados en la estimación de la Biomasa desovante, por lo tanto para su estimación se emplearon parámetros reproductivos de años recientes. La biomasa desovante para el año 2007 fue de 626 mil t. Si se emplea un valor mayor de frecuencia de desove (basado en estimaciones del mismo género) la biomasa llega a las 400 mil t.

Con respecto a la distribución espacial de las agregaciones de jurel y sus características, la zona de estudio se dividió en dos sectores longitudinales: costero (74° 00' W a 84° 00' W) y oceánico (84°01' W a 92° 00' W), así como en dos áreas latitudinales: norte (30°00' S - 36°00' S) y sur (36°01' S – 38°50' S), las que en conjunto conforman cuatro

macrozonas. Sin embargo dado el número de embarcaciones empleadas durante este estudio sólo fue posible cubrir la macrozona norte (costera y oceánica).

En el área prospectada (macrozona norte) el índice de cobertura (IC), expresado en unidades básicas de muestreo con presencia de ecotrazos de jurel fue del 0,39%, presentándose el valor más alto en el sector norte costero (0.28%). La mayor presencia de jurel en el área costera también fue observada a través del índice de presencia de ecotrazos IPE (número de agregaciones presentes por milla náutica lineal)

La distribución espacial obtenida en este estudio no mostró zonas importantes de concentración del recurso (stock parental) siendo coincidente con el patrón observado en anteriores prospecciones realizadas en la zona de estudio, donde es característico el predominio de abundancias clase "baja" con escasos registros de categorías "media"

TABLA DE CONTENIDOS

1	RESUMEN EJECUTIVO _____	6
2	OBJETIVO GENERAL _____	23
3	OBJETIVOS ESPECIFICOS _____	23
4	RESULTADOS ESPERADOS _____	24
5	ANTECEDENTES _____	25
5.1	HIPOTESIS DE TRABAJO _____	30
5.1.1	Con respecto a la distribución y zonas de producción de huevos: _____	30
5.1.2	Con respecto a la distribución y agregaciones del recurso _____	30
6	METODOLOGIA _____	32
6.1	AREA Y EPOCA DE ESTUDIO _____	32
6.2	DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTONICO _____	34
6.3	HUEVOS Y LARVAS DE JUREL _____	36
6.3.1	Muestras planctónicas _____	36
6.3.2	Estimación de índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio	38
6.3.3	Distribución espacial de huevos y larvas de jurel _____	40
6.3.4	Determinación de áreas de distribución de huevos y larvas de jurel _____	43
6.3.4	Determinación de la distribución vertical de huevos y larvas _____	47
6.3.5	Experimentos de incubación de huevos de jurel _____	48
6.4	MUESTREO OCEANOGRAFICO _____	49
6.4.1	Información Ambiental _____	49
6.4.2	Información satelital _____	49
6.4.3	Variabilidad ambiental y distribución de huevos y larvas de jurel _____	52
6.5	ESTIMACION DE PRODUCCION DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD	54
6.5.1	Modelos para asignar la edad a los huevos de jurel _____	54
6.5.2	Modelo de estimación de la producción diaria de huevos _____	56
6.5.3	Delimitación del área de desove _____	59

6.6	DISEÑO DE MUESTREO DE ADULTOS	60
6.6.1	Plan crucero de adultos	60
6.7	CARACTERIZACION ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL	63
6.7.1	Zona de estudio y plan de muestreo de la ecoprospección	63
6.7.2	Ecosonda	64
6.7.3	Sonar	66
6.7.4	Distribución espacial de las agregaciones de jurel	66
6.7.5	Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel y huevos	72
6.8	ESTIMACION DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL	73
6.9	COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE	75
7	RESULTADOS	76
7.1	VARIABLES AMBIENTALES	76
7.1.1	<u>Datos de terreno</u> (termómetros de mercurio)	76
7.1.2	Información satelital	77
7.1.3	Vientos superficiales	84
7.1.4	Clorofila	89
7.1.5	Corrientes geostróficas	91
7.1.6	Diagramas T-S	95
7.1.7	Relaciones Ambiente – Recurso	96
7.1.8	Variabilidad ambiental y distribución espacial de huevos y larvas de jurel	98
7.1.9	Modelos Aditivos Generalizados	101
7.1.10	Rangos ambientales preferenciales	103
7.2	DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE JUREL	105
7.2.1	Área de desove y polígonos de estimación	105
7.2.2	Distribución espacial de huevos y larvas de jurel	107
7.3	PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD INSTANTÁNEA	117
7.3.1	Distribución de estadios de desarrollo	117
7.3.2	Producción diaria de huevos y mortalidad	118
7.3.3	Estimaciones alternativas de la producción diaria de huevos	119
7.4	CRUCERO DE ADULTOS	121
7.4.1	Estructura de tallas	123
7.5	CARACTERIZACION DE LAS AGREGACIONES DE JUREL	125
7.5.1	Distribución espacial Batimétrica	125
7.5.2	Índice del nivel de abundancia de las agregaciones	127

7.5.3	Índice de Cobertura	127
7.5.4	Índice de presencia de ecotrazos	132
7.6	Distribución batimétrica en el ciclo de 24 horas	133
7.6.1	Distribución de profundidad media de los ecotrazos por hora, nivel de abundancia – tipo de agregación	133
7.6.2	Distribución de profundidad media de los ecotrazos por periodo del día, tipo de ecotrazo y abundancia	137
7.6.3	Altura y profundidad promedio de las agregaciones	140
7.6.4	Índice de agregación, índice de cobertura e índice sintético de presencia de huevos de jurel.	143
7.7	Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel de los cruceros realizados en el período 1997-2007.	146
7.7.1	Distribución espacial de las agregaciones de jurel	146
7.7.2	Niveles de abundancia de las agregaciones del jurel	149
7.7.3	Índice de abundancia de las agregaciones de jurel	153
7.7.4	Índice de cobertura(IC) por período del día, año, macrozona	154
7.7.5	Análisis del centro de gravedad	164
7.7.6	Morfología de los ecotrazos por períodos y macrozonas	165
7.7.7	Índice de presencia de ecotrazos (IPE) y clusters (1997-2007)	174
7.7.8	Índice sintético de presencia de huevos (1997-2007)	176
7.7.9	Curva de Lorenz e Índice de Gini para jurel y sus huevos	177
7.7.10	Análisis de estructura espacial de jurel y huevos	180
7.8	ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL	191
8	DISCUSION	196
9	CONCLUSIONES	199
10	REFERENCIAS	202
11	ANEXOS	211
11.1	TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS FIP 2007-08	211
11.2	PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD	215
11.2.1	Asignación Horas Hombre del equipo de trabajo utilizadas hasta este Informe	215

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Transectas asignadas a los barcos participantes proyecto FIP 2007-08. _____	35
Tabla 2. Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario. _____	37
Tabla 3. Modelos de asignación de edad de los huevos de jurel _____	55
Tabla 4. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden y Raitt, 1975)._____	62
Tabla 5. Embarcación, armador y transectas programadas para la zona de estudio, noviembre - diciembre 2007. _____	63
Tabla 6. Macrozonas históricas consideradas en el estudio, noviembre- diciembre 2007. _____	66
Tabla 7. Principales características de los cruceros realizados en el período reproductivo entre los años 1997 y 2007 _____	72
Tabla 8. Porcentaje de huevos de jurel asociado a rangos ambientales de las variables Temperatura (°C), Turbulencia ($m^3 s^{-3}$), Energía cinética ($cm^2 s^{-2}$) y magnitud del viento ($m s^{-1}$). _____	97
Tabla 9. Porcentaje de larvas de jurel asociado a rangos ambientales de las variables Temperatura (°C), Turbulencia ($m^3 s^{-3}$), Energía cinética ($cm^2 s^{-2}$) y magnitud del viento ($m s^{-1}$). _____	97
Tabla 10. Parámetros de los modelos GAM aplicados a huevos y larvas de jurel. _____	102
Tabla 11. Resultados del análisis de rangos ambientales (Perry & Smith, 1994) para huevos y larvas de jurel (Noviembre, 2007), 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 ($p < 0,05$). _____	104
Tabla 12. Área (mn^2) de los polígonos de estimación identificados para huevos y larvas de jurel en el área de estudio en noviembre de 2007 según el enfoque geoestadístico transitivo. _____	106
Tabla 13. 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. _____	108

Tabla 14. Estadística de la distribución de huevos de jurel entre 1997 y 2007. 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). _____	114
Tabla 15. Estadística de la distribución de larvas de jurel entre 1997 y 2006. 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). _____	115
Tabla 16. Estimación de la Producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad asociada. _____	119
Tabla 17. Estimación de Po y Z, mediante metodologías alternativas. _____	120
Tabla 18. Resumen de los lances de pesca realizados durante el crucero de 2007. _____	122
Tabla 19. Número de agregaciones por nivel de abundancia por macrozona _____	127
Tabla 20. 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, 2007. ____	128
Tabla 21. Número de agregaciones presentes por milla náutica lineal (IPE) y número de agregaciones totales presentes por macrozona, noviembre- diciembre, 2007. _____	133
Tabla 22. Clusters simples (CS) y Clusters complejos (CC) por: a) macrozona, b) nivel de abundancia y c) tipo de agregación, noviembre - diciembre 2007. _____	135
Tabla 23. Índice de cobertura (IC _{est.}) estandarizado a una hora, noviembre – diciembre, 2007 _	139
Tabla 24. Índice de cobertura por ecotrazos y período del día (a) e Índice de cobertura estandarizado por ecotrazos y período del día (b). _____	140
Tabla 25. 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 2007. _____	141

Tabla 26. 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. _____	142
Tabla 27. Índice de cobertura de huevos IC (%) y densidad promedio de huevos (Ind/10m ²) presentes por macrozonas y total, noviembre – diciembre, 2007. _____	144
Tabla 28. Número de agregaciones por macrozonas para el período reproductivo (noviembre - diciembre), 2000 - 2007 _____	148
Tabla 29. Índice de cobertura total y por macrozona para el período, 1997 - 2007. _____	156
Tabla 30. 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 reportados por periodo del día y (C) numero de cluster /10.000 mn ² profundidad media de los registros (Z) y porcentaje de cardúmenes en profundidades menores o iguales a 100 m. _____	161
Tabla 31. Inferencia de las macro zonas en la profundidad media por año y los pos - hoc. Inferencia significativa (*) $P < 0,05$ y no significativa (NS), $P > 0,05$. _____	169
Tabla 32. Estadística descriptiva de las variables en estudio. _____	180
Tabla 33. Modelos teóricos ajustados a las variables en estudio (Estructura espacial) _____	184
Tabla 34. Parámetros de correlación espacial. _____	185
Tabla 35. Estimación de la Biomasa Desovante de Jurel y sus parámetros asociados. Período 1999-2007. _____	193
Tabla 36. Estimaciones de Biomasa total de jurel dentro y fuera de la zona económica exclusiva (ZEE) mediante hidroacústica y estimaciones de Biomasa desovante mediante MPDH. __	195

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disposición de las transectas de ida (verde) y regreso (rojo). Crucero noviembre 2007..	35
Figura 2. Distribución espacial de las estaciones planctónicas durante el crucero desarrollado el 2007.....	43
Figura 3. Distribución espacial de las estaciones de muestreo de temperatura superficial del mar durante el crucero de Noviembre de 2007.....	50
Figura 4. Distribución espacial de las boyas oceanográficas ARGO utilizadas para la caracterización vertical de la columna de agua.....	51
Figura 5. Distribución de las transectas en la zona de estudio, noviembre - diciembre 2007.....	64
Figura 6. Tipos de ecotrazos de jurel.....	65
Figura 7. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio a partir de datos de termómetros de mercurio (información de terreno), noviembre de 2007. Los puntos negros representan las estaciones planctónicas realizadas.....	77
Figura 8. Imagen satelital de la temperatura superficial del mar compuesta para el periodo del crucero 2007 (25 de Noviembre - 04 de Diciembre de 2007). Los puntos negros representan las estaciones planctónicas realizadas.....	78
Figura 9. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio para el mes de Noviembre del período 1998-2007.....	81
Figura 10. Distribución espacial de la anomalía de la TSM en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1998-2007.....	82
Figura 11. Serie de tiempo de la TSM para el área de desove de jurel frente a Chile central. Período: 1985-2007. En la figura, las flechas indican la situación temporal de los cruceros de similar naturaleza.....	83
Figura 12. Imagen satelital de la viento superficial del mar compuesta para el mes de Noviembre de 2007. Los puntos rojos representan las estaciones planctónicas realizadas.....	84
Figura 13. Distribución de vientos (escaterometría) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1999-2007.....	86

Figura 14. Distribución espacial de la turbulencia ($m^3 s^{-3}$) en el área de estudio, para el mes de Noviembre de 2007.	87
Figura 15. Distribución espacial de la turbulencia en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1999-2007.....	88
Figura 17. Distribución espacial de clorofila-a para el mes de Noviembre del período 1999-2007 en el área de estudio.	90
Figura 18. Corrientes geostroficadas calculadas para el periodo del crucero en el área de estudio. ..	92
Figura 19. Distribución espacial de las corrientes geostroficadas ($cm s^{-1}$) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1998-2007.....	93
Figura 20. Perfiles verticales individuales de temperatura ($^{\circ}C$), salinidad (psu) y densidad (σ_t), para las estaciones seleccionadas.	95
Figura 21. Diagramas TS para los perfiles verticales analizados para el área y período de estudio.	96
Figura 22. Distribución espacial de huevos de jurel y a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}C$), b) magnitud del viento ($m s^{-1}$), c) turbulencia ($m^3 s^{-3}$), d) corrientes geostroficadas ($cm s^{-1}$). Noviembre de 2007.	99
Figura 23. Distribución espacial de larvas de jurel y a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}C$), b) magnitud del viento ($m s^{-1}$), c) turbulencia ($m^3 s^{-3}$), d) corrientes geostroficadas ($cm s^{-1}$). Noviembre de 2007.	100
Figura 24. Densidad de huevos de jurel en relación a variables de posición y ambiental. Noviembre de 2007. Las bandas representan intervalos de confianza del 95%.....	102
Figura 25. Densidad de larvas de jurel en relación con variables de posición y ambiental. Noviembre de 2007. Las bandas representan intervalos de confianza del 95%.	103
Figura 26. Mapa que representa la disposición espacial del área de estudio de la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de de jurel (<i>Trachurus murphyi</i>) en Noviembre de 2007.....	107

Figura 27. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de huevos de jurel (<i>Trachurus murphyi</i> , huevos/10m ²) en el área de estudio en Noviembre de 2007.....	108
Figura 28. 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 de 2007.....	110
Figura 29. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de larvas de jurel (<i>Trachurus murphyi</i> , larvas 10m ⁻²) en la zona de estudio.	111
Figura 30. 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 de 2007.....	113
Figura 31. Cambios interanuales de las abundancias de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y totales. Período 1997-2007.	116
Figura 32. Cambios interanuales de las abundancias de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y totales. Período 1997-2007.	116
Figura 33. Abundancia de huevos de jurel agrupados por estadio de desarrollo.	118
Figura 34. Abundancia de huevos de jurel clasificadas por cohortes a)Puntos negros: Modelo Lo+ GLM - Puntos Rojos: Generalización No paramétrica Modelo Lo + GLM. b) GLM + Modelo multinomial.....	120
Figura 35. Distribución espacial de los lances de pesca, crucero 2007.	122
Figura 36. Distribución de frecuencia de tallas de jurel durante el crucero de 2007.	123
Figura 37. Frecuencia porcentual de los estados de madurez sexual macroscópica, para el total de la muestra aleatoria, crucero 2007.	124
Figura 38. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por: a) ecosonda y b) sonar en la zona de estudio, noviembre – diciembre, 2007.....	126
Figura 39. Índice de cobertura por nivel de abundancia de las agregaciones para la macrozona norte, noviembre – diciembre, 2007	129

Figura 40. Índice de cobertura para la macrozona norte (costera y oceánica) por tipo de ecotrazo para la abundancia baja y media, noviembre – diciembre, 2007.....	131
Figura 41. Índice de cobertura para la macrozona norte (costera y oceánica) por tipo de ecotrazo, noviembre – diciembre 2007.	132
Figura 42. Distribución de profundidad media de los ecotrazos en el ciclo de 24 horas por nivel de abundancia (baja y media) y tipo de agregación, noviembre – diciembre, 2007.....	136
Figura 43. Distribución batimétrica del jurel por periodos del día Crepúsculo (C), Día (D), Noche (N), Orto (O) por tipo de ecotrazo, noviembre – diciembre 2007.	137
Figura 44. Frecuencia de ecotrazos por tipo de ecotrazo y período del día (Crepúsculo, Día, Noche, Orto), noviembre – diciembre, 2007.....	138
Figura 45. Frecuencia de distribución de los ecotrazos en el ciclo de 24 horas, noviembre, 2007.	139
Figura 46. 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, 2007.	145
Figura 47. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por el ecosonda para el período reproductivo (noviembre – diciembre), 2000 – 2007.....	147
Figura 48. Número de agregaciones de jurel detectadas en las macrozonas norte y sur, para el periodo reproductivo (Nov – Dic) 2000 - 2007	148
Figura 49. Número de agregaciones detectadas por macrozonas norte costera - oceánica y sur costera-oceánica, para el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2007.....	149
Figura 50. Número de agregaciones por nivel de abundancia para la macrozona norte, para el periodo reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2007.....	150
Figura 51. Número de agregaciones por nivel de abundancia para la macrozona sur, para el periodo reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2007.....	152
Figura 52. Índice de abundancia de las agregaciones por macrozonas, para el periodo reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 – 2007.....	154

Figura 53. Índice de cobertura calculados para el periodo 1998 – 2007; 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).....	157
Figura 54. Índice de cobertura de las agregaciones para la abundancia baja y media entre 1997-2007.....	159
Figura 55. Índice de cobertura de las agregaciones para la abundancia alta e índice de cobertura (IC) total entre 1997 y2007.....	160
Figura 56. Centro de gravedad de jurel en primavera –verano, entre 1998 y 2007.....	165
Figura 57. Profundidad media de jurel (m) por macrozona: norte (a), sur (b), donde norte costero (NC), norte oceánico (NO), sur costero (SC) y sur oceánico (SO) y para los periodos del día; orto (O), día (D), crepúsculo (C) y noche (N).	168
Figura 58. Distribución de zonas de altas densidad de huevos y profundidad media de las agregaciones de jurel, durante el periodo diurno en la macrozona norte costera y oceánica, a) noviembre - diciembre 2007 y b) noviembre 2006.	171
Figura 59. Altura media (m) de las agregaciones y periodo del día entre 1997 y 2007.	173
Figura 60. Índice de presencia de ecotrazos (a), índice de cobertura (b) y número de cluster por 10.000m ² (c) entre 1997 y 2007.	175
Figura 61. Índice de cobertura total (IC) e índice sintético de la presencia de huevos (IA), entre 1997 y 2007.	176
Figura 62. Curva de Lorenz para el jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2003.	178
Figura 63. Curva de Lorenz para jurel y huevos de jurel para los cruceros 2004 a 2007.....	179
Figura 64. Índice de Gini para jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2007.....	180
Figura 65. Variograma Omnidireccional experimental y teórico para: a) Abundancia jurel b) Profundidad agregación y c) variograma cruzado abundancia jurel- profundidad agregación.	182
Figura 66. Variograma Omnidireccional experimental y teórico para: a) densidad de huevos, b) Temperatura superficial del mar.....	183

Figura 67. Relación lineal log(semivarianza) y log(distancia) para el cálculo de dimensión fractal en:
a)abundancia jurel, b)profundidad agregación y c)asociación abundancia jurel-profundidad agregación..... 187

Figura 68. Relación lineal log(semivarianza) y log(distancia) para el cálculo de dimensión fractal en:
a) densidad de huevos jurel, b) temperatura superficial del mar. 188

Figura 69. Distribución de la Abundancia de jurel (log(abundancia de jurel)) por método de interpolación kriging..... 189

Figura 70. Distribución de la Densidad de huevos (log(n°huevos/10m2)) por método: interpolación kriging. 189

Figura 71. Distribución de la Temperatura superficial del mar durante el periodo de estudio. 190

Figura 72. Estimación de la biomasa desovante de jurel, periodo 1999-2007 v/s la Estimación de la Producción Diaria de huevos para el mismo periodo..... 194

2 OBJETIVO GENERAL

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

3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

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

4 RESULTADOS ESPERADOS

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

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

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

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

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

5 ANTECEDENTES

El jurel, *Trachurus murphyi*, es una especie pelágica de amplia distribución 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 existe una gran controversia con respecto a esta afirmación ya que bajo el marco 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 pretende tener una postura país en relación a que existiría una sola unidad de stock de este recurso en el Pacífico Sur-oriental. De acuerdo a información FAO y hasta el año 2005, Chile capturaba cerca del 86% de las capturas de jurel a nivel mundial, cifra que ha bajado a un 63 % en el año 2007 (cifras extraoficiales) siendo uno de los motivos la existencia de otras flotas de países como China y Nueva Zelanda que operan en aguas internacionales, por lo tanto una efectiva regulación de la pesca en alta mar (fuera de las 200 millas náuticas) se hace inminente y es uno de los principales objetivos de esta organización.

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. En el período 2002-2006, las capturas en esa zona bordearon las 1.2 millones de t producto de la regulación antes mencionada. En la actualidad la cuota anual de captura es de 1.4 millones de t, siendo asignada casi un 87% a la zona centro sur, observándose el año 2007 que las capturas en esa zona están dominadas por una fracción más adulta, con una muy baja o casi nula representatividad de los juveniles y una captura anual del orden del millón de toneladas.

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 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.

5.1 HIPOTESIS DE TRABAJO

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

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

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

5.1.2 Con respecto a la distribución y agregaciones del recurso

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

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

6 METODOLOGIA

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

6.1 AREA Y EPOCA DE ESTUDIO

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 1999,2000, 2001,2003, 2004,2005 y 2006), 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.

Sin embargo, el año 2007 se caracterizó por ser un año particularmente frío, lo cual habría generado cambios en la disponibilidad y patrones de agregación del jurel frente a Chile centro-sur. En los últimos años, la actividad de la flota se centraba en los meses de invierno en las costas de la zona centro-sur de nuestro país, verificándose una importante actividad oceánica a partir de los meses de junio-julio. Pero en el 2007 no se mantuvo este patrón, comenzando la migración hacia la zona oceánica más temprano de lo habitual, observándose una mayor disponibilidad de jurel en la zona oceánica a partir del mes de abril. Ya a fines de julio, la disponibilidad en la zona oceánica comenzó a declinar, abandonando la flota la operación oceánica en los últimos días de agosto. En agosto y septiembre se observó una moderada presencia de jurel en la costa, a la altura de Valparaíso e Isla Mocha, la cual no sobrepasó las siete mil toneladas semanales. A partir del mes de octubre, la disponibilidad de jurel ha sido nula y sólo en Diciembre se observó un pequeño foco de abundancia a la altura de la Isla Mocha, pero las cantidades observadas fueron insuficientes como para generar una zona de pesca.

Bajo este escenario, el apoyo de la flota industrial para la ejecución del crucero no fue el esperado, ya que a comienzos de noviembre, les quedaba un remanente importante de cuota cercano a las 200 mil toneladas, producto principalmente de la baja disponibilidad de jurel referida en el punto anterior y porque además el año 2007 hubo una mayor actividad orientada hacia el consumo humano, lo cual generó que durante el año las embarcaciones

orientadas a ese objetivo no llenaran sus bodegas al 100 %, resultando en el largo plazo una importante cantidad de recurso sin capturar.

Debido a lo anteriormente expuesto, se contó con sólo 5 embarcaciones para llevar a cabo los objetivos del proyecto. El crucero en el área de estudio se desarrolló entre el 25 de noviembre y el 4 de diciembre, sin embargo, la última embarcación participante recaló 12 de diciembre de 2007, producto de importantes fallas mecánicas.

6.2 DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTONICO

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

La macro-zona de estudio comprendió la región oceánica, dentro y fuera de la ZEE, frente a Chile centro-sur entre los 74° a los 92° de longitud oeste y latitudinalmente entre los 30°00' – 35°50'S. Participaron 5 embarcaciones las cuales realizaron 2 transectas cada una, completando un total de 10 transectas separadas entre sí por 25 millas náuticas en un esquema de diseño sistemático. Se destaca que la distancia entre algunas transectas fue de 50 mn (transectos 3-4, 4-5 y 8-9) y 75 mn (transectos 1 y 2) debido a que en un principio iban a participar dos naves más, las cuales desistieron de participar a última hora, cuando ya estaba sorteada la posición de las naves.

La actividad en las transectas del muestreo sistemático, se inició en el extremo sur del área a prospectar, en los 74 °W hasta los 92°W (transectas 5-9) y finalizando desde los 92°W hasta los 74°W (transectas 1-4 y 10) (**Tabla 1 y Figura 1**). Esta área, fue seleccionada a partir de la información satelital disponible de las temperaturas superficiales del mar (TSM), definiendo el área principal a cubrir, centrada en la ocurrencia de las isotermas de 16 y 17 °C en el sector central del área de estudio.

Tabla 1. Transectas asignadas a los barcos participantes proyecto FIP 2007-08.

Transecta	Latitud	Longitud Inicial	Dirección	PAM
1	30°00'	92°00'	REGRESO	San José
2	31°15'	92°00'	REGRESO	Ranquihue
3	31°40'	92°00'	REGRESO	Don Tito
4	32°30'	92°00'	REGRESO	Rapanui
5	33°20'	74°00'	IDA	San José
6	33°45'	74°00'	IDA	Matías
7	34°10'	74°00'	IDA	Ranquihue
8	34°35'	74°00'	IDA	Don Tito
9	35°25'	74°00'	IDA	Rapanui
10	35°50'	92°00'	REGRESO	Matías

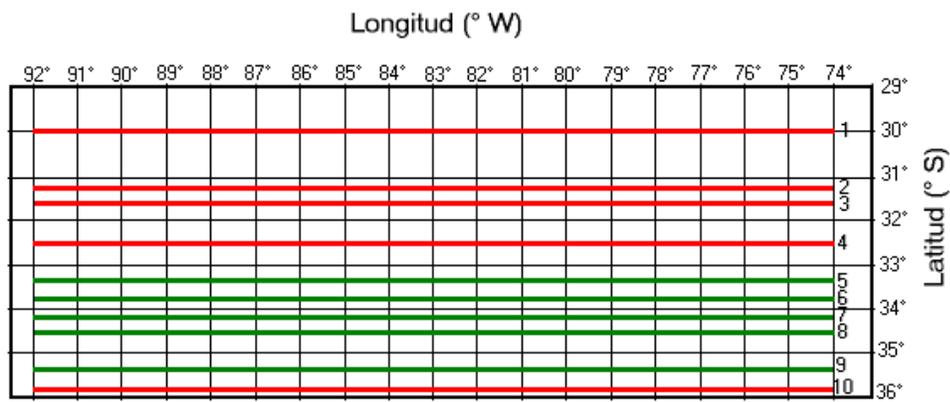


Figura 1. Disposición de las transectas de ida (verde) y regreso (rojo). Crucero noviembre 2007.

6.3 HUEVOS Y LARVAS DE JUREL

6.3.1 Muestras planctónicas

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

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

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

Adicionalmente a esta actividad, los huevos de jurel son identificados en estadíos 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 les clasifica 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.

6.3.2 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.

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

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:

$$d = \cos \alpha \cdot (L_0) \quad (2)$$

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:

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

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

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

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 1998-2007).

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 se determinará 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 utilizará un estimador similar al anterior:

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

donde D_{pos} es la densidad promedio de las

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

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

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= 445) (**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.

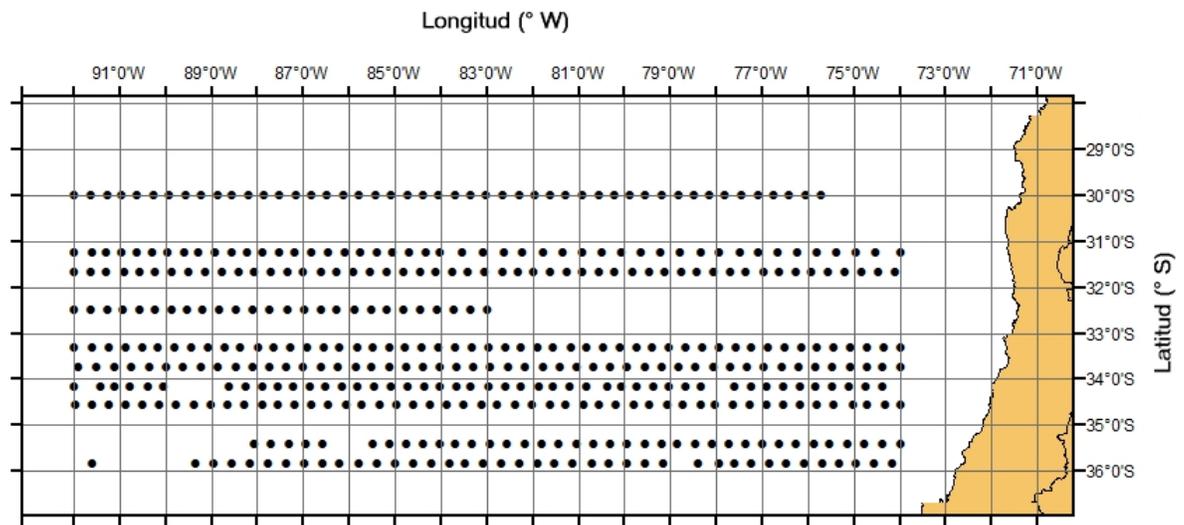


Figura 2. Distribución espacial de las estaciones planctónicas durante el crucero desarrollado el 2007.

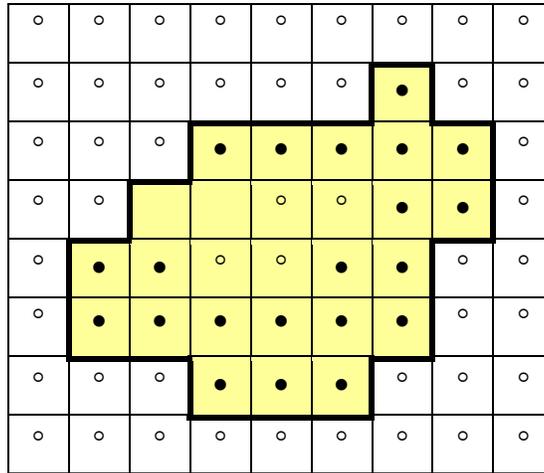
2.3.4. Determinación de áreas de distribución de huevos y larvas de jurel

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,

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

6.3.4 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 emplea el método integrado, consistente en muestrear en una estación fija los diferentes estratos de profundidad. Esta actividad se realiza 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.

Para ello, se contempla el diseño de minigrillas de muestreo, las cuales están 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, separadas cada 5 mn. Estas minigrillas deben ser realizadas en zonas donde se encuentren focos de relativa importancia de huevos de jurel, para lo cual la nave escogida para esta actividad es acondicionada con un laboratorio en el cual se instalan lupas para verificar la presencia de huevos en esas zonas.

Es importante señalar que la realización de esta actividad demanda una gran cantidad de tiempo, ya que a lo menos hay que realizar 3 minigrillas, lo cual genera un total de 27 estaciones, donde en cada una de ellas se realizan 4 lances estratificados. Es por ello que en años anteriores esta actividad es asignada a una embarcación que no realiza la grilla regular de muestreo, con la finalidad de tener la libertad de realizar una minuciosa búsqueda hacia las zonas más importantes de desove.

En el crucero de noviembre de 2007, no se logró contar con una nave adicional a las que realizaron el muestreo normal, por lo tanto esta actividad no fue posible desarrollar.

6.3.5 Experimentos de incubación de huevos de jurel

En la actualidad, se emplea para asignar edad a los huevos de jurel, la información obtenida de los experimentos de incubación realizados en los proyectos FIP 2000-10 y FIP 2004-33, en los cuales se emplearon temperaturas de 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.

Es por ello que se comprometió en la oferta técnica la realización de nuevos experimentos de incubación. Para la realización exitosa de esta actividad, es necesario contar con una nave adicional a las que realizan el muestreo ordinario, ya que es preciso que esa nave pueda navegar libremente en el área de estudio, con la finalidad de encontrar focos de importancia de huevos de jurel para la obtención de un adecuado número de huevos en estadio temprano de desarrollo.

Al igual que lo explicado en el punto anterior, lamentablemente no se pudo contar con una nave adicional, razón por la cual esta actividad no pudo concretarse.

6.4 MUESTREO OCEANOGRÁFICO

6.4.1 Información Ambiental

Temperatura desde termómetros de mercurio: La temperatura superficial del mar (TSM) fue registrada en cada una de las estaciones de muestreo (**Figura 3**) por medio de termómetros de mercurio de 0,1 °C de precisión. Se efectuaron un total de 445 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 y salinidad. Las boyas seleccionadas se encontraban en operación en el área y periodo comprendidos por el crucero. La disponibilidad de información permitió obtener 9 perfiles verticales que tuvieron representatividad en toda el área prospectada, y que alcanzaron una profundidad máxima de 2000 m (**Figura 4**). 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**).

6.4.2 Información satelital

Para el período de estudio, se contó con imágenes satelitales de temperatura superficial del mar y de clorofila obtenidas desde el Programa MODIS Aqua Level-3 Globales con una resolución espacial de 4x4 km, desde el sitio web OceanColor Web (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/ftp.html>). Las imágenes fueron escaladas y corregidas atmosféricamente con el software Matlab 6.1 para obtener finalmente valores de temperatura (°C) y clorofila (mg m⁻³) para la región oceánica frente a Chile central. Asimismo, el campo de velocidades geostroficadas para el mes de Noviembre de 2007 fue obtenido desde el Programa AVISO (<http://www.aviso.oceanobs.com>). Las imágenes de

viento superficial se obtuvieron desde el Programa QuickScat con una resolución espacial de 27,8 x 27,8 km. Con esta información también se calcularon los parámetros asociados al viento (*i e.*, turbulencia).

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 y 2006. El campo horizontal de viento superficial para este período fue obtenido a través de: (a) el Programa del CERSAT (Centre ERS d'Archivage et de Traitement), base programática de los satélites ERS 1 y ERS 2, cuya información posee una resolución espacial de 111,1 x 111,1 km y una resolución temporal igual a una semana, y (b) el Programa QuickScat, con una resolución espacial de 27,8 x 27,8 km y una resolución temporal igual a un día.

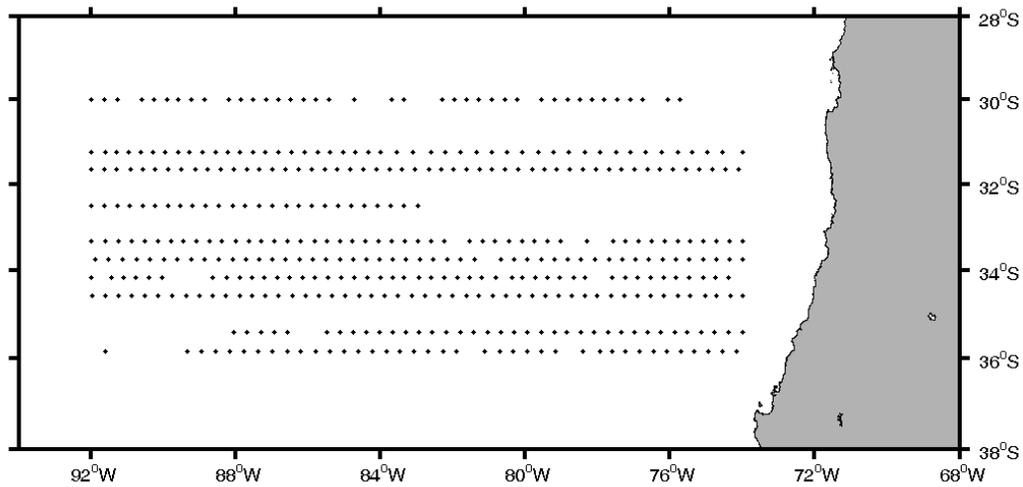


Figura 3. Distribución espacial de las estaciones de muestreo de temperatura superficial del mar durante el crucero de Noviembre de 2007.

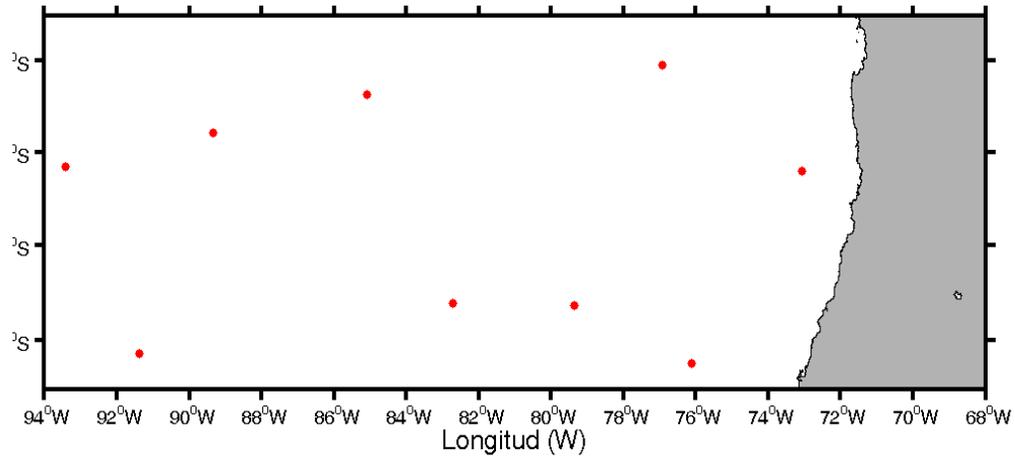


Figura 4. Distribución espacial de las boyas oceanográficas ARGO utilizadas para la caracterización vertical de la columna de agua.

6.4.3 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 fueron interpoladas para llevarlas 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 habitat de merluza común respecto de variables ambientales seleccionadas (**Perry & Smith 1994, Perry et al. 1994**).

6.5 ESTIMACION DE PRODUCCION DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD

6.5.1 Modelos para asignar la edad a los huevos de jurel

En el informe FIP 2006-05, se reportaron las estimaciones de 3 tipos de modelos de asignación de edad a los huevos de jurel, la información base para desarrollar tales modelos fue generada a partir de experimentos de incubación (FIP 2000-10 y FIP 2004-33).

El primer modelo es el desarrollado por **Lo, 1985**, quien desarrolló un modelo temperatura dependiente, el cual permite estimar la edad de un huevo de jurel en función de su temperatura y estadio. Esto permite, por lo tanto, obtener la edad de un huevo de jurel en un estadio de desarrollo cualquiera, desde una muestra planctónica a una temperatura de terreno determinada. Con la finalidad de mejorar el ajuste de la datación, se aplicó otro modelo desarrollado por **Bernal et al., 2004**, el cual a diferencia del modelo de Lo, se basa en una función no paramétrica un tanto más flexible que el modelo tradicional, el cual relaciona la edad media v/s el estadio y temperatura empleando GAM (Modelo Aditivo generalizado). Este modelo ofrece la alternativa de seleccionar el grado de smoothness (suavizadores) de manera más objetiva.

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. Producto de lo anterior, **Bernal et al., 2004**, desarrollaron una mejor forma de interpretar la información proveniente de un experimento de incubación, analizando la información como una distribución multinomial. A diferencia del Modelo de Lo, este modelo considera una asunción de sincronidad del desove probabilística (distribución normal), en donde la edad

se estima como la probabilidad de un huevo de encontrarse en un estadio en particular a medida que la edad (horas) avanza. Este supuesto, asume que existe la probabilidad de encontrar, en una misma hora, más de un estadio de desarrollo (predice valores entre 0 y 1), lo cual se acerca más a lo que realmente pasa en el desarrollo de huevos de jurel.

En la **Tabla 3** se presenta un resumen de los modelos antes reseñados, indicando la formulación de los modelos y su significado.

Tabla 3. Modelos de asignación de edad de los huevos de jurel

a) Estimación de edad mediante el modelo de Lo, 1985 (mínimos cuadrados).

Modelo	Variables, Parámetros
$Y_{i,t} = a e^{(bt+ci)}(i)^d$	Y i,t: Edad promedio estimada de los huevos de jurel para cada estadio y temperatura. t: Temperatura i: Estadio de desarrollo a, b, c y d: Son constantes comunes para todos los estadios y temperatura

b) Modelo de Lo Generalizado, Bernal et.al., 2004 (GAM)

Modelo	Variables, Parámetros
$Y_{i,t} = s(\text{Estadio}, \text{Temperatura})$	Yi,t: Edad asignada al huevo en función de su estadio y temperatura (variables predictoras) los cuales están agrupados en una función más suavizada y flexible (s).

c) Modelo Multinomial (Método Bayesiano)

Modelo	Variables, Parámetros
$N_{i,t} = Mult(N, p_{i,t})$	Ni,t = Edad del huevo pi,t = f (Edad, Temperatura) (función probabilística)

6.5.2 Modelo de estimación de la producción diaria de huevos

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

Previo a la estimación de la producción diaria de huevos y con la finalidad de mejorar problemas de sesgo en la estimación, se realizan las siguientes modificaciones a la data original:

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

mayor tiempo de desarrollo esperado según la temperatura del lugar. Todos los huevos que tuvieran una edad superior a ese valor, fueron excluidos de los análisis.

a) Estimación tradicional (mínimos cuadrados)

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

La primera estimación de P_0 fue mediante el método tradicional, el cual consiste en estimar la producción diaria de huevos, P_0 , y su varianza, mediante el siguiente modelo de mortalidad:

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

donde

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

t = Edad en días de los huevos

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

Z = Tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos

ε = Término de error aditivo.

El modelo aplica el modelo de Lo para asignar la edad a los huevos, asumiendo que todos los huevos son fertilizados y desovados a una hora fija, y que todos los huevos experimentan una tasa instantánea de mortalidad constante hasta la eclosión. Debido a la estructura aditiva del término error, se utilizó una regresión no lineal minimizando las diferencias cuadráticas entre la producción de huevos estimada por el modelo y la observada.

b) Estimación por GLM

Se realizó una variante de la estimación de P_0 , mediante la aplicación de un modelo lineal generalizado, el cual es una generalización de los modelos lineales generales.

En su caso más simple, el modelo lineal especifica una relación entre la variable respuesta Y (que sigue una dist. Normal) y un conjunto de variables predictoras X 's:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_k X_k$$

Los términos b_i corresponden a los coeficientes de la regresión calculados a partir de los datos. Para un gran número de problemas de análisis de datos, las estimaciones a partir de relaciones lineales pueden ser adecuadas para describir los datos y para realizar predicciones razonables. Pero existen muchas relaciones que no pueden ser resumidas por una simple ecuación lineal principalmente por dos razones:

- La distribución de la variable dependiente: La variable de interés puede no tener una distribución continua, (dist. Multinomial, Poisson).
- La función Link: El efecto de las variables predictoras sobre la variable dependiente puede ser de naturaleza no lineal.

El Modelo Lineal Generalizado 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.

La estimación de P_0 mediante GLM se estimará empleando los tres modelos de asignación de edad expuestos anteriormente. Todas las estimaciones se realizaron mediante un procedimiento automatizado realizado en el programa estadístico R (The R Foundation for Statistical Computing, Version 2.3.1).

6.5.3 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 cruceo o de estudio a la delimitada por los contornos de las estaciones muestreadas, sin realizar interpolaciones inter-transectas, y que viene dada por la suma de las áreas que representa cada estación de muestreo. El área de desove, en cambio se estimó por el patrón espacial de estaciones positivas, considerando la posibilidad de estaciones negativas al interior del área de desove que pueden contribuir a la estimación de la misma. Este es un estimador del tipo estructural o de límite inferior.

6.6 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 ha planteado 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.

6.6.1 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 fue basado en que el recurso en alta mar se encuentra muy disperso, lo cual disminuye la probabilidad de pesca de tipo comercial. De esta forma, se asegura contar con un número de lances que permita describir la condición reproductiva del jurel en aguas oceánicas.

Lamentablemente en el crucero de 2007, la disponibilidad de jurel en el área de estudio fue casi nula, reportándose 18 lances de pesca, de los cuales cuatro fueron positivos y con capturas que no sobrepasaron los 50 kilos (55-60 ejemplares). Dada esta situación, se dispone de una muestra limitada de ejemplares de jurel que permitan cumplir a cabalidad con las actividades asociadas a este objetivo. Sólo es posible reportar una descripción de las zonas de los lances, estructura de tallas general de los ejemplares capturados y el estado de madurez sexual de las hembras.

A continuación se describe sólo la metodología relacionada con la colecta de los ejemplares de jurel a bordo, ya que los procedimientos posteriores a la colecta (estados de madurez microscópicos, fecundidad y folículos postovulatorios) no pudieron realizarse debido al bajo número de ejemplares colectados.

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 5**). En esta escala de madurez, un indicador de desove inminente lo constituye el EMS 4 que representa los ovarios hidratados. La hidratación de los ovocitos es un proceso que dura pocas horas, siendo una condición de los cardúmenes desovantes. A su vez, la mayor proporción de individuos en el EMS 3 indicará una mayor actividad reproductiva poblacional.

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

El muestreo biológico específico de los 70 machos y 70 hembras consistió en registrar la longitud horquilla, el peso total y eviscerado (g), extracción de estómagos, y extracción de las gónadas a las primeras 50 hembras maduras. La longitud de estos 140 ejemplares se agregó a los datos de frecuencia de longitud, mientras que las gónadas de las 50 primeras hembras maduras fueron fijadas en formalina al 10 % neutralizada con 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).

6.7 CARACTERIZACION ESPACIAL DE LAS AGREGACIONES DE JUREL

La prospección acústica se desarrolló entre el 25 de noviembre y 4 de diciembre del 2007, sin embargo la última embarcación participante recaló el 12 de diciembre producto de fallas mecánicas.

6.7.1 Zona de estudio y plan de muestreo de la ecoprospección

La zona de estudio se extendió en sentido latitudinal desde los 30° 00' S hasta los 35° 50' S y en sentido longitudinal desde los 74° 00' W hasta los 92° 00' W (1.000 mn promedio) (**Figura 5**). La superficie muestreada en el estudio fue de aproximadamente 270.351 mn².

La zona fue explorada por 5 embarcaciones de empresas pesqueras que habitualmente operan en la pesquería del jurel centro-sur (**Tabla 5**). La ecoprospección consideró la realización de 10 transectos perpendiculares a la costa, con una separación que vario entre 25 y 75 mn, sin embargo debido a una falla presentada en la embarcación Rapanui, sólo fue posible cubrir una fracción de la transecta 4 (32° 30' S), (**Figura 5**).

Tabla 5. Embarcación, armador y transectas programadas para la zona de estudio, noviembre - diciembre 2007.

Embarcación	Armador	Transectas
San José	Pesquera San Jose S.A.	1 (30° 00' LS) y 5 (33° 20' LS)
Ranquihue	Pesquera Alimentos Marinos S.A.	2 (31° 15' LS) y 7 (34° 10' LS)
Don Tito	Pesquera Landes S.A.	3 (31° 40' LS) y 8 (34° 35' LS)
Rapanui	Pesquera Qurbosa	4 (32° 30' LS) y 9 (35° 25' LS)
Matías	Pesquera Bahía Coronel	6 (33° 45' LS) y 10 (35° 50' LS)

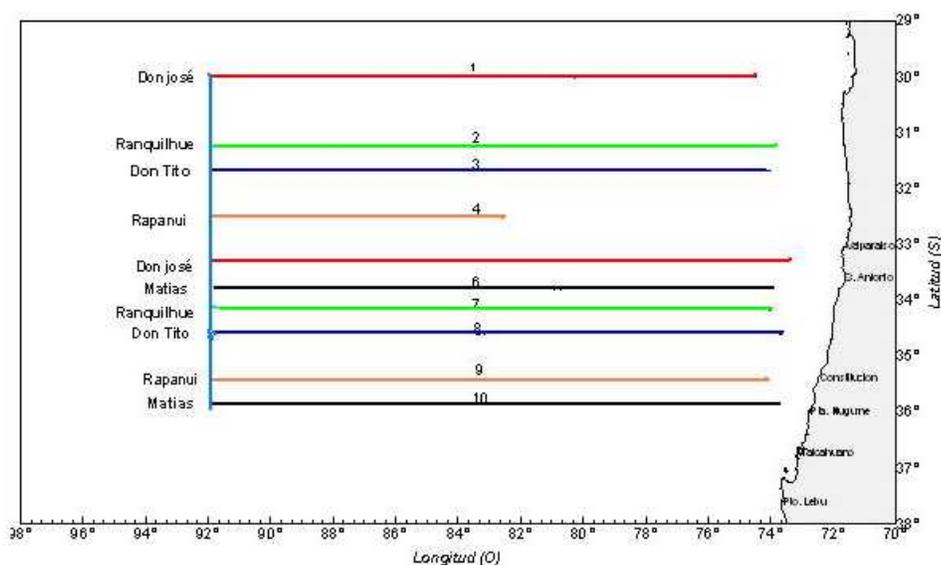


Figura 5. Distribución de las transectas en la zona de estudio, noviembre - diciembre 2007.

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**).

6.7.2 Ecosonda

Para cada ecotrazo registrado, se determinó su posición (latitud y longitud) y profundidad superior e inferior, clasificándose las agregaciones por tipo y niveles de abundancia:

- i) **Tipos de ecotrazos:** cardumen, estrato, disperso e individual (**Figura 6**) y
- ii) **Niveles de abundancia,** los que se clasificaron en cuatro categorías:

- 0:** sin presencia de jurel.
- 1:** **Baja;** cuando los niveles de captura esperados (nce) eran inferiores a 20 t
- 2:** **Media;** cuando los nce eran de 21 a 200 t, y
- 3:** **Alta;** cuando los nce eran superiores a 200 t.

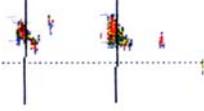
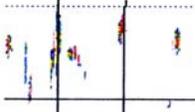
1) Cardumen	
2) Estrato denso	
3) Estrato medio	
4) Estrato disperso	
5) Disperso	
6) Individual	

Figura 6. Tipos de ecotrazos de jurel

6.7.3 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.

6.7.4 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 las latitudes 32° 50' S y 38° 50', sin embargo en el presente crucero estuvo limitada al área comprendida entre 30° 50'LS y 35° 50'LS, esto debido a problemas de disponibilidad de naves para realización del estudio. 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 6**, sin embargo el análisis se realiza para la zona norte costera y oceánica que corresponde al área muestreada en el presente estudio.

Tabla 6. Macrozonas históricas consideradas en el estudio, noviembre- diciembre 2007.

Macrozonas	Limite Longitudinal	Limite Latitudinal
Norte – Costero	74°00' W – 84°00' W	30°00' S -36°00' S
Norte - Oceánico	84°01' W -92°00' W	30°00' S -36°00' S
Sur – Costero (*)	74°00' W – 84°00' W	36°01' S -38°50' S
Sur – Oceánico (*)	84°01' W -92°00' W	36°01' S -38°50' S

(*) Área no explorada

Las prospecciones en el periodo de estudio entre 1997 y 2007 han tenido distintos diseños y estos se pueden dividir en dos etapas, una que considera los cruceros de los años 1997 y 1998, en la que se efectuaron transectas tipo zig-zag y la segunda entre 1999 y 2007 en que se realizaron transectas perpendiculares a la costa. Como la superficie prospectada entre cruceros difiere en ubicación y tamaño, es necesario estandarizar los resultados estimando índices como el índice de cobertura (IC) (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:

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

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) es empleado como un indicador del uso del espacio por parte del jurel (Córdova et al., 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004 y Barbieri et al., 1998), así como también ha sido utilizado 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, Barbieri et al., 2004, Barbieri et al., 2005, , Bahamonde et al., 2006 (a), Bahamonde et al., 2006 (b) y Bahamonde et al., 2007), estudios que son utilizados para fijar anualmente el área de investigación para el crucero de evaluación hidroacústica de jurel.

c) Índice de cobertura de huevos (ICH)

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

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

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 1 milla náutica lineal. En cada transecta se determinó la posición de los ecotrazos y cada transecta se discretizó con un paso de retardo de una milla náutica. Los ecotrazos se agruparon en clusters considerando el número de cardúmenes observados por unidad de distancia.

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

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) estaba 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 esta 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 describe 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.

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

Se comparan diez cruceros que se realizaron a fines de primavera, entre los años 1997 y 2007, entregándose las principales características de estos en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Principales características de los cruceros realizados en el período reproductivo entre los años 1997 y 2007

Crucero	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Area (mn ²)	Millas Náuticas Lineales	Nº Barcos	Tipo de muestreo	Distancia transectas
Nov. 1997	36°00' -40° 00'	74°54' -84°07'	108.078	4.299	4	Zig Zag	30 mn
Dic. 1998	33°00' -39° 00'	75°00' -86°00'	231.340	4.947	5	Zig Zag	75 mn
Dic. 1999	35°06' -38° 24'	74°00' -86°00'	114.917	6.401	6	Lineal	18 mn
Nov. 2000	32°06' -37° 48'	75°00' -92°00'	306.327	16.134	10	Lineal	18 mn
Nov. 2001	32°05' -37°50'	75°00' -92° 00'	288.406	14.405	9	Lineal	18 mn
Nov. 2003	33°00' -38°00'	75°00' - 92° 00'	240.000	12.714	8	Lineal	18 mn
Nov. 2004	31°40' -38°00'	75°00' - 92° 00'	317.340	16.705	10	Lineal	18 mn
Nov. 2005	31°40' -38°40'	75°00' - 92° 00'	266.746	14.032	9	Lineal	20 mn
Nov. 2006	32°50' -38°50'	75°00' - 92° 00'	242.380	14.491	9	Lineal	20-25mn
Nov-2007	30°00' -35°50'	74°00' 92° 00'	270.351	8.223	5	Lineal	25-75mn

6.8 ESTIMACION DE LA BIOMASA DESOVANTE DE JUREL

Para la estimación de la Biomasa desovante, se aplica 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 puede estimarse aproximadamente de la siguiente forma:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6.9 COMPOSICION POR EDADES DE LA BIOMASA DESOVANTE

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

Producto del bajo número de ejemplares, esta actividad no puede llevarse a cabo, ya que para desarrollarla es necesario a lo menos 10 pares de otolitos por talla, los cuales son obtenidos de una estructura de tallas representativa del stock desovante.

7 RESULTADOS

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

7.1 VARIABLES AMBIENTALES

7.1.1 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 (TSM) mediante termómetros de mercurio. Los datos de terreno revelaron un rango térmico entre los 11,8 y los 19,4 °C ($16,39 \pm 1,37$ °C). Trabajos recientes 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, con máximas concentraciones de huevos asociados con temperaturas sobre los 15-16°C en el área de desove de Chile central (Núñez *et al.*, 2004; Cubillos *et al.*, 2003; Núñez *et al.*, 2006; Cubillos *et al.*, 2008).

La distribución horizontal de la TSM (**Figura 7**) evidenció un rango térmico entre los 11,8 y 19,4 °C con un gradiente zonal moderado de aproximadamente 3°C entre el sector más costero y el oceánico. Se detectó aguas comparativamente más cálidas hacia el vértice noroccidental (al norte de los 32°S y al oeste de los 84°W), lugar bien caracterizado por la presencia de aguas superficiales con temperaturas superiores a los 18°C. La isoterma de los 16°C se registró en toda el área de estudio, asociada al sector más costero al norte de los 32°S, y desplazándose marcadamente costa afuera al sur de los 34°S, alcanzando los 88°30'W. Aguas comparativamente más frías se encontraron en el extremo suroccidental del área prospectada evidenciando la influencia del proceso de surgencia costera en esta región.

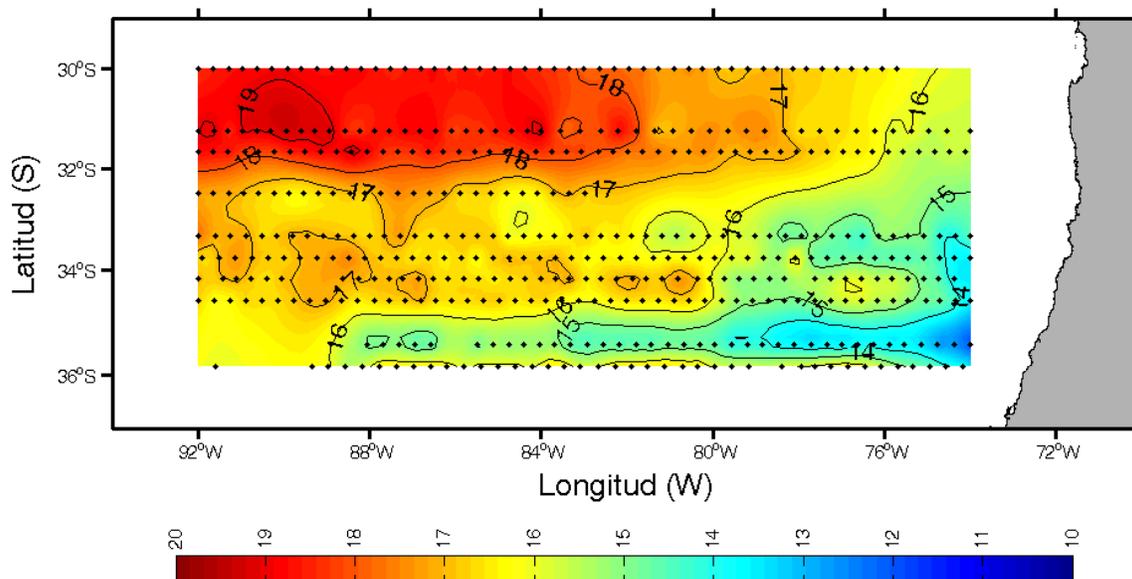


Figura 7. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio a partir de datos de termómetros de mercurio (información de terreno), noviembre de 2007. Los puntos negros representan las estaciones planctónicas realizadas.

7.1.2 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 8**).

La **Figura 8** revela el dominio de aguas cálidas ($> 18^{\circ}\text{C}$) en el sector noroccidental del área de estudio, esto es al norte de los 32°S y al oeste de los 85°W , lo que genera un gradiente zonal en el sector norte situación que no se verifica al sur de los 35°S donde la distribución de temperatura mantiene un patrón zonal similar en el área de estudio. Sin embargo, la imagen muestra un claro gradiente meridional con aguas comparativamente más cálidas en la región norte (especialmente en el cuadrante NW) y aguas más frías hacia el sur del área de prospección, alcanzando temperaturas menores a 13°C al sur de los 35°S asociadas al sector costero.

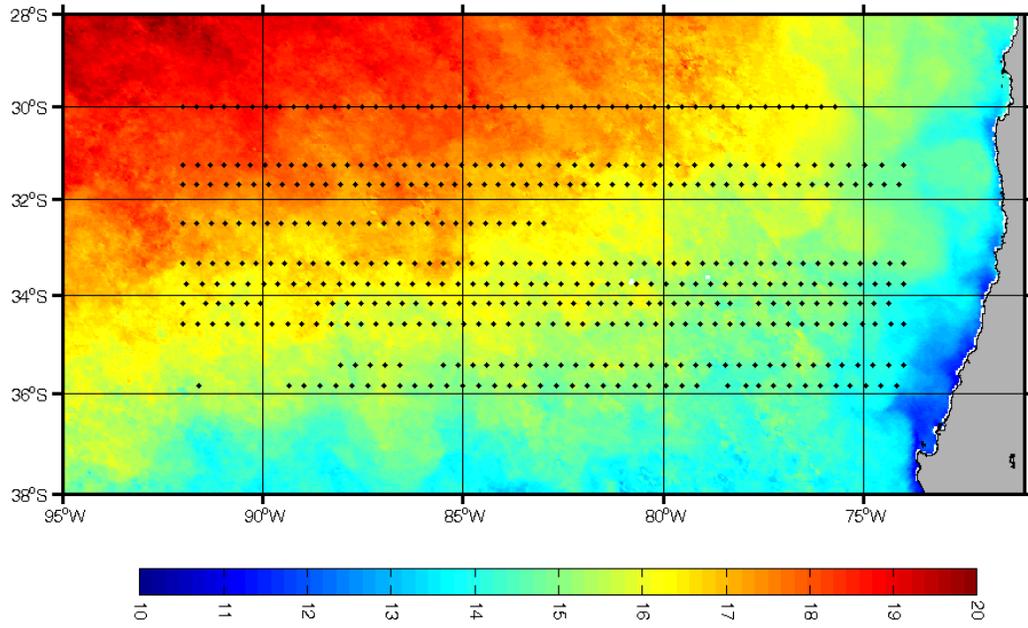


Figura 8. Imagen satelital de la temperatura superficial del mar compuesta para el periodo del crucero 2007 (25 de Noviembre - 04 de Diciembre de 2007). Los puntos negros representan las estaciones planctónicas realizadas.

Análisis histórico

Las **Figuras 9 y 10**, 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 2007. La **Figura 9** muestra en general un patrón de distribución espacial similar para el período histórico (1998-2007), 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.

La distribución de TSM en el mes de noviembre de los años 2000 y 2003 evidenció un patrón intermedio entre los períodos anteriormente descritos, con la isoterma de 16°C situada al sur de los 34°S, y la ausencia de aguas con TSM mayores a 18°C. Esta interpretación se ve corroborada por el análisis espacial de las anomalías de la TSM para igual período histórico presentado en la **Figura 10**, 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 y 2006 se reporta la presencia de anomalías negativas en gran parte del área de prospección de huevos de jurel, observándose sólo leves anomalías positivas en el extremo nororiental. Durante el mes de noviembre de 2007, el área de estudio estuvo caracterizada por evidenciar las anomalías negativas más

intensas de toda la serie para toda el área de estudio, con valores que superaron los $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ denotando un significativamente más frío en el área y período de desove de jurel frente a Chile central.

Por su parte, la **Figura 11** 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 2007. 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 (presente crucero), denotando un ambiente particularmente frío en el área de desove de jurel frente a Chile central en el mes de Noviembre de 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, y 2001-mediados de 2004 (**Figura 11**). 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.

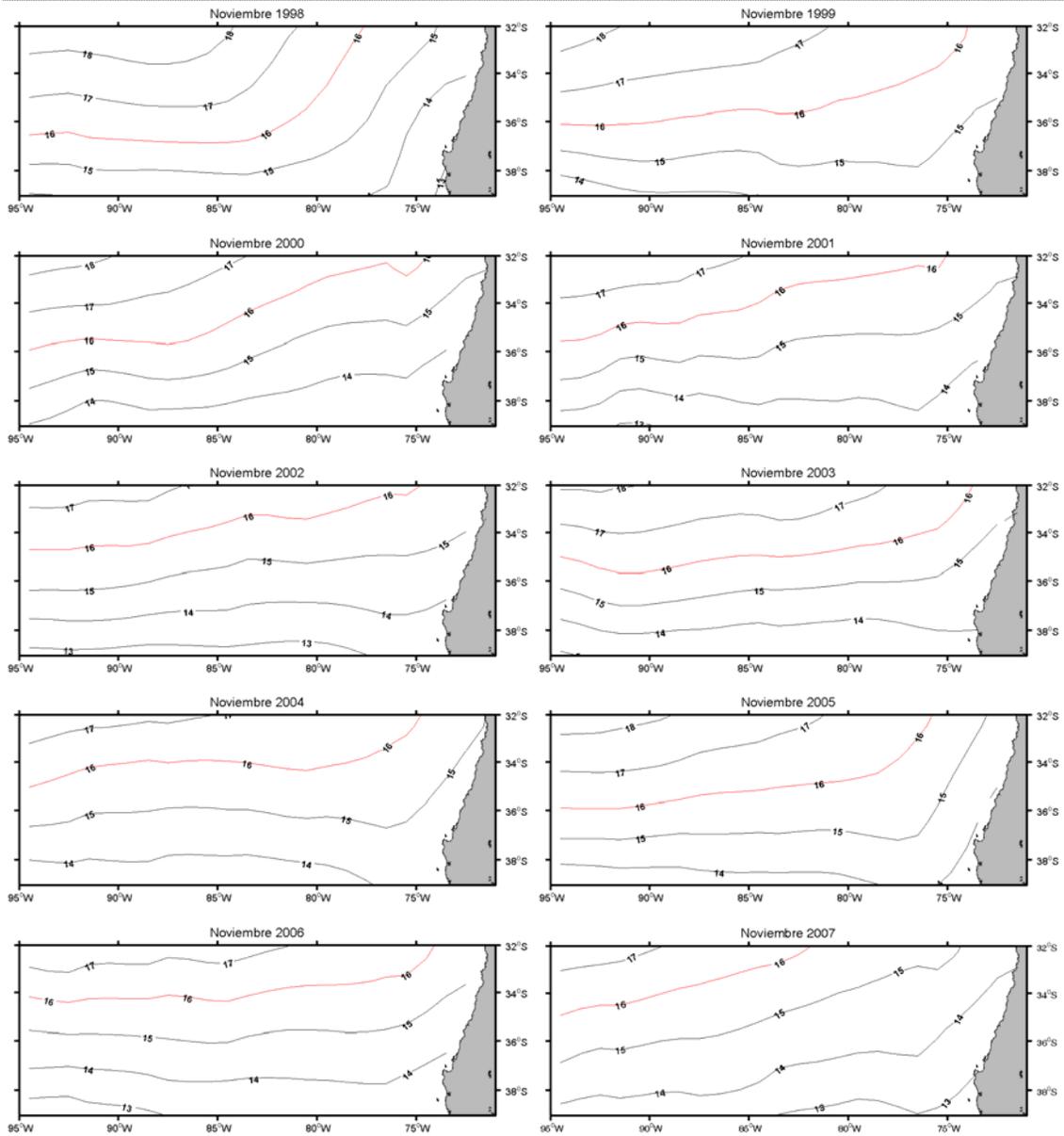


Figura 9. Distribución espacial de la TSM en el área de estudio para el mes de Noviembre del período 1998-2007.

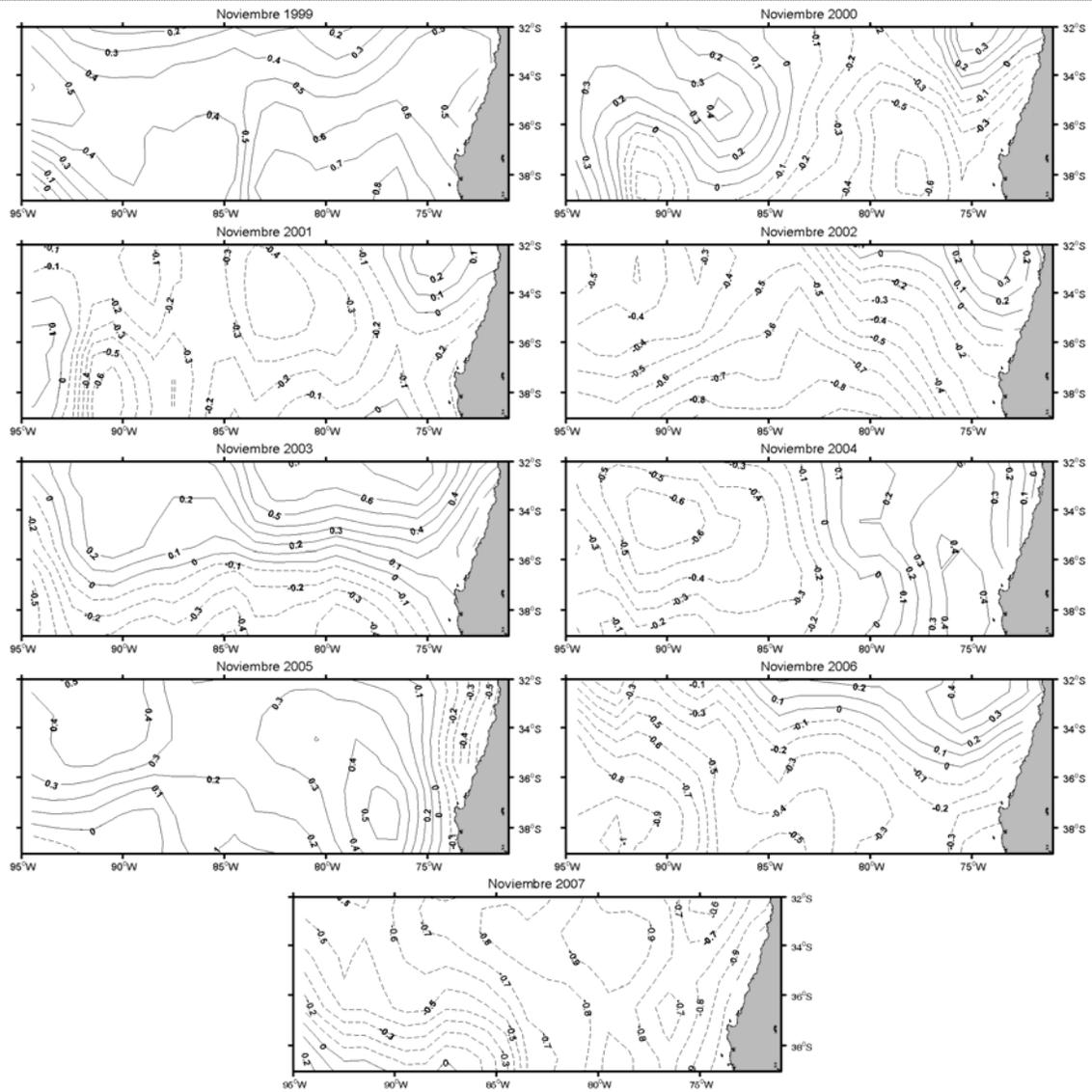


Figura 10. Distribución espacial de la anomalía de la TSM en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1998-2007.

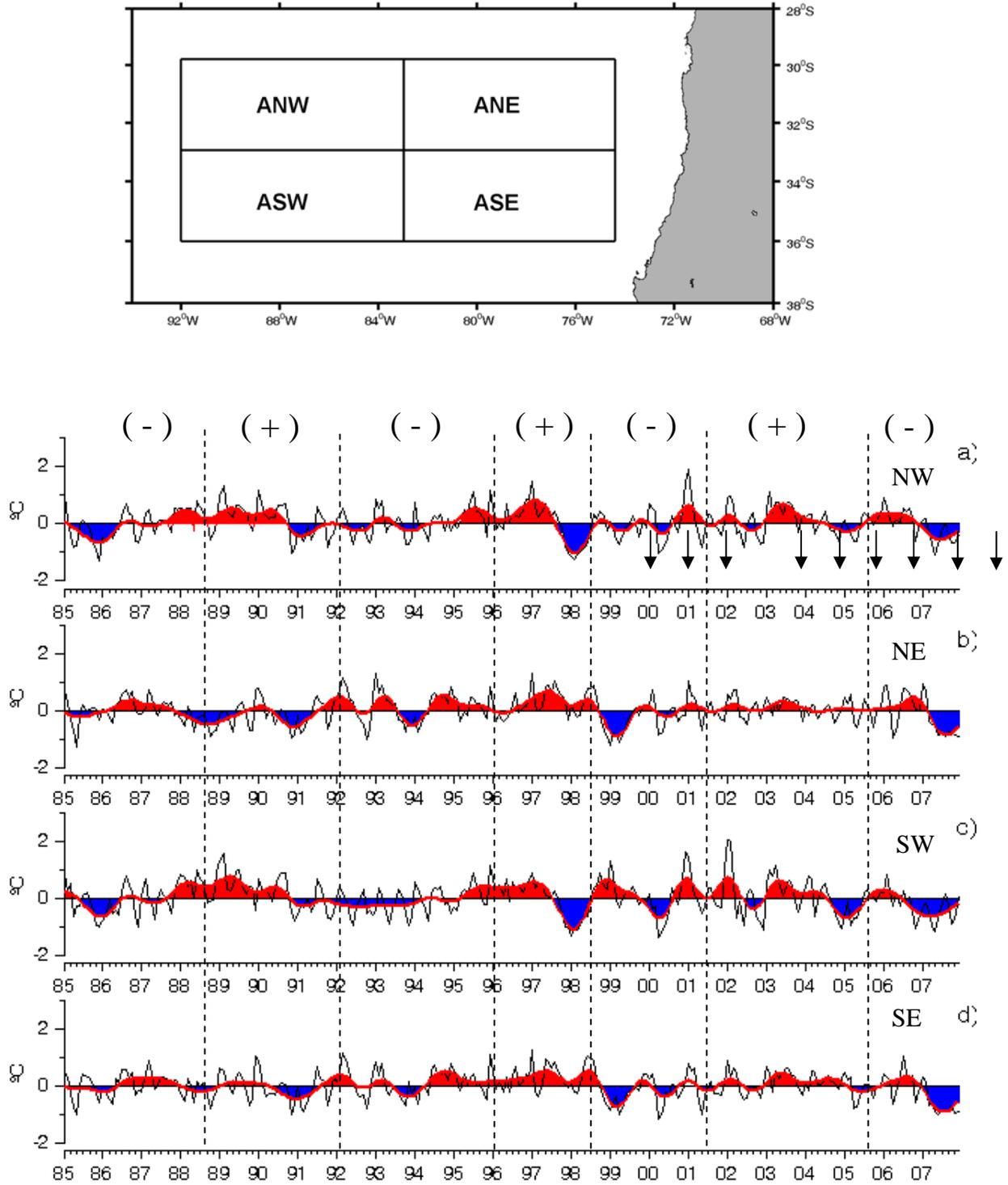


Figura 11. Serie de tiempo de la TSM para el área de desove de jurel frente a Chile central. Período: 1985-2007. En la figura, las flechas indican la situación temporal de los cruceros de similar naturaleza.

7.1.3 Vientos superficiales

La **Figura 12** muestra el comportamiento de los vientos superficiales en la zona y periodo de estudio Noviembre - Diciembre de 2007. Las imágenes destacan un patrón de rotación anticiclónico que se expresa mayormente al norte de los 34°S al oeste de los 82°W. Se observan magnitudes moderadas a bajas en el sector central y occidental del área de prospección, las que se ven intensificadas al acercarse hacia la costa. El análisis de vientos realizado para el presente estudio (Noviembre de 2007), confirma el patrón general descrito para la época y el área de estudio, esto es: vientos predominantes del Oeste, Sur-Oeste cambiando a Sur, en la medida que se acercan a la costa, mostrando la existencia de un giro anticiclónico centrado aproximadamente en los 90°S y 35°S, bajas velocidades hacia el sector central y SW y velocidades máximas hacia el sector costero del área estudiada.

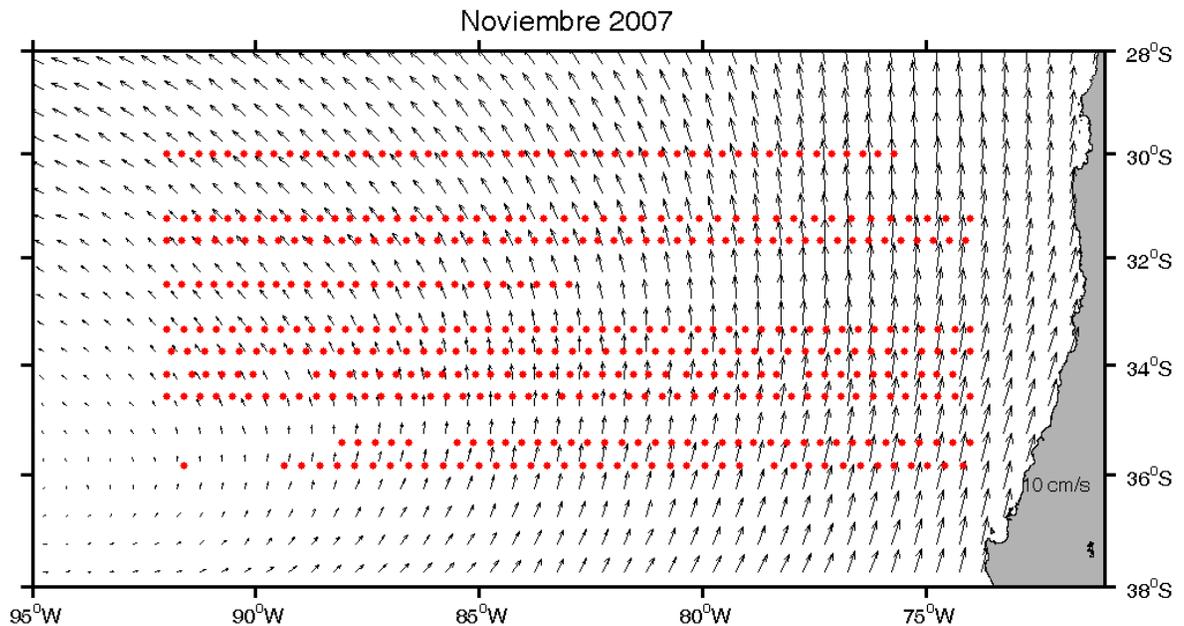


Figura 12. Imagen satelital de la viento superficial del mar compuesta para el mes de Noviembre de 2007. Los puntos rojos representan las estaciones planctónicas realizadas.

Con el propósito de contrastar el patrón de viento superficial reportado para este crucero con el registrado para el mes de Noviembre de los años 1998-2007, 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 ($> 82^{\circ}\text{W}$); no obstante existe cierta variabilidad meridional y zonal en la zona de velocidades bajas del área de estudio. 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**).

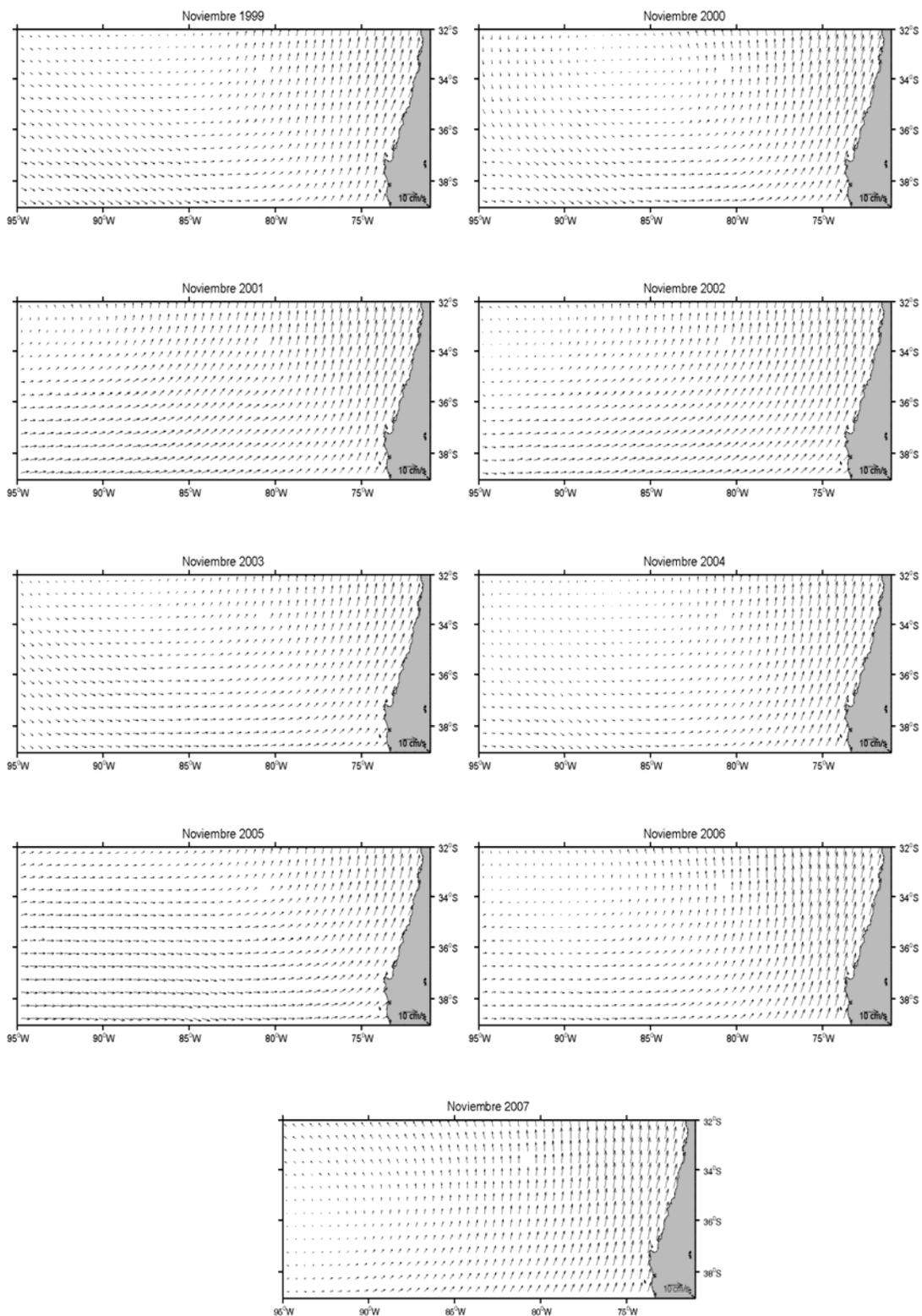


Figura 13. Distribución de vientos (escaterometría) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1999-2007.

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 - 2007. Los resultados para noviembre de 2007 indicaron una clara diferenciación zonal en toda el área de estudio, con valores altos de turbulencia ($>500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$) al Este de los 76°W , una zona de fuerte gradiente lateral situada entre los 76 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 sur de los 33°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 2000, 2002 y 2006 (**Figura 15**). En general, el área de desove de jurel frente a Chile central ha estado vinculada con valores de turbulencia menores a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ (Núñez *et al.*, 2004), con la excepción de noviembre de 2002 donde se detectó magnitudes significativamente superiores, y de noviembre de 2001 donde estos valores estuvieron restringidos al vértice noroccidental del área de prospección.

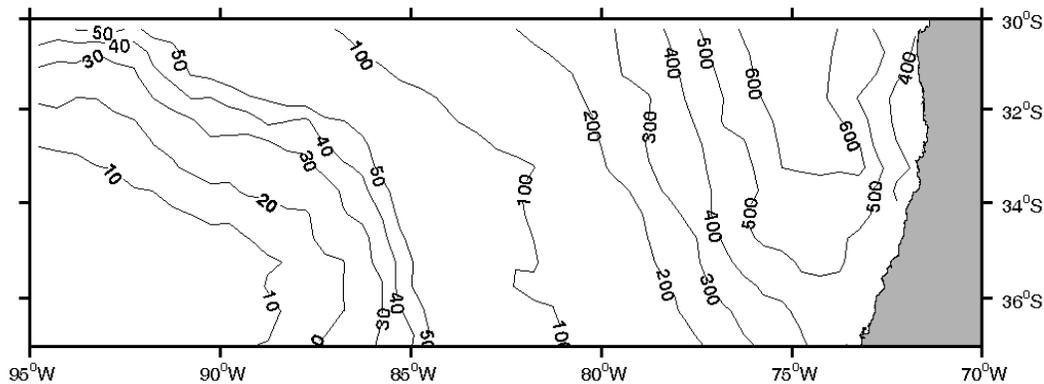


Figura 14. Distribución espacial de la turbulencia ($\text{m}^3 \text{ s}^{-3}$) en el área de estudio, para el mes de Noviembre de 2007.

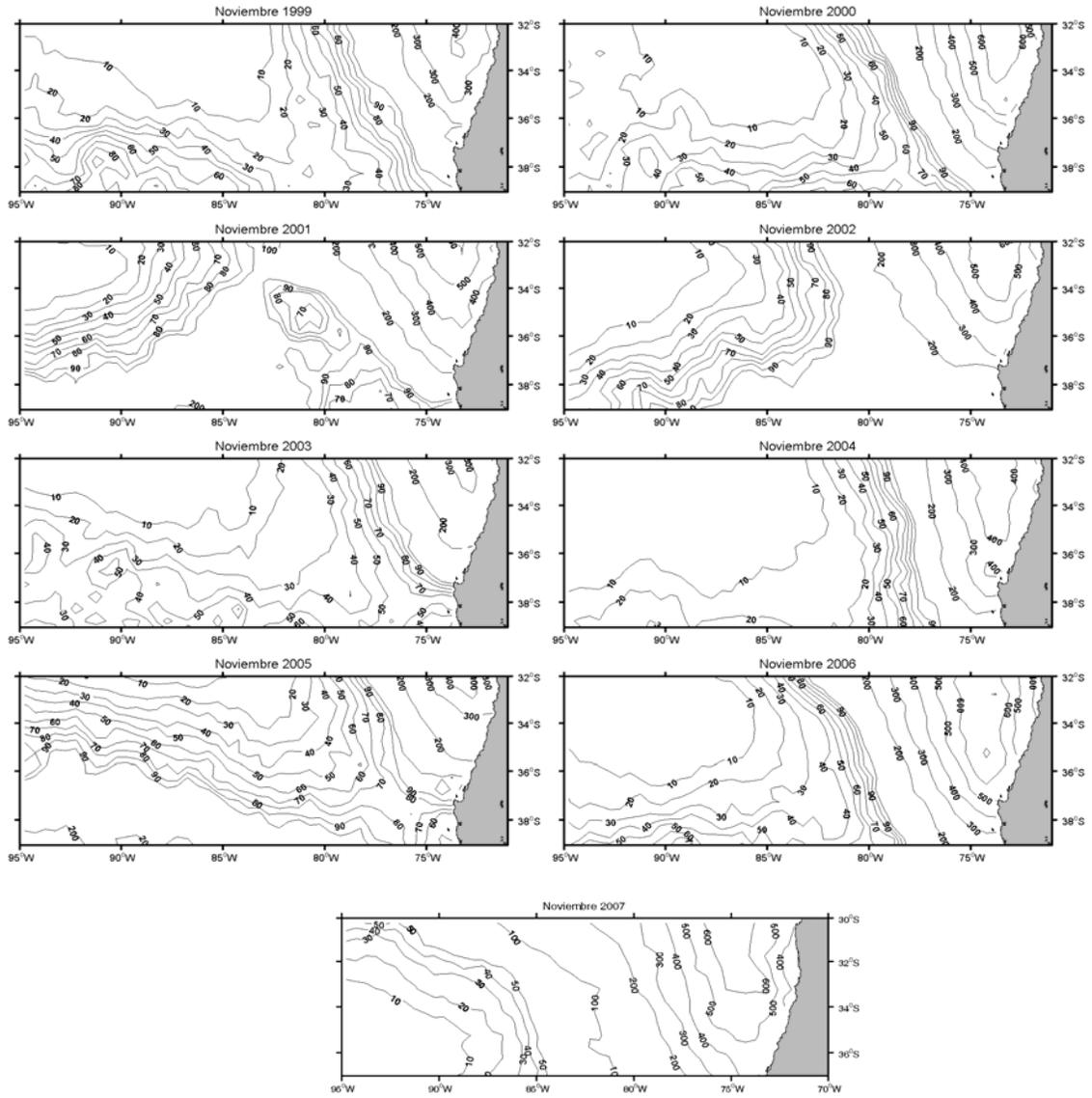


Figura 15. Distribución espacial de la turbulencia en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1999-2007.

7.1.4 Clorofila

El análisis de imágenes satelitales de clorofila, evidenció una clara diferenciación zonal por la presencia de concentraciones costeras superiores a 5 mg m^{-3} asociados a la banda costera de surgencia ($< 30 \text{ mn}$ desde la costa), así como la zona de influencia o exportación de biomasa fitoplanctónica hacia el océano interior a través de filamentos y anillos, que alcanzan más allá de los 76°S , con valores centrados entre los $0,5$ y $1,0 \text{ mg m}^{-3}$ (**Figura 16**). En el sector oceánico, asociado al límite de la Zona de Transición Costera (hasta los 600 km , **Hormazábal et al., 2004**) se encuentran valores centrados en los $0,25 \text{ mg m}^{-3}$, 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 ($< 0,2 \text{ mg m}^{-3}$). 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 2007, 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 levemente mayores en el sector intermedio como se muestra en la **Figura 17**.

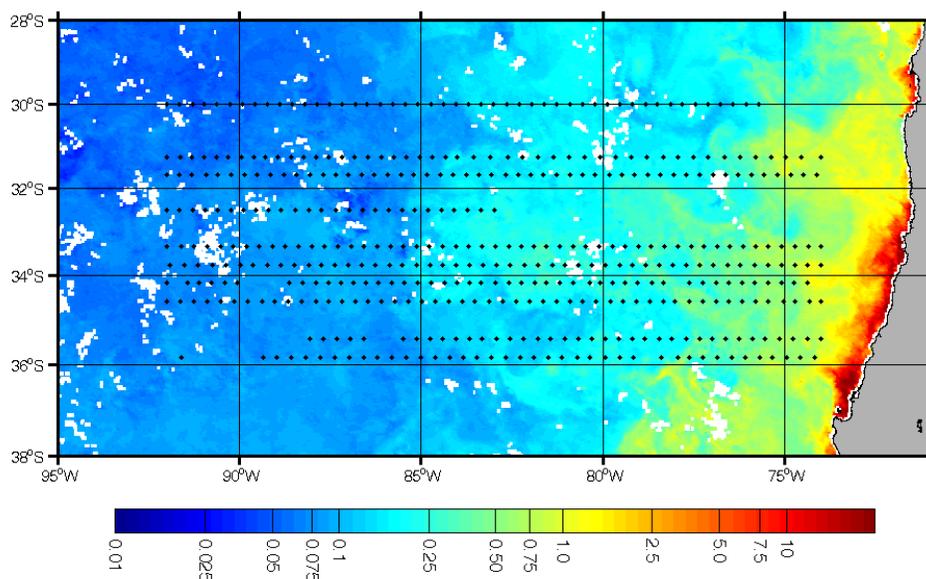


Figura 16. Imagen satelital de la clorofila superficial compuesta para el mes de Noviembre de 2007. Los puntos negros representan las estaciones planctónicas realizadas.

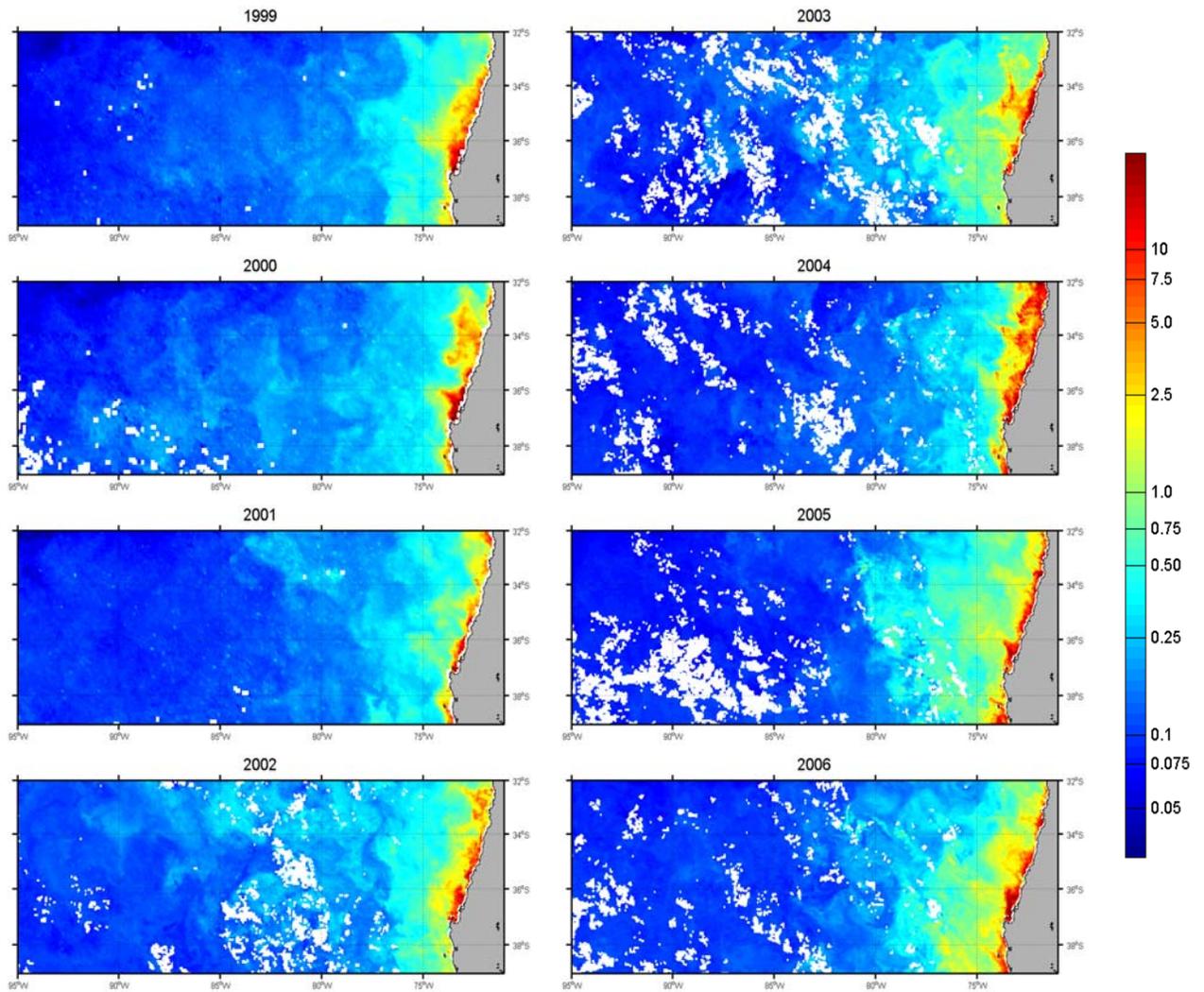


Figura 17. Distribución espacial de clorofila-a para el mes de Noviembre del período 1999-2007 en el área de estudio.

7.1.5 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>). La **Figura 18** representa el promedio para el mes de Noviembre de 2007, evidenciando una importante variabilidad zonal en el área de estudio, caracterizada por una parte, por un flujo costero ($< 76^{\circ}\text{W}$) e intenso ($>20 \text{ cm s}^{-1}$) de corrientes en dirección norte determinando una banda costera de alta dinámica, y por otra, la presencia de numerosas estructuras de mesoescala (corrientes de meandro, y remolinos ciclónicos y anticiclónicos) especialmente en el sector comprendido entre los 76 y los 84°W . 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, 2006; Leth & Middleton, 2004**), revelando que se trata de estructuras de mesoescala (semanas-meses), características del sistema costero y oceánico frente a Chile central. Por último, la región de desove situada al oeste de los 84°W y principalmente al norte de los 36°S mostró velocidades comparativamente más bajas caracterizando la región de desove oceánica con una baja dinámica de corrientes ($< 5 \text{ cm s}^{-1}$). Esta variabilidad zonal en el área estudiada se verifica también en similar área para el mes de Noviembre del período 1998-2006 (**Figura 19**).

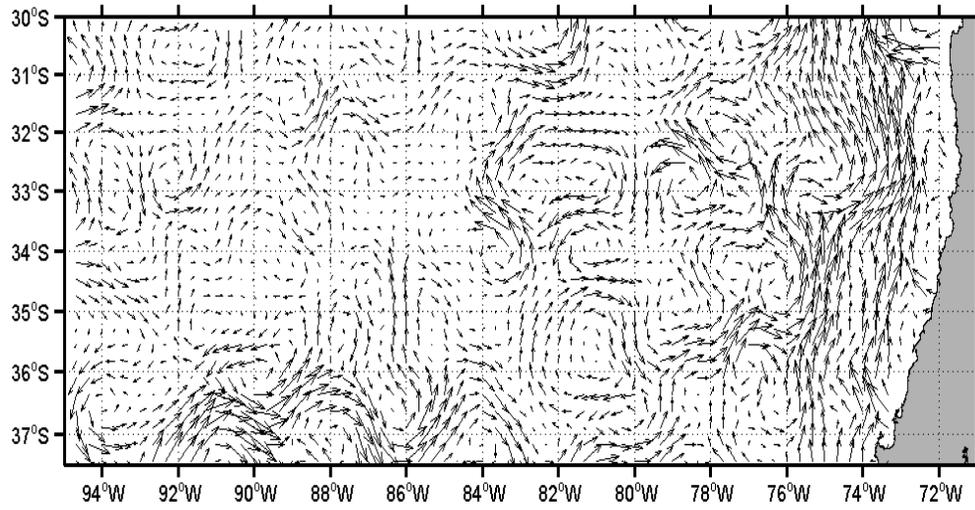


Figura 18. Corrientes geostróficas calculadas para el periodo del crucero en el área de estudio.

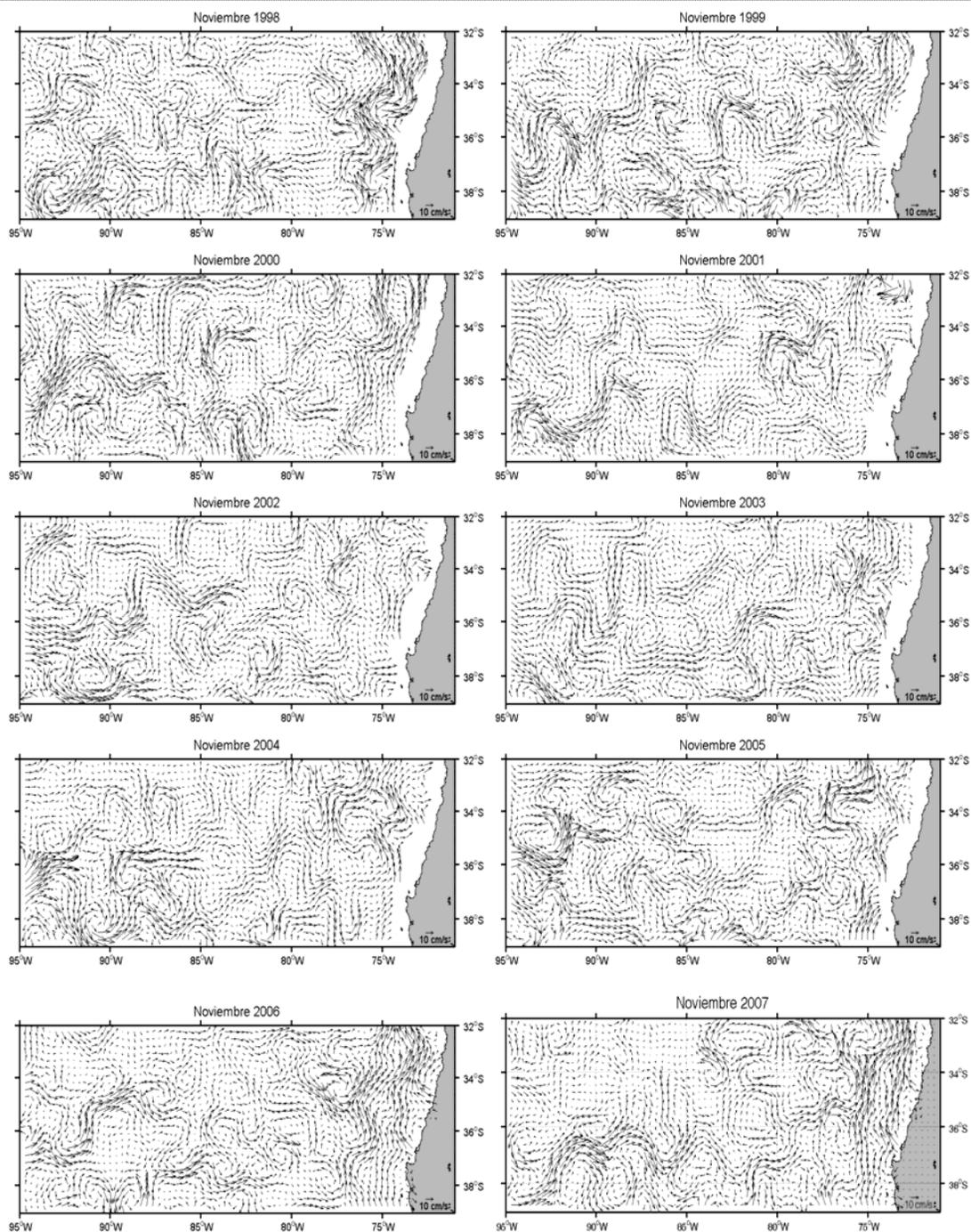


Figura 19. Distribución espacial de las corrientes geostroficas (cm s^{-1}) en el área de estudio para el mes de noviembre del período 1998-2007.

7.15. Registros verticales

La disposición geográfica de las localidades que contaron con perfiles verticales de temperatura y salinidad asociados a boyas ARGO se muestra en la **Figura 3**, que para el período de estudio se encontraban abarcando gran parte del área de estudio. La caracterización vertical de la temperatura (°C), salinidad (psu) y densidad (sigma-T) correspondiente a 9 perfiles verticales se muestra en la **Figura 20**.

Para la temperatura, los perfiles verticales evidenciaron una termoclina superficial situada en los primeros 60 metros, evidenciando diferencias espaciales significativas especialmente en los primeros 200 metros de la columna de agua, situación que fue particularmente válida para la salinidad, que mostró poca variabilidad vertical en los primeros 80-100 metros de la columna de agua y una significativa variabilidad espacial (especialmente zonal) con salinidades superficiales en un rango entre los 33,6 y 34,5 psu. Por su parte, la densidad del agua de mar evidenció menor variabilidad espacial superficial, fluctuando entre los 24,8 y 25,2 σ_t , una pycnoclina superficial situada en los primeros 80 metros de profundidad, y una pycnoclina subsuperficial situada entre los 200 y los 360 metros de profundidad, para luego incrementar a una tasa relativamente constante con la profundidad.

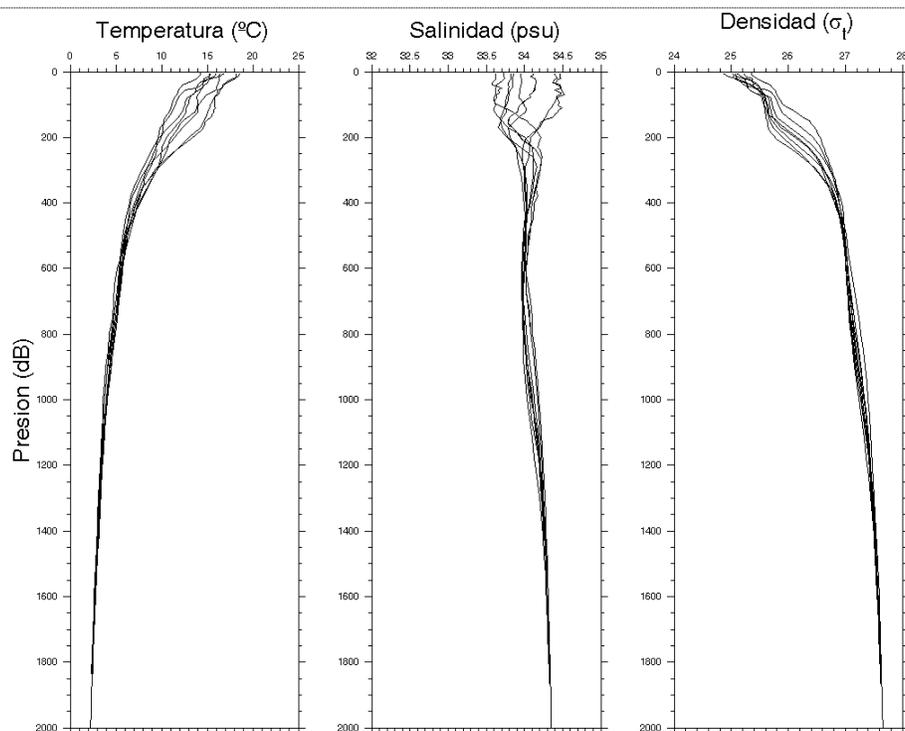


Figura 20. Perfiles verticales individuales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu) y densidad (σ_t), para las estaciones seleccionadas.

7.1.6 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 realizados en el área de estudio los cuales se muestran en la **Figura 21**. A partir del análisis de los Diagramas TS, el estrato superficial (primeros 100 metros de profundidad) evidenció principalmente la presencia de las Aguas Subantárticas (ASAA), con índices termosalinos entre a 33,8 y 34,3 psu de salinidad, y entre 11 y 15 $^{\circ}\text{C}$ de temperatura. No obstante, también se detectó la presencia de aguas de mezcla entre las ASAA y Aguas Superficiales Subtropicales de mayor temperatura y salinidad (15-19 $^{\circ}\text{C}$, 34,45-34,9 psu). Subsuperficialmente se detectó la incipiente presencia (sólo en los perfiles más orientales) de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) con salinidades superiores a 34,4 psu y bajas temperaturas (8-10,5 $^{\circ}\text{C}$). Bajo los 400 metros de profundidad se detectó Aguas Intermedia Antártica (AIA) y las

Aguas Profundas del Pacífico (APP) bajo los 100 metros de profundidad. Los valores característicos para estas masas de agua descritas en este estudio, concuerdan con lo reportado por otros autores para la región central y centro-sur de Chile (Silva & Konow 1975, Bernal *et al.* 1983, Rojas & Silva 1996, Blanco *et al.*, 2001).

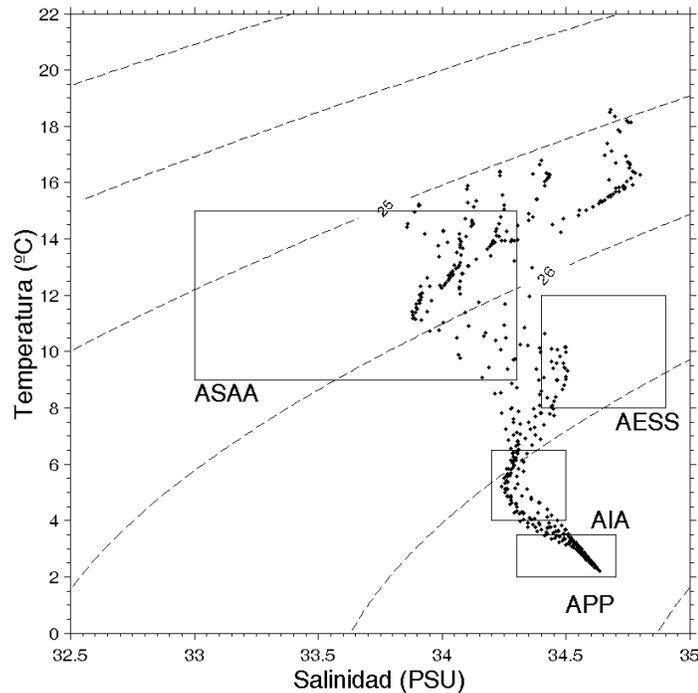


Figura 21. Diagramas TS para los perfiles verticales analizados para el área y período de estudio.

7.1.7 Relaciones Ambiente – Recurso

Rangos ambientales

Las **Tablas 8 y 9** 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 8**) que: a) el 92% se encontró asociados a un rango de temperaturas entre los 15 y 17°C, b) un 80,1% de los huevos estuvieron vinculados a bajos valores de turbulencia ($<200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$),

c) un 84% se verificó en muy bajos valores de energía cinética ($<50 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$) turbulencia, y d) más de un 50% se reportaron en valores intermedios de viento (entre 3,6 y 6,0 m s^{-1}).

Para el caso de las larvas de jurel (**Tabla 9**), 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 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 8. Porcentaje de huevos de jurel asociado a rangos ambientales de las variables Temperatura (°C), Turbulencia ($\text{m}^3 \text{ s}^{-3}$), Energía cinética ($\text{cm}^2 \text{ s}^{-2}$) y magnitud del viento (m s^{-1}).

Temperatura		Turbulencia		Energía Cinética		Magnitud Viento	
Rango	%	Rango	%	Rango	%	Rango	%
13-14	0.0	0-50	37.7	0-50	84.4	0,0-1,5	0.8
14-15	6.8	51-100	28.6	51-100	6.8	1,6-2,5	14.4
15-16	60.7	101-200	13.8	101-200	8.8	2,6-3,5	18.9
16-17	31.3	201-300	8.0	201-300	0.0	3,6-4,5	30.5
17-18	0.6	301-400	3.0	301-400	0.0	4,6-6,0	21.0
18-19	0.2	401-700	8.6	401-700	0.0	6,1-9,0	14.5

Tabla 9. Porcentaje de larvas de jurel asociado a rangos ambientales de las variables Temperatura (°C), Turbulencia ($\text{m}^3 \text{ s}^{-3}$), Energía cinética ($\text{cm}^2 \text{ s}^{-2}$) y magnitud del viento (m s^{-1}).

Temperatura		Turbulencia		Energía cinética		Magnitud Viento	
Rango	%	Rango	%	Rango	%	Rango	%
13-14	0.0	0-50	70.8	0-50	95.7	0,0-1,5	0.1
14-15	1.3	51-100	10.0	51-100	3.7	1,6-2,5	26.5
15-16	45.1	101-200	15.8	101-200	0.6	2,6-3,5	44.9
16-17	50.9	201-300	2.0	201-300	0.0	3,6-4,5	9.4
17-18	2.0	301-400	0.8	301-400	0.0	4,6-6,0	17.5
18-19	0.4	401-700	0.3	401-700	0.0	6,1-9,0	1.5

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

Las **Figuras 22 y 23** 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 22**) se distribuyó en los cuadrantes SE y SW asociado con temperaturas superficiales entre los 15 y 17°C, quedando virtualmente ausentes de aguas más cálidas. 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 de turbulencia ($< 250 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$), a excepción del núcleo nororiental que se vinculó con valores significativamente mayores de viento y turbulencia. Por último, para el caso de la distribución de huevos de jurel y el campo horizontal de corrientes, se observó una mayor asociación espacial entre densidades altas y regiones de meandros y borde externo de anillos de mesoescala, en especial al Este de los 85°W, en tanto que al Oeste de dicha latitud las mayores densidades de huevos de jurel estuvieron vinculadas con velocidades bajas ($< 5 \text{ cm s}^{-1}$).

Para el caso de las larvas de jurel, la mayor densidad larval (**Figura 23**) estuvo asociada con: a) temperaturas superficiales fluctuando entre los 15 y 17°C, y muy baja representación en aguas más cálidas; b) bajas velocidades de viento a excepción del núcleo de densidades comparativamente más altas situado en los 33°S y 80°W; c) valores de turbulencia menores a $250 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ y, d) una mayor asociación espacial entre densidades altas y regiones meándricas y anillos (tanto ciclónicos como anticiclónicos).

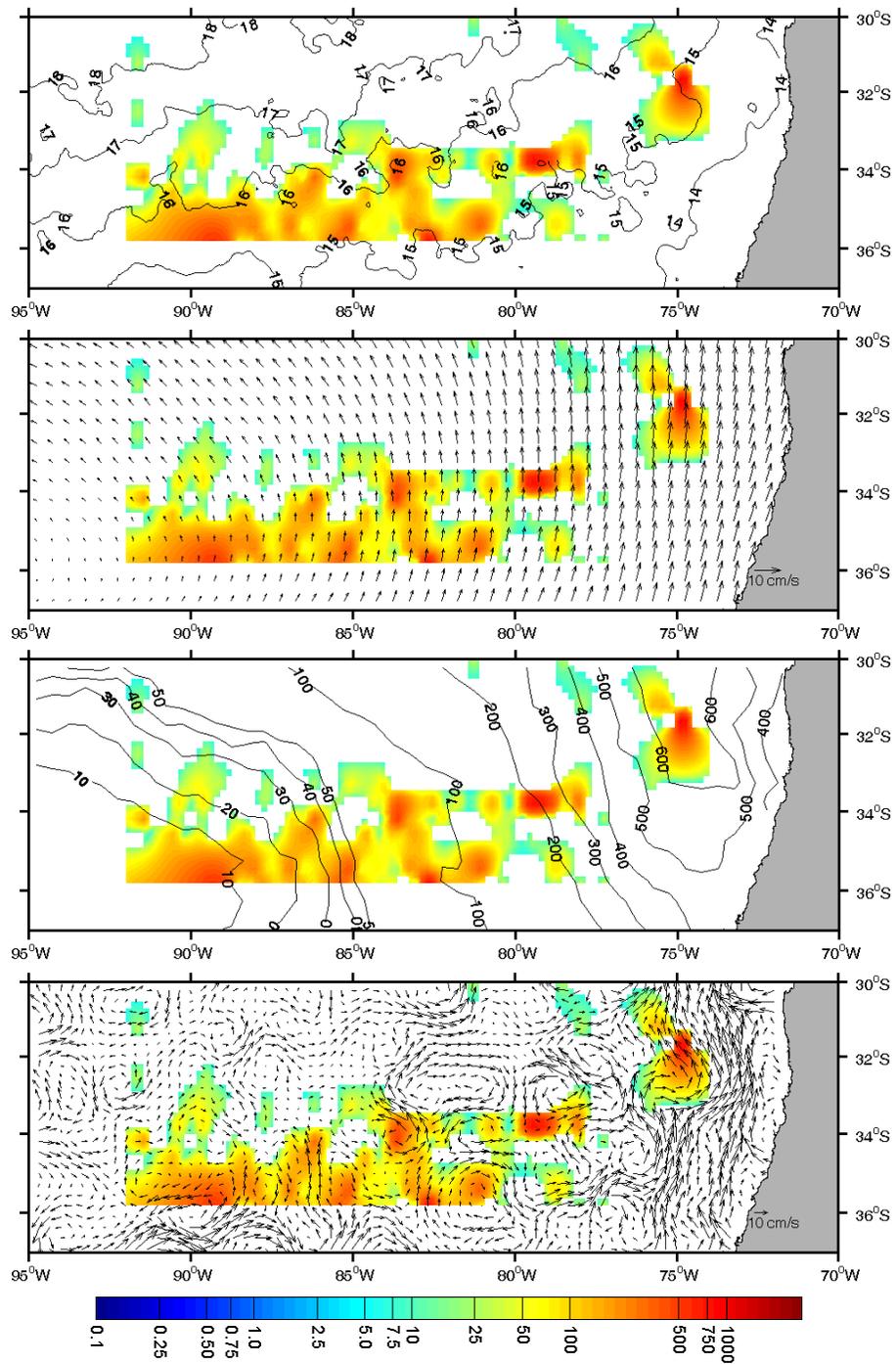


Figura 22. Distribución espacial de huevos de jurel y a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$), b) magnitud del viento (m s^{-1}), c) turbulencia ($\text{m}^3 \text{s}^{-3}$), d) corrientes geostroficas (cm s^{-1}). Noviembre de 2007.

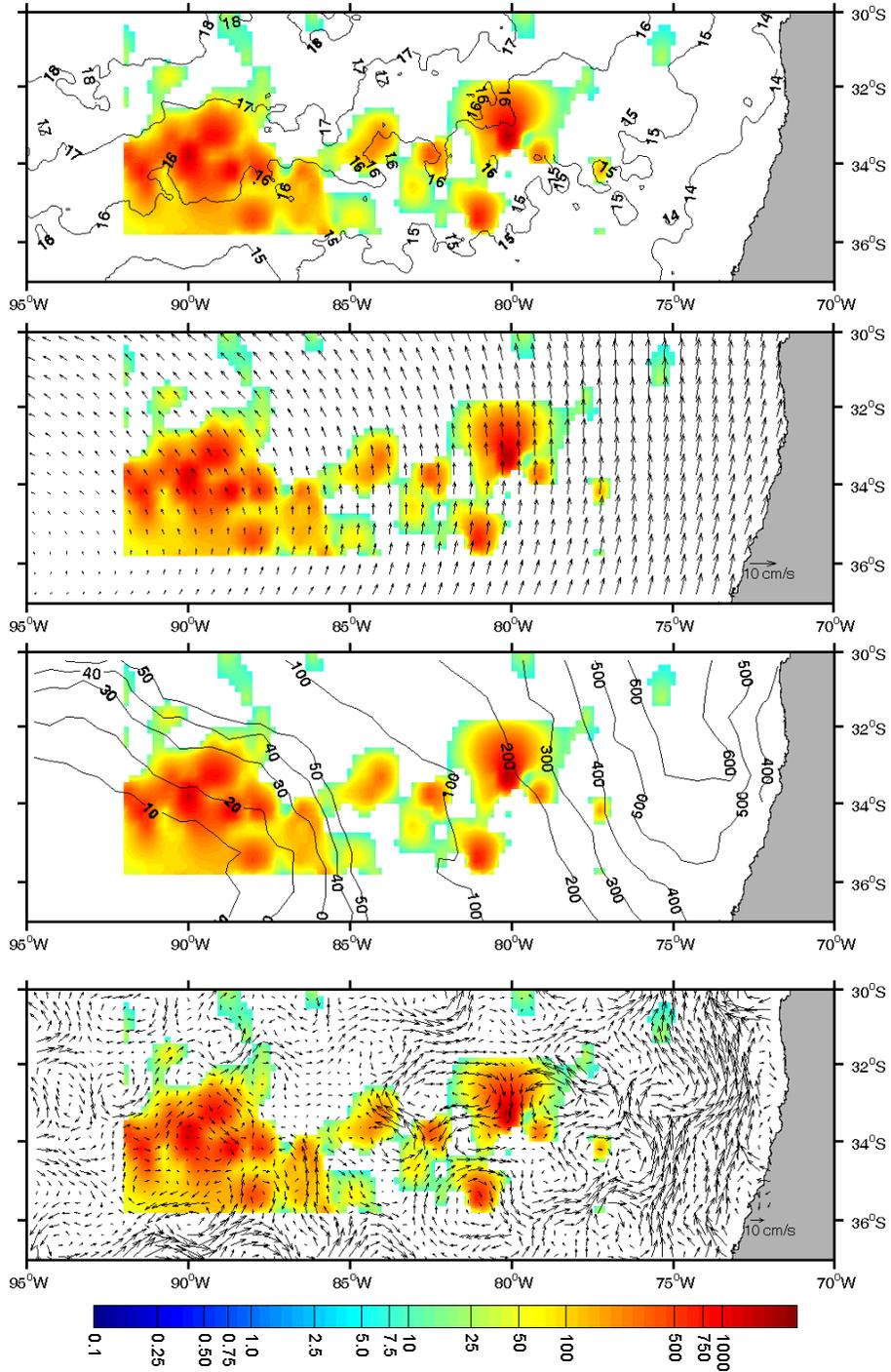


Figura 23. Distribución espacial de larvas de jurel y a) Temperatura superficial del mar (°C), b) magnitud del viento (m s⁻¹), c) turbulencia (m³ s⁻³), d) corrientes geostroficadas (cm s⁻¹). Noviembre de 2007.

7.1.9 Modelos Aditivos Generalizados

En la modelación se incluyó variables de posición (latitud y longitud) y la temperatura superficial del mar como variable ambiental que caracteriza 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, la densidad de huevos y larvas fue estandarizada a número de individuos por 10 metros cuadrados. Los resultados de la aproximación exploratoria se presentan en las **Figuras 24 y 25 y la Tabla 10**. Se observó que la distribución de huevos se incrementa fuertemente al sur de los 33°S, encontrándose las máximas densidades entre los 34 y 36°S (**Figura 24**). Se observó una distribución tipo domo de la densidad con la longitud, mostrando valores menores al Este de los 79°W y mayores agregaciones entre los 80°W y los 90°W. El efecto de la temperatura revela una estructura tipo domo, con valores mayores de densidad en un estrecho rango entre los 14,5 y los 17,5°C, declinando rápidamente a temperaturas superficiales mayores evidenciando una baja influencia de la temperatura hacia valores más altos.

En el caso de las larvas de jurel (**Figura 25**), se observó una distribución tipo domo con la latitud, evidenciándose que la densidad de huevos incrementa fuertemente al sur de los 33°S, presenta las mayores concentraciones entre los 34 y 35°S para declinar hacia el límite austral del área prospectada. Longitudinalmente, se observó un incremento en la densidad de larvas hacia el Oeste de forma sostenida a partir de los 845W, pudiéndose inferir que la distribución de larvas de jurel podría extenderse más allá del límite occidental de la prospección (= 92°W). En función de la temperatura, se observó también una relación no lineal, con un efecto positivo sobre la densidad larval a partir de los 14,5 °C y máximas concentraciones larvales en un estrecho rango térmico comprendido entre 15,5 y 17 °C.

Tabla 10. Parámetros de los modelos GAM aplicados a huevos y larvas de jurel.

Huevos	g.l.	Nº parámetros	Valor F	Valor p
s (Latitud)	1	3	2.5004	0.059
s (Longitud)	1	3	2.3196	0.074
s (TSM)	1	3	6.5488	<0.01
Larvas	g.l.	Nº parámetros	Valor F	Valor p
s (Latitud)	1	3	13.5921	<0.01
s (Longitud)	1	3	10.5138	<0.01
s (TSM)	1	3	1.8521	0.137

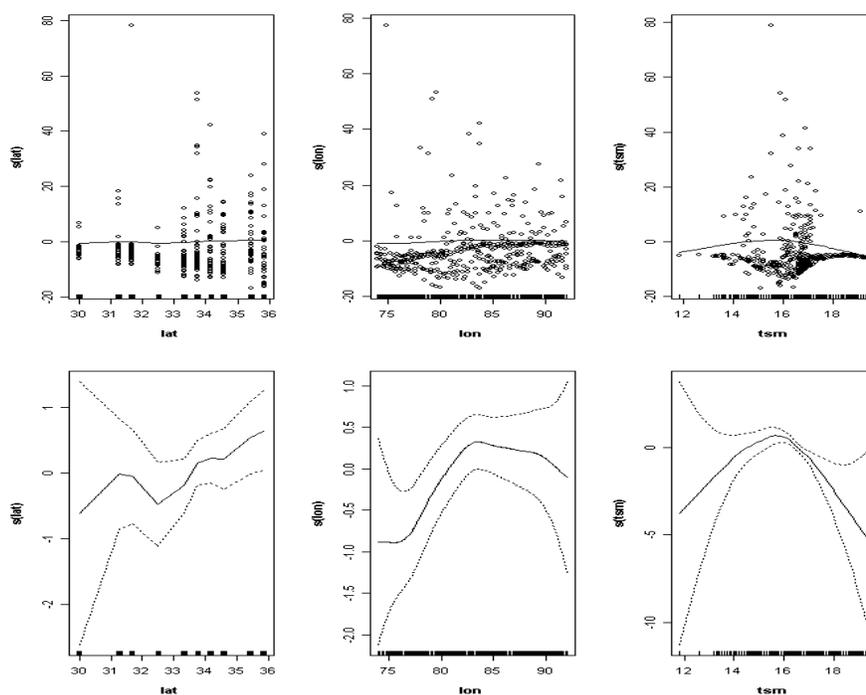


Figura 24. Densidad de huevos de jurel en relación a variables de posición y ambiental. Noviembre de 2007. Las bandas representan intervalos de confianza del 95%.

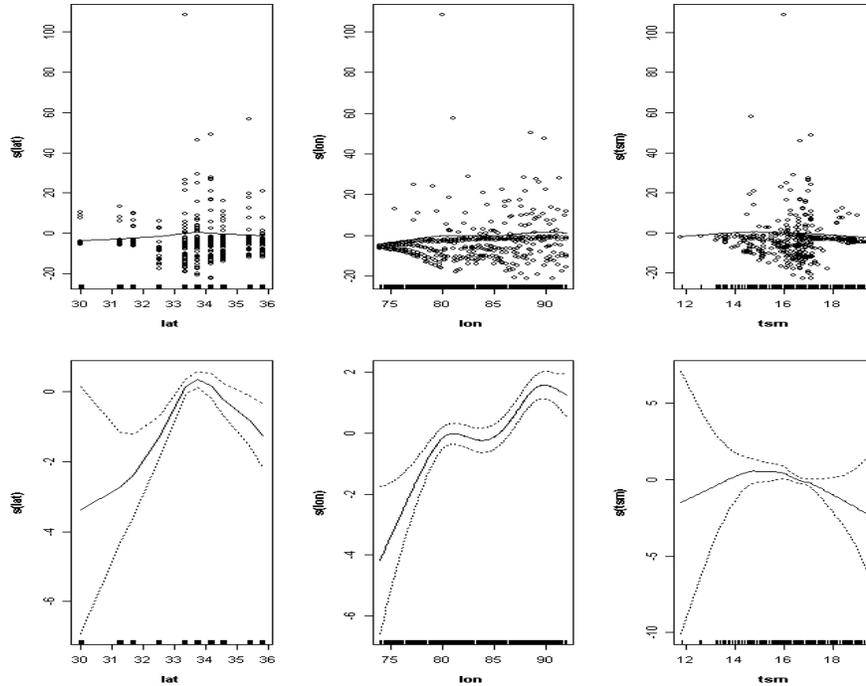


Figura 25. Densidad de larvas de jurel en relación con variables de posición y ambiental. Noviembre de 2007. Las bandas representan intervalos de confianza del 95%.

7.1.10 Rangos ambientales preferenciales

Para Noviembre de 2007, 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 explorar la existencia de diferencias preferenciales en la extensión del área de desove. Las cuatro zonas incluidas fueron: zona noroeste (83° - 92° W y 29° - 33° S), zona noreste (72° - 83° W y 29° - 33° S), zona suroeste (83° - 92° W y 33° - 37° S) y zona sur-este (72° - 83° W y 33° - 37° S). La **Tabla 11** muestra el resultado del análisis de rangos ambientales preferenciales (Perry & Smith 1994) para los cuatro cuadrantes precitados, 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 la ausencia de rangos ambientales para la temperatura en el área de desove frente a Chile central; en tanto que, para el caso de las larvas de jurel

se reportó para el cuadrante SW (región con las mayores concentraciones larvales en el área prospectada) un rango térmico preferencial entre los 14,7 y 16,8 °C (P= 0,0106).

Tabla 11. Resultados del análisis de rangos ambientales (Perry & Smith, 1994) para huevos y larvas de jurel (Noviembre, 2007), 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			LARVAS		
ZONA	PARÁMETRO	TSM	ZONA	PARÁMETRO	TSM
NW	S	0,030	NW	S	0,124
	P	0,103		P	0,443
	Rango	S/P		Rango	S/P
NE	S	0,557	NE	S	0,009
	P	0,109		P	0,142
	Rango	S/P		Rango	S/P
SW	S	0,079	SW	S	0,185
	P	0,473		P	0,010
	Rango	S/P		Rango	14,7-
SE	S	0,173	SE	S	0,245
	P	0,396		P	0,723
	Rango	S/P		Rango	S/P

7.2 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE JUREL

La información de campo obtenida en el crucero de evaluación ejecutado en Noviembre de 2007 fue procesada y analizada con el objeto de analizar la distribución espacial de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio. Previamente, se definió los focos de abundancia, siguiendo el enfoque geoestadístico transitivo independientemente para huevos y larvas de jurel.

7.2.1 Área de desove y polígonos de estimación

El área de estudio, definida como la superficie efectivamente evaluada, alcanzó una extensión de 414.250 mn² (**Figura 26**), lo que significa un incremento de sólo 5,7% respecto del área prospectada en Noviembre de 2006 (=391.755 mn²) y de un 16,2% respecto de Noviembre de 2005 (=356.320 mn²). El área de desove, calculada según la cuantificación de las sub-áreas que representan estaciones positivas alcanzó a 106.775 mn², siendo 20,2% menor que el área de desove observada en el año 2006 (=199.000 mn²), para aproximadamente el mismo período de evaluación (Noviembre).

Por otro lado, según el enfoque geoestadístico transitivo, para el caso de los huevos de jurel, se identificó 12 polígonos de estimación de la densidad (huevos 10m⁻²), que ocuparon una superficie de 107.382,3 mn² (**Tabla 12**), representando 26,8% del área total de evaluación, difiriendo sustancialmente de la proporción de área ocupada en Noviembre de 2006 (=54,7%, FIP 2006-05). Al respecto, cabe hacer notar que el área de desove por el enfoque geoestadístico es un 0,6% mayor, lo que se atribuye al proceso de suavizamiento de los bordes del polígono de estimación.

En el caso de las larvas de jurel, el área de distribución según el enfoque de las sub-áreas, alcanzó a 90.525 mn², lo que equivale a 23,1% del área estudiada, que además es

significativamente menor que la proporción de área ocupada en Noviembre de 2006 (=33,8%). Bajo el enfoque geoestadístico transitivo, el área de distribución de las larvas se encontró fragmentada en 17 polígonos de estimación con una superficie de 92.680,1 mn², un 2,4% mayor que en el caso anterior.

Tabla 12. Área (mn²) de los polígonos de estimación identificados para huevos y larvas de jurel en el área de estudio en noviembre de 2007 según el enfoque geoestadístico transitivo.

Polígono	Huevos	Larvas
1	417,6	417,8
2	367,5	417,4
3	367,5	417,0
4	2.446,4	418,2
5	417,8	417,6
6	417,4	406,7
7	12.172,9	1.095,8
8	367,5	1.265,4
9	15.540,0	417,5
10	71.052,8	417,7
11	2.662,7	2.548,1
12	1.152,1	68.092,2
13		14.482,5
14		563,3
15		467,3
16		417,2
17		418,0
Total	107.382,3	92.680,1

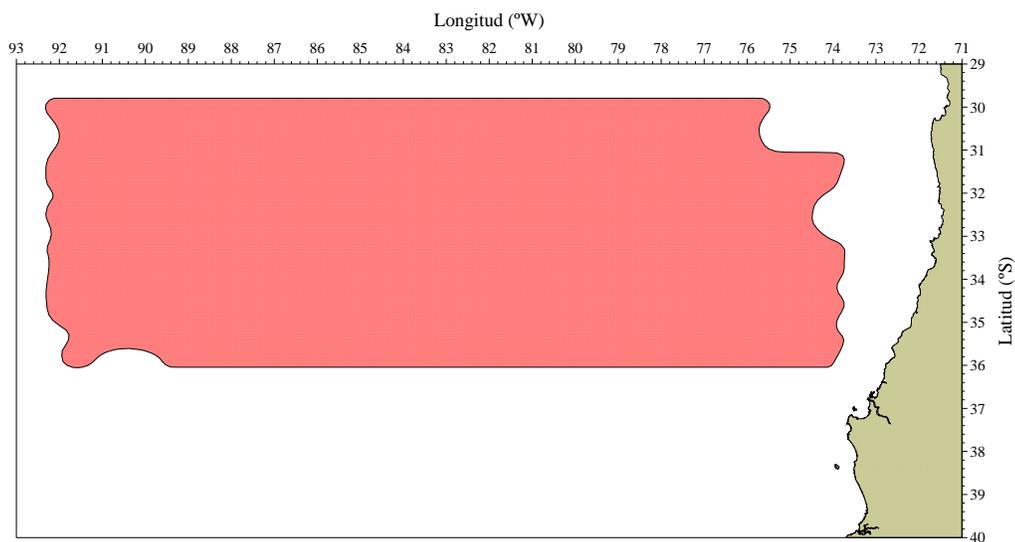


Figura 26. Mapa que representa la disposición espacial del área de estudio de la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de de jurel (*Trachurus murphyi*) en Noviembre de 2007.

7.2.2 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 exponencial, cuyos parámetros se entregan en la **Tabla 13**. El mismo análisis indica que la varianza no explicada por el variograma (**Figura 27**), alcanzó a 7,7%, considerado moderadamente bajo para este tipo de estudios. La distribución espacial de la densidad (huevos/10m²) de huevos de jurel se entrega a la forma de un mapa de contornos en la **Figura 28**.

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

Parámetros	Huevos	Larvas
Modelo	Exponencial	Esférico
Rango (mn)	159,268	394,301
Umbral (<i>sill</i>)	813,035	1.863,186
Efecto pepita (nugget)	67,926	349,595
SCR	149.329,9	1.041.252,9

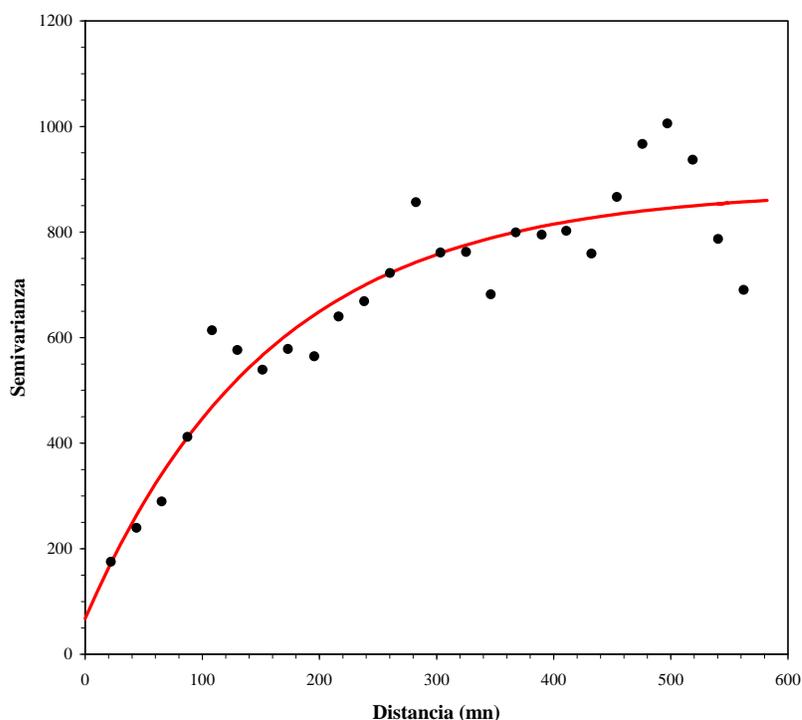


Figura 27. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de huevos de jurel (*Trachurus murphyi*, huevos/10m²) en el área de estudio en Noviembre de 2007.

Durante el crucero realizado en Noviembre de 2007 se observó una cobertura zonal amplia de huevos de jurel que se verificó claramente entre los 33°20'S y los 36°20'S, la que se mostró disminuida en sus densidades respecto de los años anteriores. En este crucero destacaron densidades de huevos comparativamente más altas (> 500 huevos 10 m⁻²) sólo

en la región nororiental ($31^{\circ}50'S$, $75^{\circ}W$) y hacia el sector central del área prospectada, esto es, entre los 79° y $82^{\circ}W$ y entre los $33^{\circ}50'$ y los $36^{\circ}S$. En el resto del área de estudio se verificaron densidades bajas, destacando la ausencia de núcleos de densidades altas en la región occidental del área prospectada (al Oeste de los $83^{\circ}W$), situación que difiere de los resultados informados para cruceros anteriores.

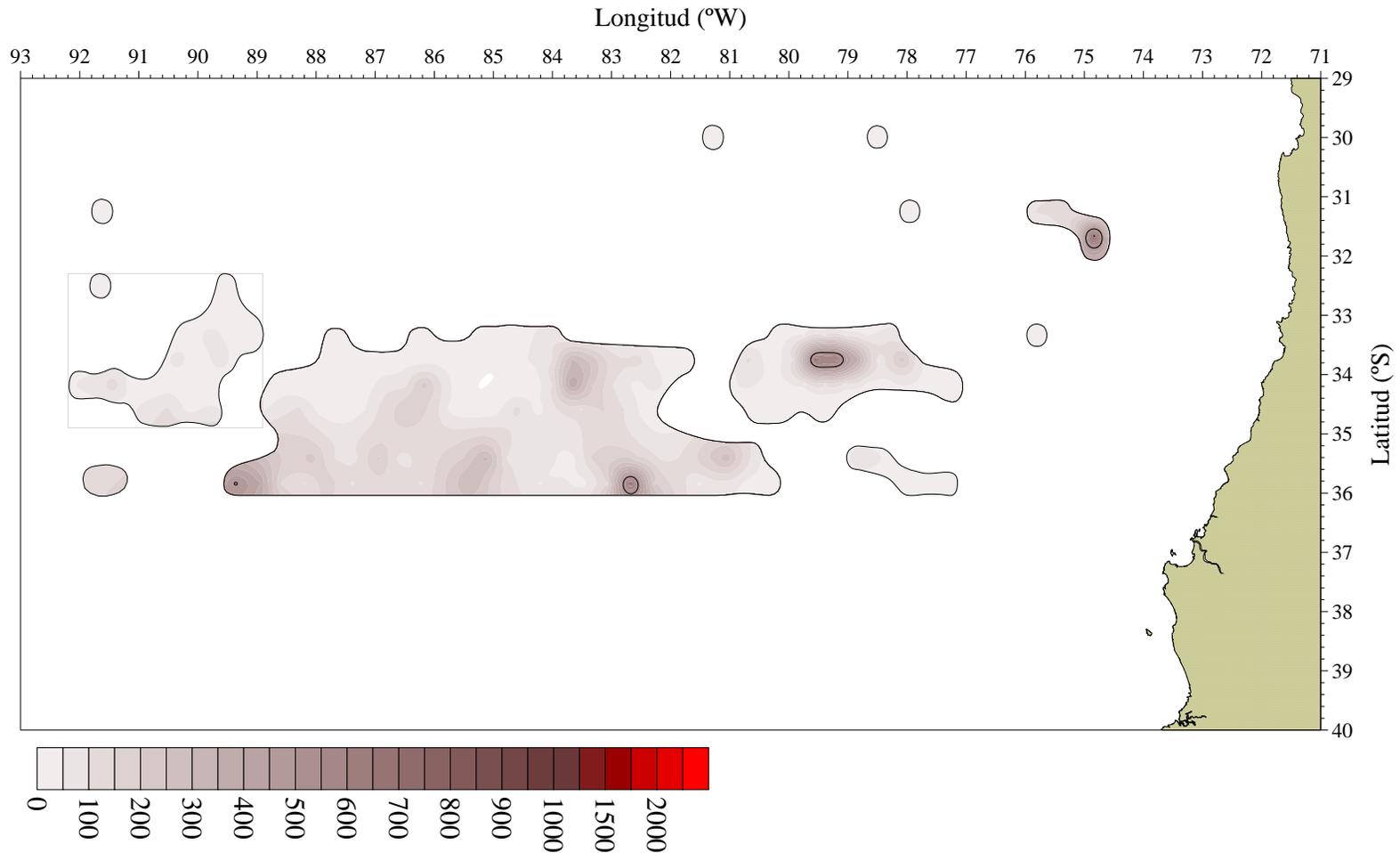


Figura 28. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de huevos (huevos/10m²) de jurel (*Trachurus murphyi*) en el área de estudio en Noviembre de 2007.

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 394 mn (**Tabla 14**). 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 14** (**Figura 29**).

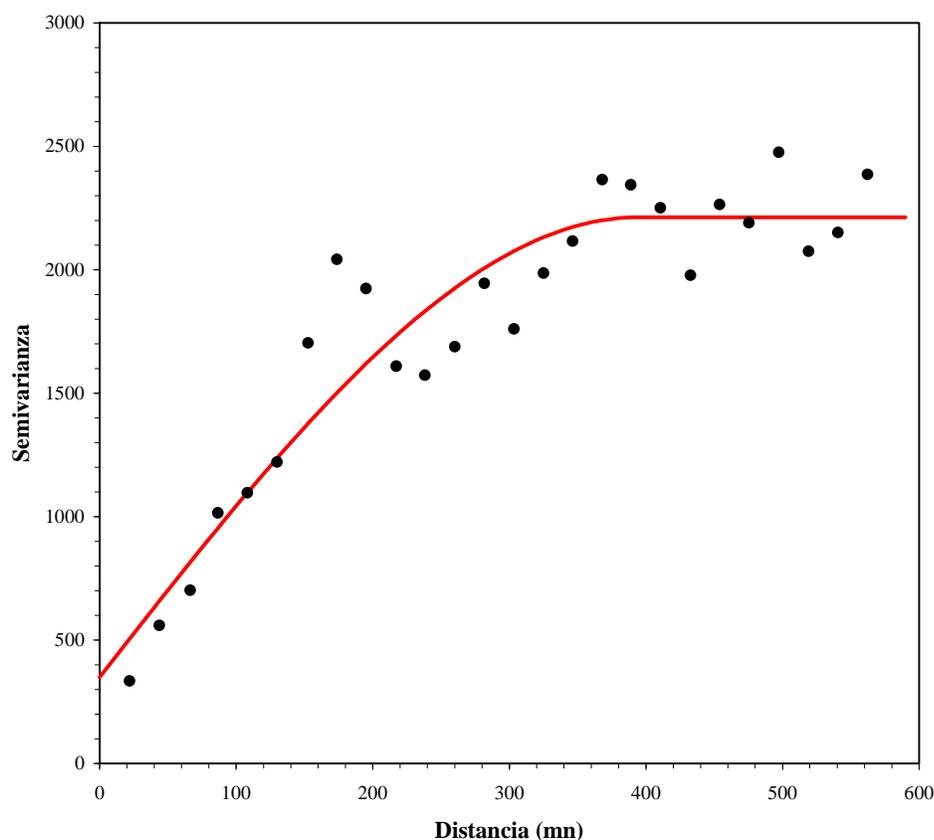


Figura 29. Variograma teórico (modelo esférico, línea roja) ajustado al variograma experimental (puntos) de la densidad de larvas de jurel (*Trachurus murphyi*, larvas 10m^{-2}) en la zona de estudio.

A diferencia de la distribución espacial de huevos, la distribución espacial de la densidad de larvas (larvas 10m^{-2}) se presentó más fragmentada, habiéndose identificado 17 focos de densidad (**Figura 30**), alcanzando en conjunto un área total de $92.680,1\text{ mn}^2$ (ver **Tabla 13**), menor que el área de distribución de huevos (15,9%), y equivalente a 23,1% del área de evaluación. La distribución espacial de larvas de jurel descrita para este crucero, reveló una cobertura espacial relativamente similar a la reportada para los huevos de la especie (entre los 33° y 36°S), pero claramente acotada hacia el sector occidental del área de estudio, evidenciando densidades de larvas de jurel comparativamente más altas (> 500 larvas 10 m^{-2}) al Oeste de los 88°W , a excepción de un pequeño núcleo situado en los 33°S y 80°W .

Las **Tablas 14 y 15** entregan los índices de abundancia de huevos y larvas de jurel para el período histórico de análisis (1997-2007). Para el caso de los huevos, en Noviembre de 2007 las estaciones positivas representaron un 26,5% de las estaciones 445 estaciones, constituyendo el porcentaje más bajo de la serie histórica, revelando una tendencia decreciente que se observa desde el año 2005. Los resultados de la densidad de huevos en las estaciones totales ($39,8$ huevos 10m^{-2}) y positivas ($150,2$ huevos 10m^{-2}) para este crucero fueron inferiores a lo reportado para el crucero del año 2006 y representan los valores de densidad más bajos para la serie histórica analizada. Para el caso de las larvas de jurel, las estaciones positivas representaron un 30,1% de las 445 estaciones realizadas, porcentaje levemente superior al reportado para el crucero del año 2006 y similar al del año 2003, no obstante es bajo al contrastarlo con los porcentajes reportados para los años 2000, 2001, 2004 y 2005. En este crucero, la densidad de larvas en las estaciones totales fue de $61,1$ larvas 10m^{-2} representando casi el doble de la densidad informada para el crucero de Noviembre de 2006, situación que fue igualmente válida para el caso de las densidad promedio de las estaciones positivas ($216,2$ larvas 10m^{-2}), que constituyó un valor superior a lo informado para los últimos 4 años (2003-2006). 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 31 y 32**, respectivamente.

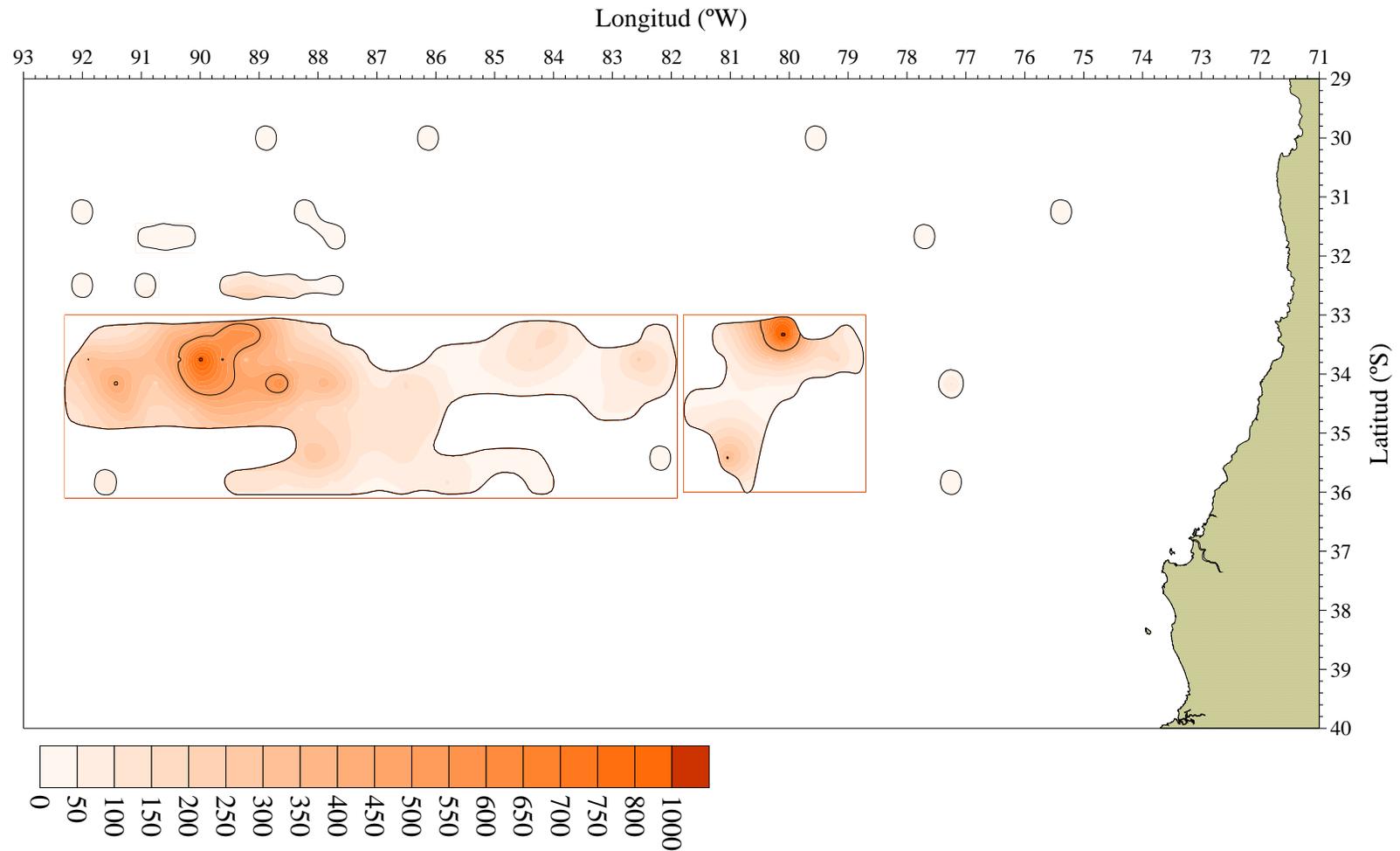


Figura 30. Diagrama de contorno (isolíneas) que representa la distribución espacial de la densidad de larvas (número/10m²) de jurel (*Trachurus murphyi*) en el área de estudio en Noviembre de 2007.

Tabla 14. Estadística de la distribución de huevos de jurel entre 1997 y 2007. 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
Estaciones	66	173	751	363	880	661	694	910	784	791	445
Est. positivas	34	125	546	212	660	478	419	658	326	308	118
%	51,5	72,3	72,7	58,4	75,0	72,3	60,4	72,3	41,6	38,9	26,5
D	108,5	317,9	561,7	266,3	444,2	640,2	132,0	373,5	98,4	111,3	39,8
Var(D)	506,9	1903,2	3618,6	400,9	413,9	1781,8	97,6	763,0	87,9	183,0	31,7
EE(D)	22,5	43,6	60,2	20,0	20,3	42,2	9,9	27,6	9,4	13,5	5,6
Dpos	210,6	440,0	772,6	455,9	592,2	885,8	218,7	516,6	236,7	285,8	150,2
Var(Dpos)	1938,1	3653,6	6550,4	1177,8	603,1	2956,0	222,6	1347,5	408,7	1046,8	311,8
EE(Dpos)	44,0	60,4	80,9	34,3	24,6	54,4	14,9	36,7	20,2	32,4	17,7
Dmin	26,2	30,1	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
FS	105,8	328,3	543,5	284,6	492,3	707,7	124,4	386,2	94,4	95,1	37,1
Var(FS)	682,9	3145,2	1736,0	893,6	847,2	3065,8	71,4	689,1	63,3	89,5	21,5
Pielou	312,9	1038,0	4629,3	547,7	672,2	1591,8	426,4	1716,4	562,8	1128,1	245,1
IP	2,481	3,357	6,991	2,199	2,133	2,796	2,945	4,321	3,373	4,944	2,625

Tabla 15. Estadística de la distribución de larvas de jurel entre 1997 y 2006. 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).

	1998	1999-d	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007
Total Stations	173	363	880	660	694	910	784	791	445
(+) Stations	101	207	678	503	270	483	367	205	134
%	58,4	57,0	77,0	76,2	38,9	53,1	46,8	25,9	30,1
Mean Density(D)	243,0	152,0	265,9	242,5	49,9	97,6	87,0	37,0	65,1
Var(D)	1130,5	134,7	149,4	164,1	19,2	43,9	45,1	16,1	103,7
Men Dpos	416,2	266,5	345,2	318,2	128,4	183,9	185,8	142,7	216,2
Var(Dpos)	3330,5	415,0	211,3	234,7	89,8	122,9	155,9	166,5	904,4
Dpos(max)	2802,6	2157,4	3395,3	2864,8	1379,3	1697,7	2122,1	1379,3	2723,3
Patchiness Index	2,939	2,206	2,200	2,163	2,463	2,749	2,652	2,670	3,589

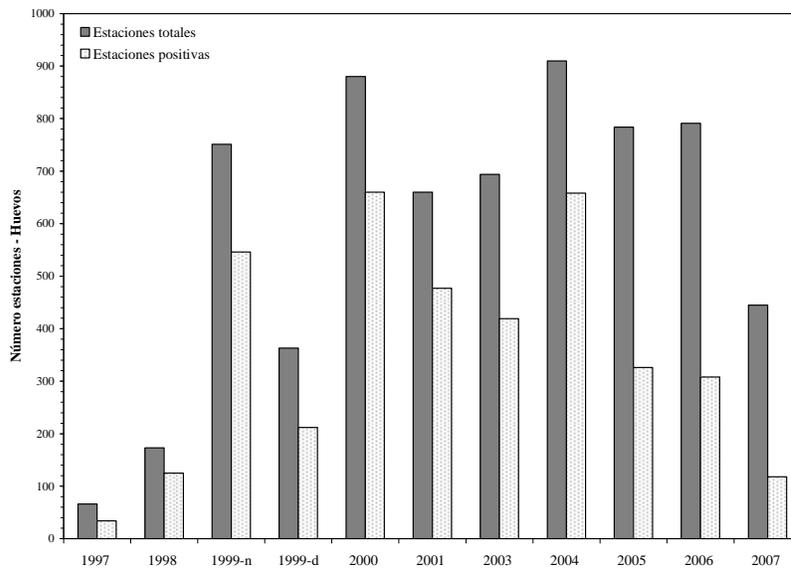


Figura 31. Cambios interanuales de las abundancias de huevos de jurel considerando las estaciones positivas y totales. Período 1997-2007.

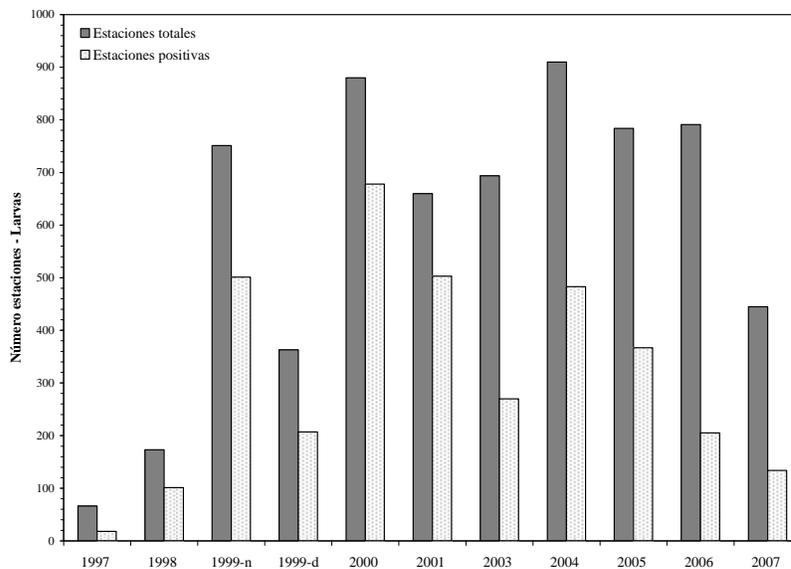


Figura 32. Cambios interanuales de las abundancias de larvas de jurel considerando las estaciones positivas y totales. Período 1997-2007.

7.3 PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD INSTANTÁNEA

7.3.1 Distribución de estadios de desarrollo

En la **Figura 33**, se presenta la distribución de huevos de jurel por estadio de desarrollo, para toda la serie histórica (1999-2007), 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.

En relación al año 2007, se verificó una tendencia un tanto distinta, observándose que además del importante aporte de los estadios 3,5 y 6, los estadios más avanzados de desarrollo aportaron con cerca del 40 % de la abundancia total (VIII-IX-X-XI), situación no observada en años anteriores. Las abundancias reportadas el año 2007 son las más bajas de la serie, con valores máximos de los estadios más abundantes, que no superaron los 3.000 huevos en 10 m².

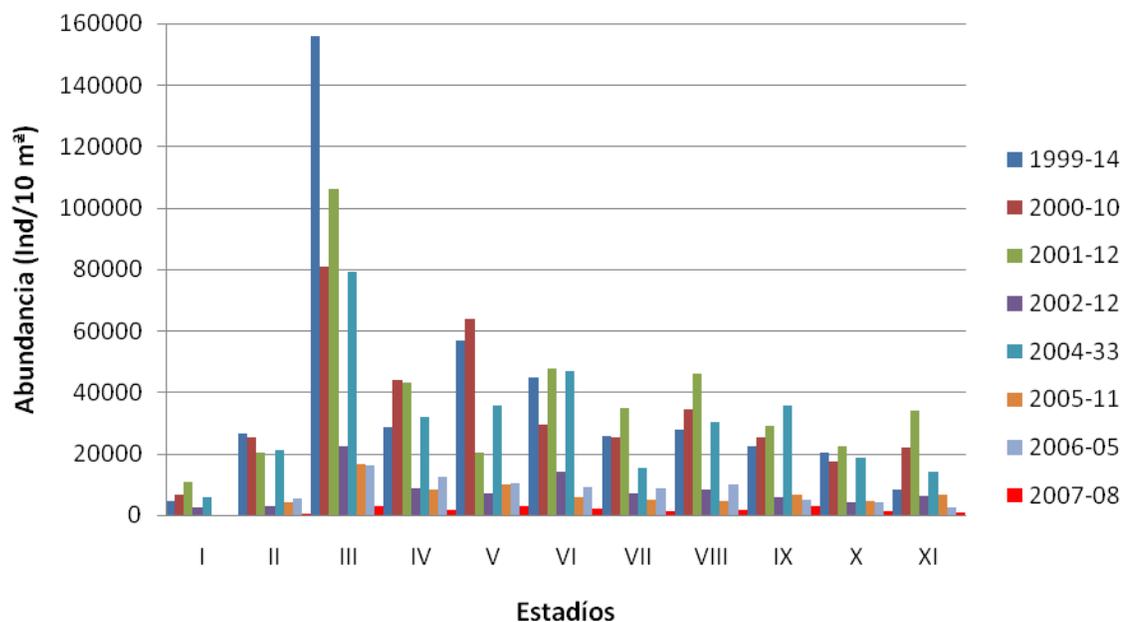


Figura 33. Abundancia de huevos de jurel agrupados por estadio de desarrollo.

7.3.2 Producción diaria de huevos y mortalidad

a) Estimación tradicional (regresión no-lineal)

Para el año 2007, la producción diaria de huevos fue de 35.6 ind/10m², valor inferior al reportado el año 2006 en un 75.9 %, siendo además la producción más baja de toda la serie analizada, no comparable con ningún otro año de estudio (**Tabla 20**). Al revisar la serie histórica, se verifica que este parámetro ha presentado grandes fluctuaciones, siendo las producciones de los años 1999-2001 las más altas de la serie. Destaca el año 1999, en donde se observó el valor más alto (Po (ind/10 m²): 652,7). El período 2003-2006, presenta valores intermedios, con un rango de valores que van desde valores cercanos a los 92 ind/10 m² a los 273 ind/10 m²

En la **Tabla 20**, se presenta un resumen estadístico de la producción diaria de huevos y la tasa instantánea de mortalidad para el año 2007 y su comparación con los años anteriores.

En relación a las tasas de mortalidad reportadas para el período 1999-2007, se observa una alta variabilidad, con un rango de valores que van desde los 0,19 día⁻¹ para el año 2007, hasta los 0.67 día⁻¹ en el año 1999. La tasa de mortalidad instantánea del año 2007 es baja en comparación con los años anteriores, reflejando que cerca del 17.3% de los huevos de jurel muere diariamente, lo cual podría deberse al importante aporte de edades más viejas en la estimación de Po.

Tabla 16. Estimación de la Producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad asociada.

Años	Po (ind/10m ²)	CV	95 % L C	Z (d ⁻¹)	CV	95% L C	Area desove (km ²)
1999	652.7	14.5	519.8 - 1021.5	0.67	25.37	0.99 - 0.48	663746
2000	491.6	6.9	437.8 - 566.1	0.64	12.97	0.77 - 0.53	823077
2001	462.2	9.4	386.1 - 577.3	0.32	25.62	0.46 - 0.20	600320
2003	92.0	11.3	74.9 - 119.4	0.38	26.32	0.55 - 0.24	647967
2004	273.2	10.3	228.1 - 352.0	0.28	31.78	0.44 - 0.16	1054352
2005	99.4	12.9	77.0 - 138.5	0.40	26.10	0.54 - 0.24	773602
2006	147.9	16.9	116.5 - 197.4	0.42	35.32	0.63 - 0.26	682550
2007	35.6	27.9	23.4 - 50.7	0.19	3.61	0.05 - 0.45	544583

7.3.3 Estimaciones alternativas de la producción diaria de huevos

En la **Figura 34** se presentan las abundancias por cohorte de huevos de jurel para los tres modelos de asignación de edad. Se observa que en general no existen grandes diferencias en la asignación de edad a las cohortes, siendo la duración del desarrollo de los huevos de jurel cercano a los tres días para las temperaturas más altas observadas en el crucero.

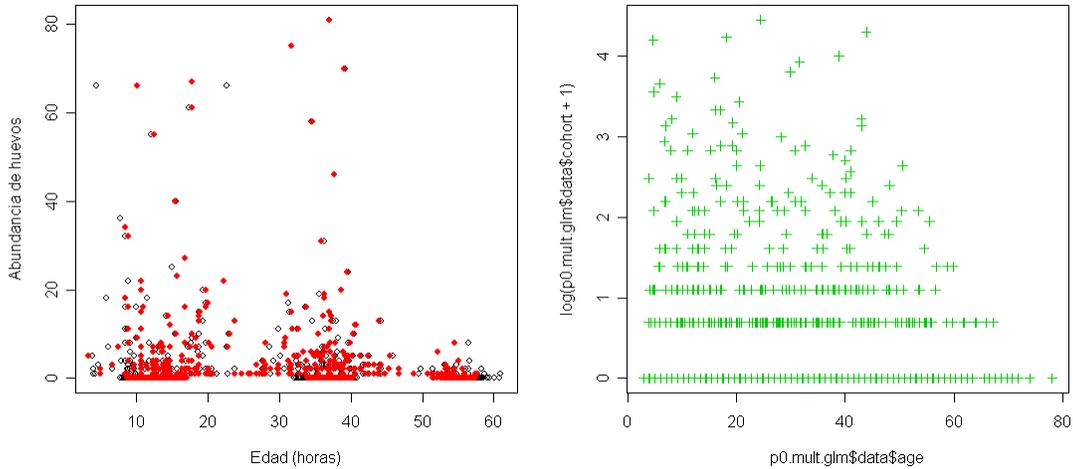


Figura 34. Abundancia de huevos de jurel clasificadas por cohortes a) Puntos negros: Modelo Lo+ GLM - Puntos Rojos: Generalización No paramétrica Modelo Lo + GLM. b) GLM + Modelo multinomial

En relación a las estimaciones de P_0 mediante metodologías alternativas, se verifica que en general todos los modelos son similares entre sí en términos de magnitud, sin embargo todas las estimaciones alternativas tienen a subestimar la estimación tradicional de P_0 . Sin embargo, cabe señalar que las estimaciones realizadas mediante modelos lineales generalizados (GLM) presentan coeficientes de variación menores, lo cual da un indicio de que el ajuste mediante este método es un tanto mejor que la estimación mediante modelos no lineales. Se realizará una reestimación de P_0 para toda la serie histórica empleando GLM con la finalidad de tener un mejor ajuste de este parámetro en aplicaciones futuras (Tabla 17).

Tabla 17. Estimación de P_0 y Z , mediante metodologías alternativas.

Método	Po	E.S	C.V.
nls Modelo Lo	35.65	9.93	27.85
nls Modelo Gen Lo	26.41	19.63	74.33
GLM Modelo Lo	27.03	6.28	23.24
GLM Modelo Gen Lo	24.21	5.77	23.84
GLM Modelo Multinomial	24.81	5.02	20.21

7.4 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 la baja disponibilidad del recurso explicada en el punto 6.1, esta actividad fue cumplida en sólo un 45%, además de que el PAM Don Tito no contaba con las condiciones necesarias para realizar lances de pesca y el PAM Rapanui tuvo problemas mecánicos que le impidieron terminar con éxito las actividades encomendadas en el crucero.

Se realizaron un total de 18 lances de pesca, siendo en su mayoría realizados de manera protocolar, esto es, sin ningún tipo de avistamiento. Del total de estos lances, sólo 4 fueron positivos (22%), los cuales presentaron capturas inferiores a los 55 kilos (**Tabla 18**).

La distribución espacial de estos lances se presenta en la **Figura 35**, en donde se observa que a pesar de la baja cantidad de lances realizados, estos comprendieron de buena forma el área de estudio. Con respecto a los lances positivos, estos fueron realizados en el sector más costero, esto es, entre los 75 y los 82°W.

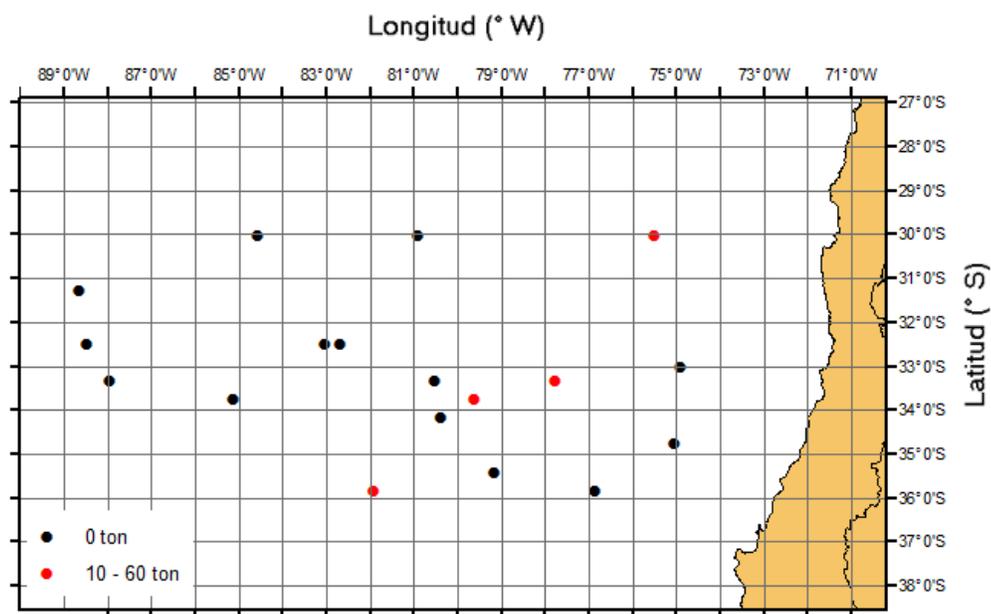


Figura 35. Distribución espacial de los lances de pesca, crucero 2007.

Tabla 18. Resumen de los lances de pesca realizados durante el crucero de 2007.

Correlativo	Barco	Nº Lance	DD	MM	AA	Hora	Latitud	Longitud	Captura (ton)
1	Ranquihue	1	27	11	2007	10:59	3410	8023	0
2	Ranquihue	2	30	11	2007	21:34	3115	8838	0
3	Matias	1	25	11	2007	20:01	3445	7504	0
4	Matias	2	26	11	2007	18:14	3345	7938	0.01
5	Matias	3	27	11	2007	21:15	3345	8508	0
6	Matias	4	1	12	2007	18:32	3550	8154	0.01
7	Matias	5	2	12	2007	18:30	3550	7651	0
8	San José	1	26	11	2007	17:10	3319	7746	0.05
9	San José	2	27	11	2007	7:45	3319	8032	0
10	San José	3	28	11	2007	19:26	3320	8757	0
11	San José	4	1	12	2007	19:23	3000	8434	0
12	San José	5	2	12	2007	15:30	3001	8055	0
13	San José	6	3	12	2007	19:25	3000	7530	0.02
14	San José	7	8	12	2007	14:25	3300	7456	0
15	Rapanui	1	27	11	2007	18:50	3524	7910	0
16	Rapanui	2	1	12	2007	17:06	3230	8828	0
17	Rapanui	3	2	12	2007	18:40	3230	8301	0
18	Rapanui	4	2	12	2007	21.15	3230	8242	0

7.4.1 Estructura de tallas

Debido al bajo número de ejemplares capturados, sólo es posible reportar la estructura de tallas de manera general, sin separar por sexos. La estructura de tallas de jurel, fue analizada para 112 ejemplares (**Figura 36**).

La composición por tallas de este crucero, reveló un rango de tallas que va desde los 29 hasta los 55 cm de LH. Producto del bajo número de ejemplares, no es posible determinar una moda principal, sólo indicar a manera de referencia, que la longitud promedio es de 42,6 cm de LH. No se reportaron ejemplares bajo talla mínima legal (> 26 cm de LH).

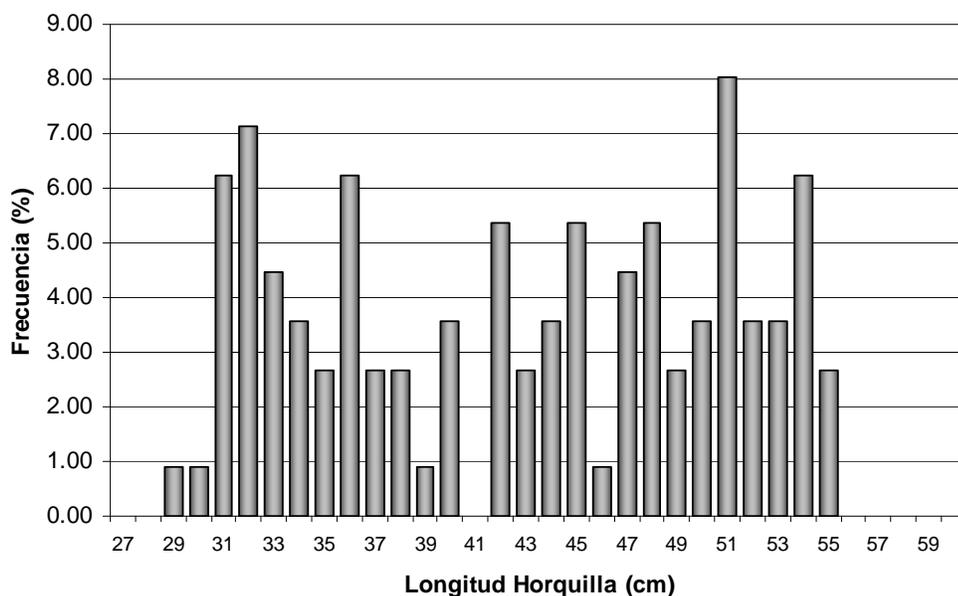


Figura 36. Distribución de frecuencia de tallas de jurel durante el crucero de 2007.

7.4.2 Estados de madurez sexual macroscópicos

En relación con la proporción de los diferentes estados de madurez sexual macroscópica (EMMA), se dispuso de sólo 61 hembras, en las cuales se observó el predominio del estado de madurez maduro (E3) con el 93,4 %. El estado de madurez hidratado (E4) sólo registró un 6,5 %. No se reportaron otros estados de madurez, producto probablemente, del bajo número de ejemplares (**Figura 37**).

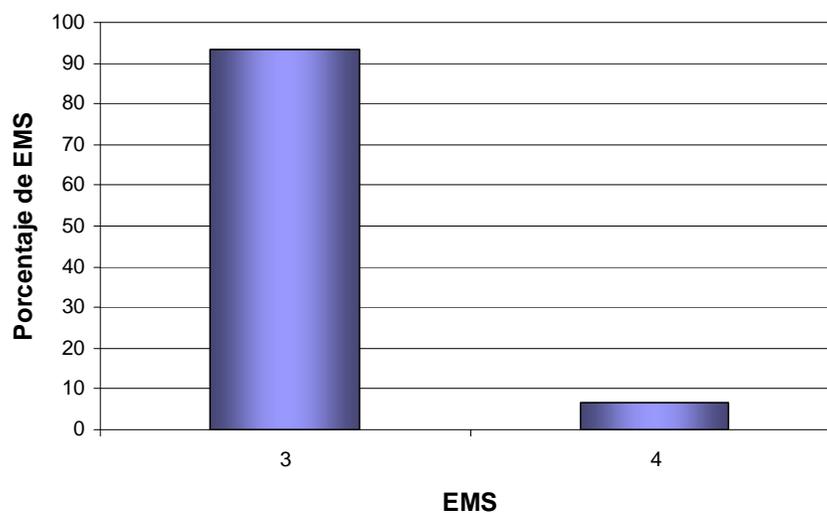


Figura 37. Frecuencia porcentual de los estados de madurez sexual macroscópica, para el total de la muestra aleatoria, crucero 2007.

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

7.5 CARACTERIZACION DE LAS AGREGACIONES DE JUREL

7.5.1 Distribución espacial Batimétrica

En el área explorada en el presente crucero y que corresponde solamente a la macrozona norte del área tradicionalmente investigada en este estudio, se detectó un bajo número de agregaciones predominando los ecotrazos con niveles de abundancia de clase “baja”, presentándose estas principalmente en la macrozona norte costera, en tanto las mayores densidades de jurel caracterizadas por abundancias tipo “media”, fueron bastante escasos, localizándose estas en la misma macrozona (**Figura 38**) Esta distribución espacial no mostró zonas importante de concentración del recurso (stock parental), más bien focos puntuales de abundancia medias con un bajo número de ocurrencia.

Al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con los realizados en la macrozona norte en años anteriores, se puede destacar la baja presencia de agregaciones de abundancia del tipo “baja” y “media” así como también la ausencia de registros de alta abundancia tanto para la macrozona norte costera como oceánica, siendo importante además destacar la inexistencia de áreas o sectores de concentración de agregación del recurso, las cuales se detectaban normalmente en cruceros anteriores realizados en el mismo periodo (noviembre – diciembre).

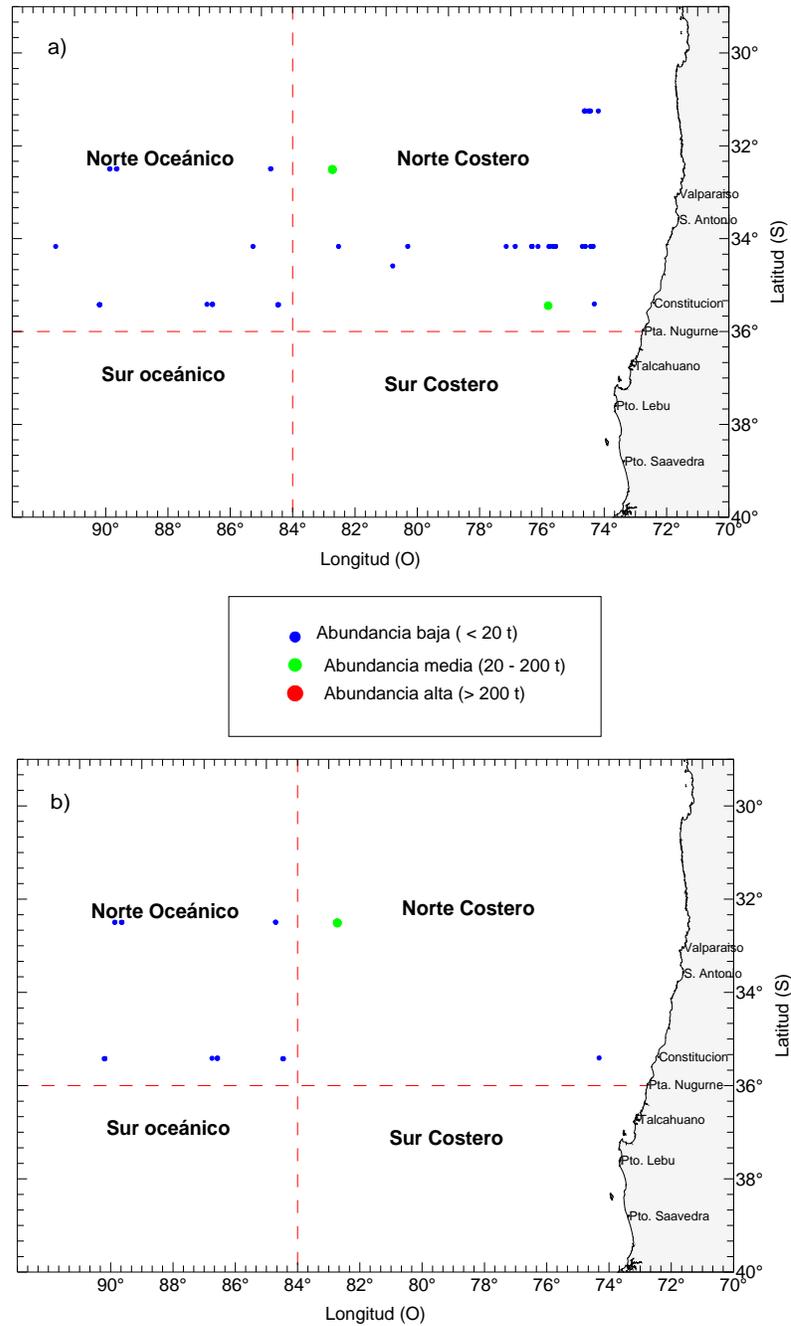


Figura 38. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por: a) ecosonda y b) sonar en la zona de estudio, noviembre – diciembre, 2007.

7.5.2 Índice del nivel de abundancia de las agregaciones

Para la zona norte costera se estimó un índice de nivel de abundancia de las agregaciones de 1,00 lo cual estaría indicando la presencia de sólo registros de baja abundancia, para el caso del área costera este índice alcanzó a 1.11, estando asociado este mayor valor a la presencia de cardúmenes de abundancia media, que aportaron con un 11,4 % al total de agregaciones detectadas (**Tabla 19**).

Tabla 19. Número de agregaciones por nivel de abundancia por macrozona

Nivel abundancia agregación	Norte costero		Norte oceánico	
	N° agregaciones	%	N° agregaciones	%
1 (< a 20t)	31	88,6	18	100
2 (21 a 200t)	4	11.4	-	
3 (> 200t)	-		-	

7.5.3 Índice de Cobertura

En los 10 transectos realizados en la ecoprospección, se registraron un total de 8.223 UBM de las cuales en 32 se detectaron registros de jurel, determinándose un índice de cobertura (IC) para la zona total de 0,39%, alcanzando valores de 0,28% en la macrozona norte costera (74° 00' W- 84° 00' W) y 0,11%, en la norte oceánica (84° 01' W -92° 00' W) (**Figura 39 y Tabla 20**).

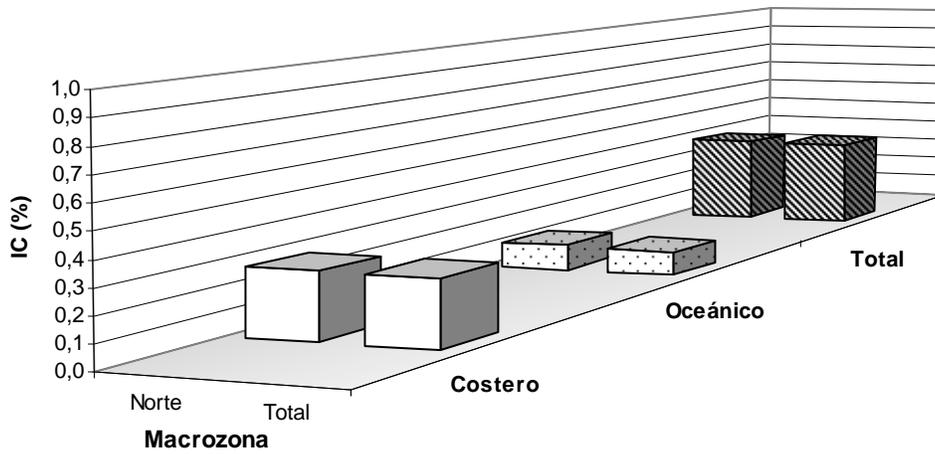
Al comparar los valores de IC obtenidos en el presente estudio con los detectados en los años anteriores para la macrozona norte, se puede destacar que los valores más altos del índice de cobertura en el presente estudio se detectaron en la zona norte costera (IC=0,28%) (**Tabla 20**), situación similar a la registrada en 2000 y 2006, sin embargo en los años 2001, 2003 y 2004 los más altos valores de IC se detectaron en la zona norte oceánica, en tanto que en 1998, 1999 y 2005 se detectó en la macrozona sur.

Tabla 20. 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, 2007.

Sector	Índice de cobertura (%)					
	Abundancia	Cardúmen	Estrato	Disperso	Individual	Total general
Norte - costero	Baja	0,00	0,00	0,01	0,26	0,27
	Media	0,00	0,00 ⁽¹⁾	0,01	0,00	0,01
	Alta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Norte Costero		0,00	0,00	0,02	0,26	0,28
Norte - Oceánico	Baja	0,01	0,00	0,00	0,10	0,11
	Media	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Alta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Norte Oceánico		0,01	0,00	0,00	0,10	0,11
Sur - Costero	Baja	-	-	-	-	-
	Media	-	-	-	-	-
	Alta	-	-	-	-	-
Total Sur - Costero		-	-	-	-	-
Sur - Oceánico	Baja	-	-	-	-	-
	Media	-	-	-	-	-
	Alta	-	-	-	-	-
Total Sur Oceánico		-	-	-	-	-
Total Zona	Baja	0,01	0,00	0,01	0,36	0,38
	Media	0,00	0,00 ⁽¹⁾	0,01	0,00	0,01
	Alta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total general		0,01	0,00	0,02	0,36	0,39

(1) Menor a 0,001

a) Índice de cobertura para la macrozona norte



b) Índice de cobertura por nivel de abundancia de las agregaciones para la macrozona norte

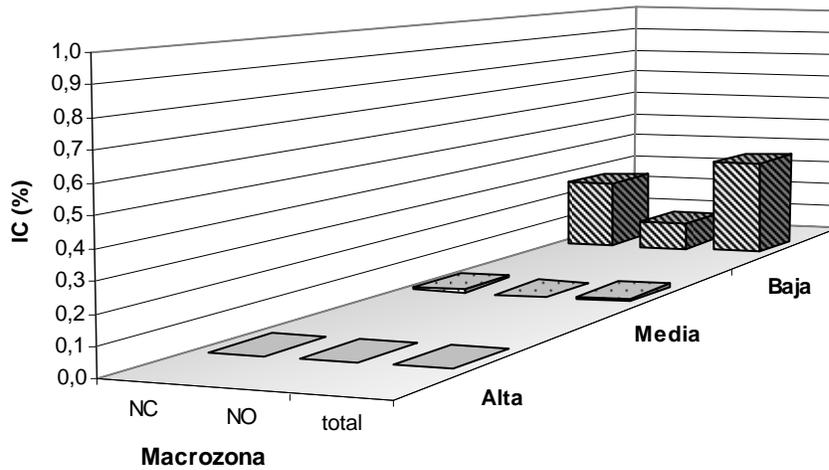
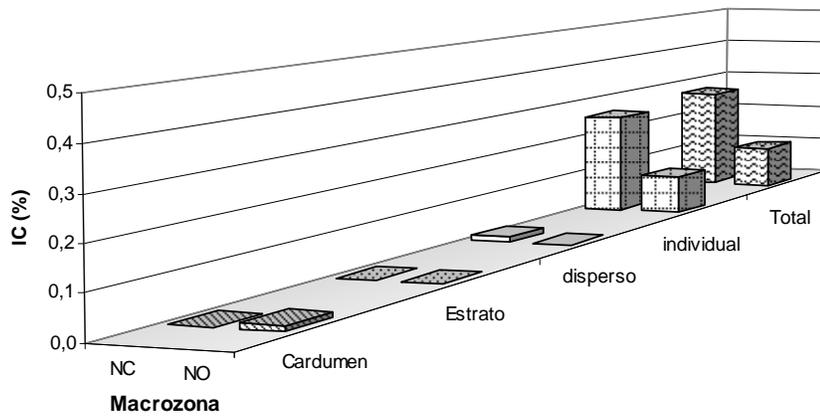


Figura 39. Índice de cobertura por nivel de abundancia de las agregaciones para la macrozona norte, noviembre – diciembre, 2007

Respecto a la tipología de abundancias registradas en la zona de estudio, al igual que en años anteriores los niveles de abundancia baja alcanzaron los mayores valores de IC (0,38%), seguido por la abundancia regular con un 0,01%, no detectándose ecotrazos de abundancia alta (**Figura 39 b**).

Para los registros de abundancia baja, el mayor IC se observa en el sector norte costero, sustentado por los ecotrazos individual y con menor aporte el disperso. Para la abundancia media solo se detectan ecotrazos en el sector norte costero con un valor de IC de 0,01 sustentado por los ecotrazos del tipo disperso (**Figura 40**).

a) Distribución de ecotrazos de abundancia "baja" para la macrozona norte



b) Distribución de ecotrazos de abundancia "media" para la macrozona norte

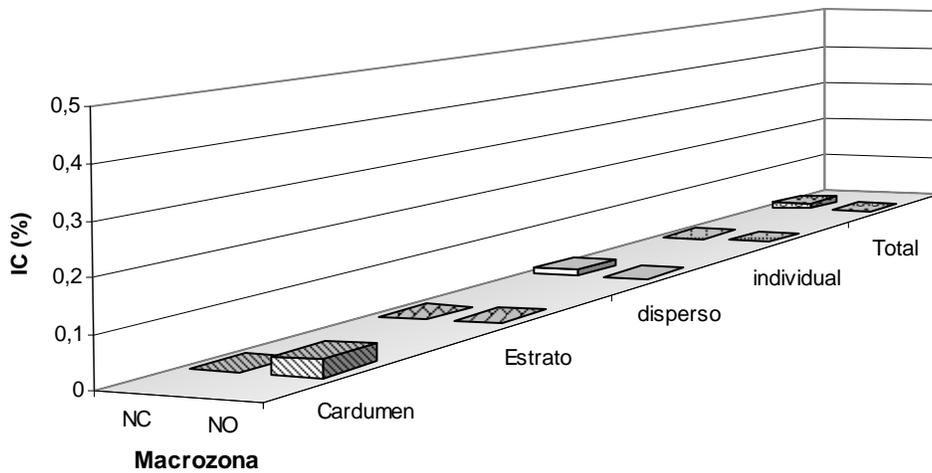


Figura 40. Índice de cobertura para la macrozona norte (costera y oceánica) por tipo de ecotrazo para la abundancia baja y media, noviembre – diciembre, 2007.

Distribución de ecotrazos para la macrozona norte

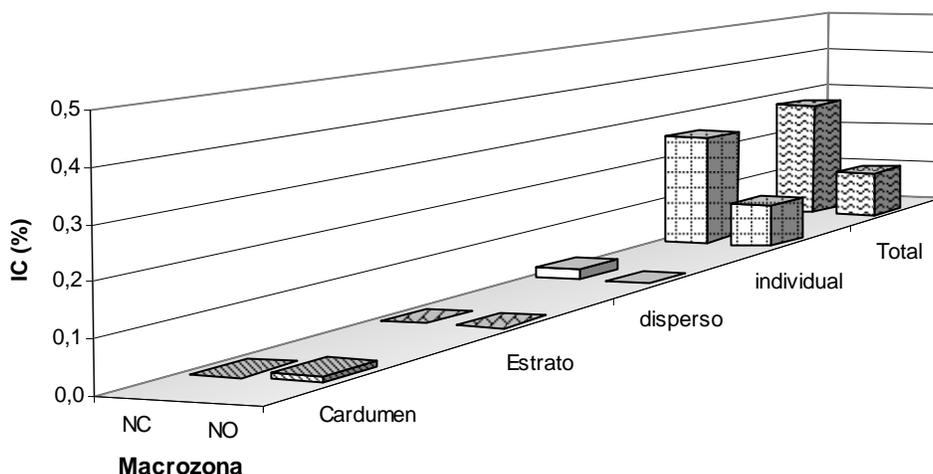


Figura 41. Índice de cobertura para la macrozona norte (costera y oceánica) por tipo de ecotrazo, noviembre – diciembre 2007.

7.5.4 Índice de presencia de ecotrazos

Durante el crucero donde se prospectó sólo la zona norte del área de estudio histórica, se detectaron 53 agregaciones de jurel de las cuales el 66,04% (35) se localizaron en la macrozona norte costera y el 33,96% (18) en la zona norte oceánica (**Tabla 20**).

El análisis de las agregaciones presentes por cada milla náutica lineal, medido a través del índice de presencia de ecotrazos (IPE), indica un mayor índice en el sector norte costero con un valor de 0,008 agregaciones por milla náutica lineal y 0,005 en el sector norte oceánico (**Tabla 21**), resultado que es coincidente con lo detectado a través del índice de cobertura (**Figura 39, 40 y 41**).

Tabla 21. Número de agregaciones presentes por milla náutica lineal (IPE) y número de agregaciones totales presentes por macrozona, noviembre- diciembre, 2007.

	I P E (N° agregaciones/ milla náutica lineal)		N° de Agregaciones por zona	
	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico
Macrozona Norte	0,008	0,005	35	18
Macrozona Sur	-	-	-	-
Total macrozonas	0,008	0,005	35	18
Total Zona	0,01		53	

El total de las agregaciones estuvo conformada en un 17% por Clusters complejo (CC) y en un 83% por Clusters simple (CS). El sector norte costero presentó el mayor porcentaje de agrupaciones simples con un 60,4% y el mayor número de agrupaciones complejas en el sector norte oceánico con un 11,3%. En cuanto a los niveles de abundancia los porcentajes de Clusters simple fluctuaron entre 3,8% para clase “media” y 79,2% para clase “baja” y para clusters complejos se observó un máximo de 13,2% para clase “baja”, 3,8% para la “media”, sin detectarse agregaciones para el nivel de abundancia alta (**Tabla 22**).

7.6 Distribución batimétrica en el ciclo de 24 horas

7.6.1 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 período de un día, para la prospección realizada en la macrozona norte se presentan en las **Figuras 42**.

Las agregaciones o ecotrazos se distribuyeron desde la superficie hasta los 120 m de profundidad, durante el ciclo de 24 horas. Esta distribución en profundidad es sustentada principalmente por el aporte de la abundancia “baja” y agregación tipo “individual” (**Figura 42**).

En relación al ciclo diario, las abundancias “baja” estuvieron presentes las 24 horas, en cambio la clase “media” estuvo presente escasamente durante el periodo nocturno (**Figura 42**), en tanto la abundancia “alta” no presentó registros durante la prospección. En este sentido, es importante indicar que las agregaciones de jurel tipo individual se observaron entre las 6 a 22 horas y fueron las más frecuentes durante el periodo de estudio (**Figura 42**).

En general se destaca el bajo número de avistamientos de ecotrazos principalmente para el tipo cardumen, estrato y disperso. La mayor profundidad de los ecotrazos de abundancia “baja”, se explica por la amplia distribución batimétrica del tipo de agregaciones “individual”, las cuales alcanzan una profundidad máxima de 120 m. Es importante señalar que las agregaciones de tipo cardumen muestran una tendencia a ubicarse en aguas más someras durante el período de máxima oscuridad, no sobrepasando los 30 m de profundidad (**Figura 42**).

Tabla 22. Clusters simples (CS) y Clusters complejos (CC) por: a) macrozona, b) nivel de abundancia y c) tipo de agregación, noviembre - diciembre 2007.

a)

Sector	Clusters				
	CC	CS	Total general	% CC	% CS
Norte - Costero	3	32	35	5,7	60,4
Norte - Oceánico	6	12	18	11,3	22,6
Sur - Costero	-	-	-	-	-
Sur -Oceánico	-	-	-	-	-
Total	9	44	53	17,0	83,0

b)

Abundancia	Clusters				
	CC	CS	Total general	% CC	% CS
Baja	7	42	49	13,2	79,2
Regular	2	2	4	3,8	3,8
Buena	0	0	0	0,0	0,0
Total	9	44	53	17,0	83,0

c)

Agregación	Clusters				
	CC	CS	Total general	% CC	% CS
Cardumen	0	1	1	0,0	1,9
Estrato	2	2	4	3,8	3,8
Disperso	2	4	6	3,8	7,5
Individual	5	37	42	9,4	69,8
Total	9	44	53	17,0	83,0

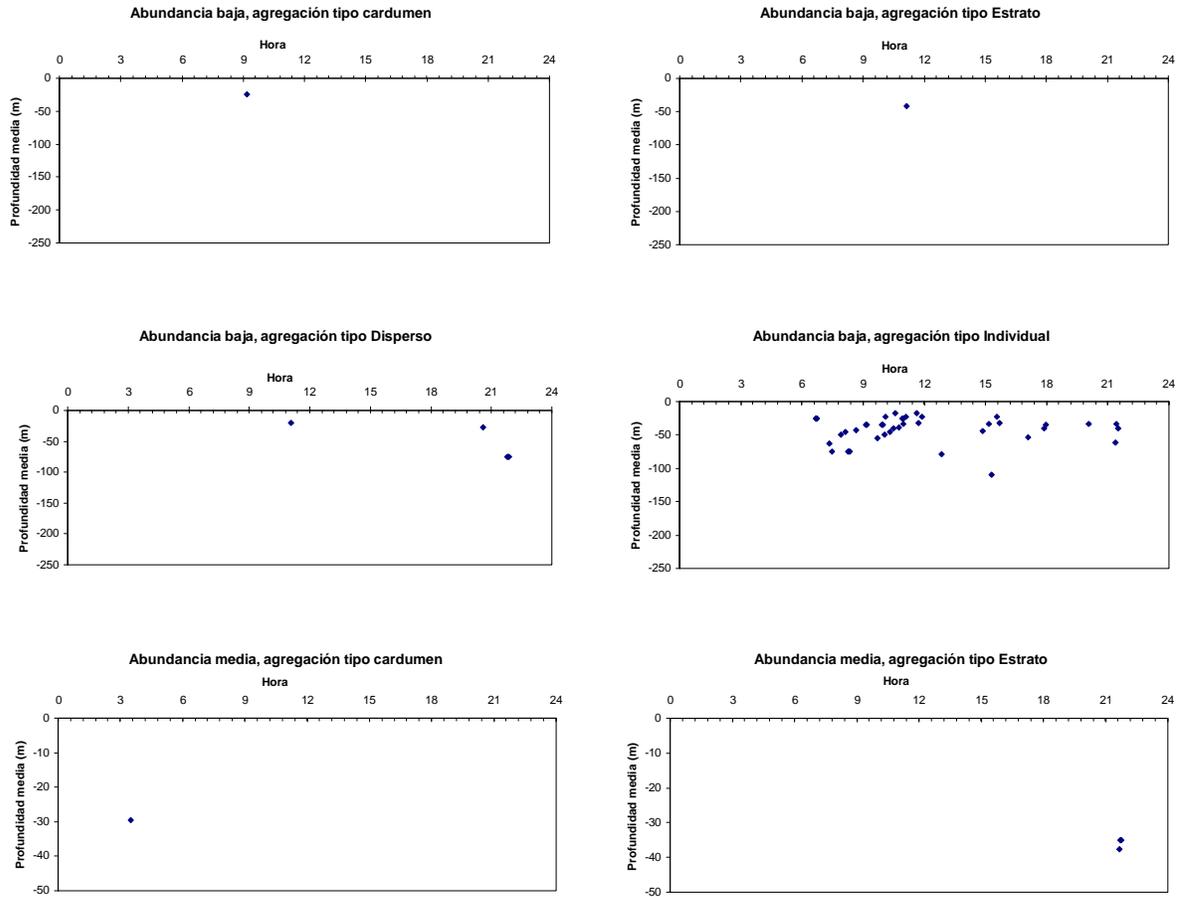


Figura 42. Distribución de profundidad media de los ecotrazos en el ciclo de 24 horas por nivel de abundancia (baja y media) y tipo de agregación, noviembre – diciembre, 2007.

7.6.2 Distribución de profundidad media de los ecotrazos por periodo del día, tipo de ecotrazo y abundancia

La distribución batimétrica del jurel en relación a la abundancia durante los periodos del día (crepúsculo, día, noche y orto) muestran al jurel cercano a la superficie durante la noche y a mayor profundidad durante el crepúsculo y a una profundidad intermedia entre estas en el día y el ocaso (**Figura 43**).

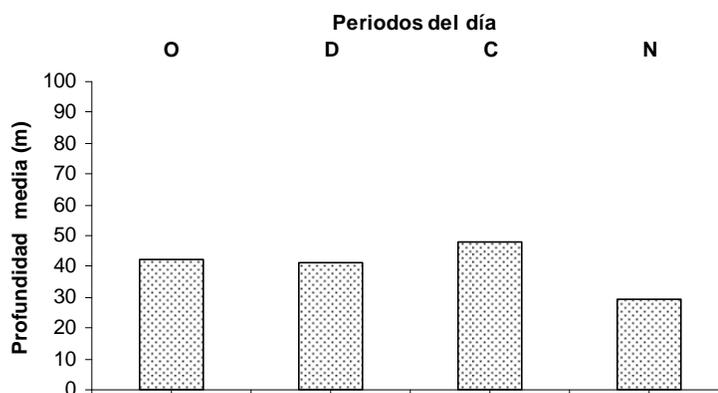


Figura 43. Distribución batimétrica del jurel por periodos del día Crepúsculo (C), Día (D), Noche (N), Orto (O) por tipo de ecotrazo, noviembre – diciembre 2007.

Un comportamiento gregario característico de las especies pelágicas como jurel es formar agregaciones tipo individual y disperso durante el día y en la noche del tipo cardumen y estratos, sin embargo los resultados obtenidos en el crucero reportan un fuerte predominio de los registros del tipo individual durante el orto y el día, para luego disminuir el crepúsculo y presentarse registros dispersos los cuales llegan a su máximo valor en la noche (**Figura 44**), resultados que difieren de los obtenidos en noviembre del 2006 donde los registros dispersos e individuales fueron predominantes en todos los periodos del día y los de tipo cardumen se incrementaron a partir del orto para llegar a un máximo en la noche.

Este cambio en el comportamiento descrito anteriormente para la especie puede explicarse ya que en periodos reproductivos el jurel se caracteriza por formar principalmente agregaciones de baja densidad, además las diferencias detectadas entre los años 2006 y 2007 podrían ser consecuencia de la baja cantidad de agregaciones detectadas en este último año.

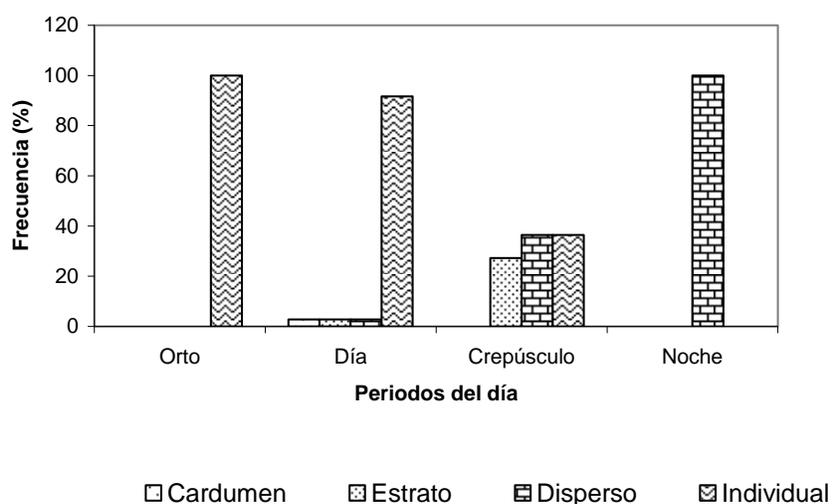


Figura 44. Frecuencia de ecotrazos por tipo de ecotrazo y período del día (Crepúsculo, Día, Noche, Orto), noviembre – diciembre, 2007.

Para la comparación del IC durante los diferentes periodos del día se calculó el IC_{est} **Tabla 23 y 24**, este ponderador estandarizado se obtuvo de la distribución de ecotrazos en el ciclo de 24 horas (**Figura 45**). De estos resultados se puede destacar que durante el día se presentó el mayor IC_{est} , con un valor de 0,018 para disminuir fuertemente en los otros periodos del día (IC_{est} menores a 0,003). Al analizar por tipo de ecotrazo, se puede destacar que en todos los periodos del día (orto, día, crepúsculo y noche) el valor más alto correspondió al registro del tipo individual y en segundo lugar al disperso detectado durante el periodo del día, lo cual estaría de acuerdo al comportamiento que presenta la especie durante el periodo reproductivo.

Distribución de Ecotrazos en Ciclo 24 Horas

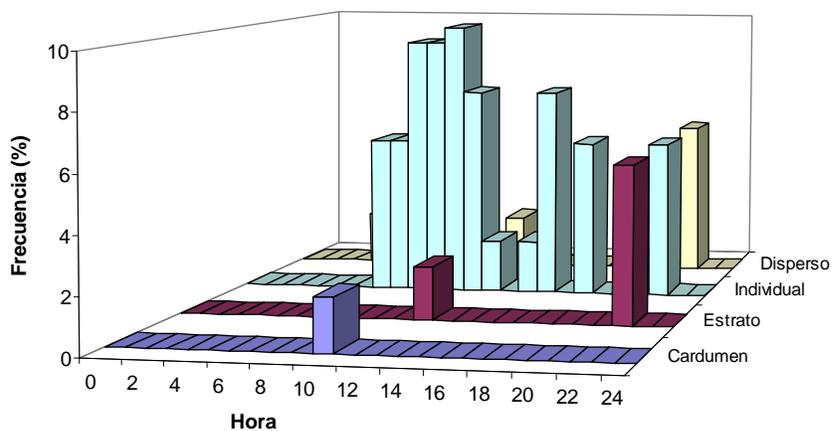


Figura 45. Frecuencia de distribución de los ecotrazos en el ciclo de 24 horas, noviembre, 2007.

Tabla 23. Índice de cobertura (IC_{est}) estandarizado a una hora, noviembre – diciembre, 2007

Periodo	Tiempo (hr)	Ponderador	IC_{est}
Orto	2	0.113	0.057
Día	12	0.660	0.055
Crepúsculo	2	0.208	0.104
Noche	8	0.019	0.002
Total	24	1,000	

Tabla 24. 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	0,012	0	0	0,012
Estrato	0	0	0	0	0
Disperso	0	0,012	0	0,012	0,024
Individual	0,012	0,304	0,036	0	0,353
Total general	0,012	0,328	0,037	0,012	0,389

b)

Agregación	Orto	Día	Crepúsculo	Noche
Cardumen	0	0,0007	0	0
Estrato	0	0	0	0
Disperso	0	0,0007	0	2,86e-05
Individual	0,0007	0,0167	0,004	0
Total general	0,0007	0,0181	0,004	2,86e-05

7.6.3 Altura y profundidad promedio de las agregaciones

Durante el estudio, la altura y profundidad media de los ecotrazos fue de 23,3 y 42,5 m, respectivamente. De acuerdo a la abundancia, la altura fluctuó entre los 23,1 m para la clase “media”, 23,3 m para la clase “baja”, mientras que para los tipos de agregaciones, la altura media varió desde 21,5 m para el tipo “individual” a 50,0 m para el tipo “cardumen” (**Tabla 25**)

La profundidad media de los ecotrazos alcanzó los 42,5 m, con un rango que fluctuó entre los 34,2 m para la categoría “media” y de 43,2 m para la categoría “baja” (**Tabla 25**). Los ecotrazos tipo cardumen y estrato se detectaron menos profundos, entre 25,0 y 37,4 m de profundidad promedio y los de tipo disperso e individual bajo los 42,0 m de profundidad, siendo las de tipo disperso las agregaciones de mayor profundidad registrada

durante el crucero (50,4 m). En cuanto al rango de distribución de profundidad de los ecotrazos este fue entre 3,0 a 120,0 m (**Tabla 25**).

Tabla 25. 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 2007.

a)

Abundancia	Z_{\min}	Z_{\max}	Z_{prom}	A_{prom}
Baja	3,0	120,0	43,2	23,3
Media	20	50,0	34,2	23,1
Alta	-	-	-	-
	3,0	120	42,5	23,2

b)

Agregación	Z_{\min}	Z_{\max}	Z_{prom}	A_{prom}
Cardumen	3,0	50,0	25,0	50,0
Estrato	20,0	52,8	37,4	26,6
Disperso	16,2	25	50,4	28,6
Individual	3,0	21,7	42,3	21,5
	3,0	120	42,5	23,2

El 98,11% de los ecotrazos se reportaron entre la superficie y los 100 m de profundidad, en relación a las categorías de abundancia, la clase “baja” presenta un 90,57% en los primeros 100 m de profundidad y un 1,89% sobre los 100 m de profundidad, en cambio la clase “regular” presenta el total de ecotrazos entre la superficie y los 100 m de profundidad (**Tabla 26**) que corresponde a un 7,55% del total de ecotrazos detectados. La mayor concentración de ecotrazos hasta los 100 m de profundidad, se observó en el tipo individual con un 79,25%, situación contraria a lo observado el año 2007, donde la máxima concentración de ecotrazos se observó en el tipo disperso con un 34,49% y la menor concentración se a los ecotrazos tipo cardumen con un 1,89% bajo los 100 m de profundidad (**Tabla 26**).

Tabla 26. 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	1,89%	0%	1,89%
Estrato	7,55%	0%	7,55%
Disperso	11,32%	0%	11,32%
Individual	77,36%	1,89%	79,25%
Total general	98,11%	1,89%	100%

Agregación	<=100 m	> 100 m	Total
Baja	90,57%	1,89%	92,45%
Regular	7,55%	0%	7,55%
Alta	-	-	-
Total general	98,11%	1,89%	100%

7.6.4 Índice de agregación, índice de cobertura e índice sintético de presencia de huevos de jurel.

La carta de distribución de huevos correspondiente a noviembre – diciembre se presenta en la **Figura 46**, de esta se puede destacar que el área de alta presencia de huevos ($> 500 \text{ ind}/10\text{m}^2$) se localizan principalmente en la macrozona norte costera donde se observa una densidad promedio de $43,06 \text{ ind}/10\text{m}^2$ (**Tabla 27**), esta zona se encuentra asociada a sectores de baja abundancia de jurel con un IC de 0,28 (**Figura 48 y Tabla 20**), al respecto cabe destacar la reducida extensión de las áreas de alta abundancia de huevos. En la macro zona oceánica se detectó un pequeño sector de abundancia de huevos presentando el área una densidad de $36,05 \text{ ind}/10\text{m}^2$. Esta situación se contrapone a la observada en noviembre del 2006 donde las áreas de abundancia de huevos se localizan preferentemente en la macrozona norte oceánica con un promedio de $397,70 \text{ ind}/10\text{m}^2$

El índice de cobertura de huevos para la macrozona norte fue de 73,47% (**Tabla 11**) cifra muy superior a la detectada en noviembre del 2006 donde este valor solamente alcanzó a 25,28%, sin embargo es importante destacar que esta mayor índice de cobertura esta relacionado con extensas áreas de baja abundancia de huevos (118 estaciones positivas de 150) a diferencia de lo detectado para el año 2006, donde este valor se encontraba relacionado principalmente con áreas de alta abundancia (171 estaciones positivas de 507).

El índice sintético de presencia de huevos estimado para este periodo fue de 1.02, valor que es muy inferior al estimado para el año 2005 (1,2%) y 2006 (10,6%) y que corresponde al valor mas bajo detectado en el periodo 1997 – 2007. Es importante hacer notar que el valor obtenido puede estar afectado por no tener información de la macrozona sur área donde en el año 2005 se detectaron sectores de alta abundancia de huevos.

El grado de concentración tanto para el jurel como para los huevos se estimó mediante el índice de Gini el cual entregó valores de 0,75 para los huevos y de 0,97 para el jurel, cifras similares a las detectadas en noviembre del 2005 (0,82 huevos y 0,97 jurel), 2006

(0,76 huevos 0,92 jure), es importante destacar que los valores obtenidos en el año 2007 corresponden solamente a la macrozona norte, no existiendo información del área sur.

Tabla 27. Índice de cobertura de huevos IC (%) y densidad promedio de huevos (Ind/10m²) presentes por macrozonas y total, noviembre – diciembre, 2007.

Macrozona	Índice de cobertura de huevos (%)			Ind/10m ² promedio		
	Costero	Oceánico	Total	Costero	Oceánico	Total
Norte	41,34	32,13	73,47	43,06	36,05	39,82
Sur	-	-	-	-	-	-
Total	41,34	32,13	100	43,06	36,05	39,82

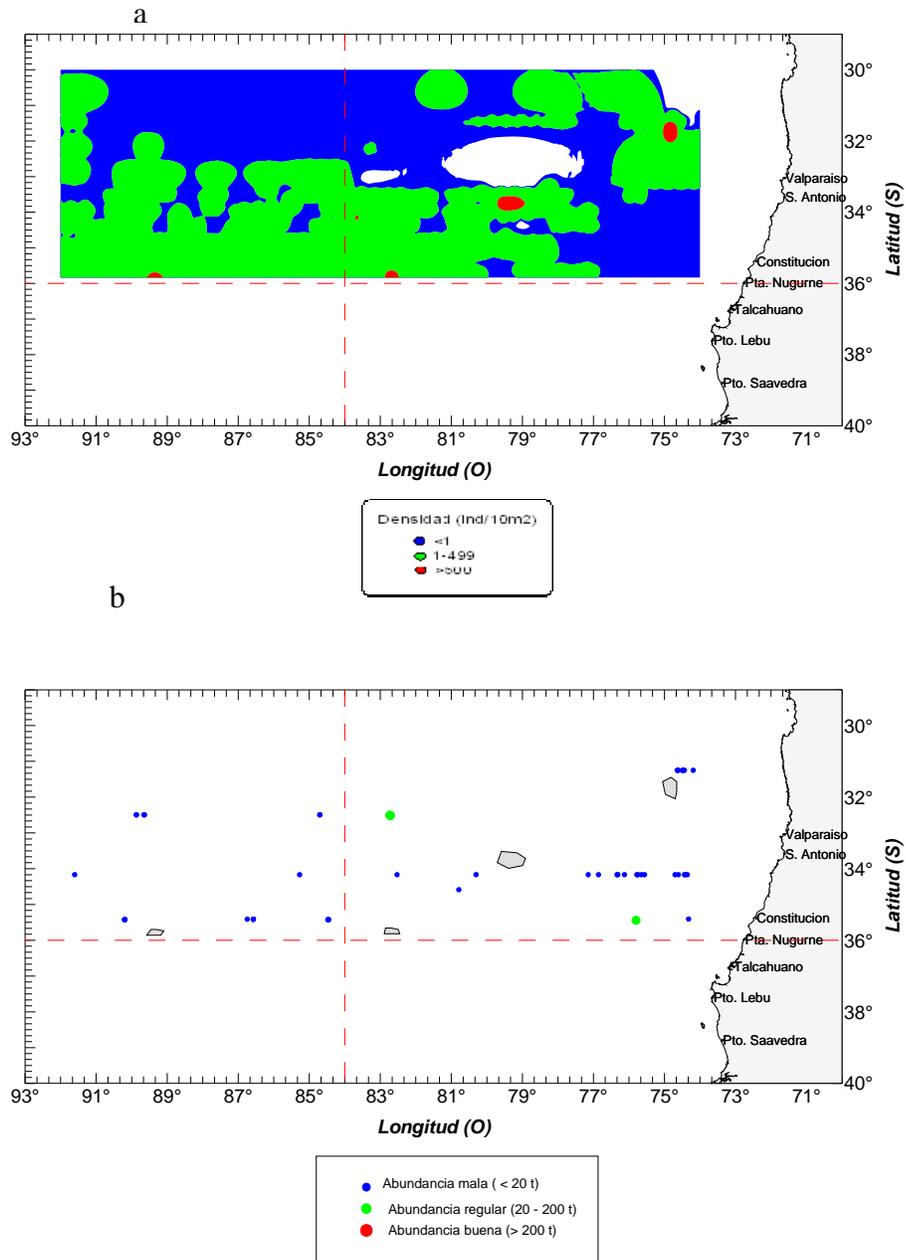


Figura 46. Distribución espacial de la densidad de huevos de jurel (a), distribución de la abundancia de jurel (ecosonda) y zonas de alta densidad de huevos (b), noviembre – diciembre, 2007.

7.7 Análisis multitemporal de la distribución de los ecotrazos de jurel de los cruceros realizados en el período 1997-2007.

Desde 1997 se han efectuado 10 cruceros de ecoprospección dentro del marco de los proyectos dirigidos a estimar índices relativos de abundancia de huevos y larvas de jurel en el sector oceánico de Chile centro sur cuyos resultados se entregan en: **Barbieri *et al.*, 1998 - 1999; Sepúlveda *et al.*, 2001, Cubillo *et al.*, 2002, Cubillo *et al.*, 2003, Sepúlveda *et al.*, 2004, Arcos *et al.*, 2005, Sepúlveda *et al.*, 2008(a), 2008(b), Barbieri *et al.*, 2006 y Bahamonde *et al.*, 2007.**

7.7.1 Distribución espacial de las agregaciones de jurel

Al analizar la distribución y abundancia de las agregaciones de jurel detectadas en el periodo reproductivo (noviembre – diciembre) entre los años 2000 a 2007 (**Figura 47, 48 y Tabla 28**), se puede destacar que para la macrozona norte durante el periodo estudiado (2000 -2007), se detectó un alto número de agregaciones de jurel durante los años 2003, 2004 y 2006, con valores de 1.025, 1250 y 824, respectivamente, presentándose los valores más bajos (143 y 53) en los años 2005 y 2007, siendo los detectados este último año, los más bajos del período. Para el caso de la macro zona sur, se detectó una baja cantidad de agregaciones (<200) en los años 2000 y 2001, para posteriormente en los años 2003 a 2006 presentar valores más altos y estables (395 a 474 agregaciones), pero presentando una leve tendencia a decrecer con los años, para el año 2007 aún cuando no se dispone de la información de distribución del recurso (no se prospectó la macrozona sur), es posible plantear un disminución de los registros con respecto al año 2006, esto basado en que la flota cerquera de jurel en ese periodo por disponibilidad de recursos centró su operación entre las latitudes 33° 00'S y 33° 35'S sector donde se logró una captura promedio por lance de aproximadamente 41 t (Fuente: IFOP).

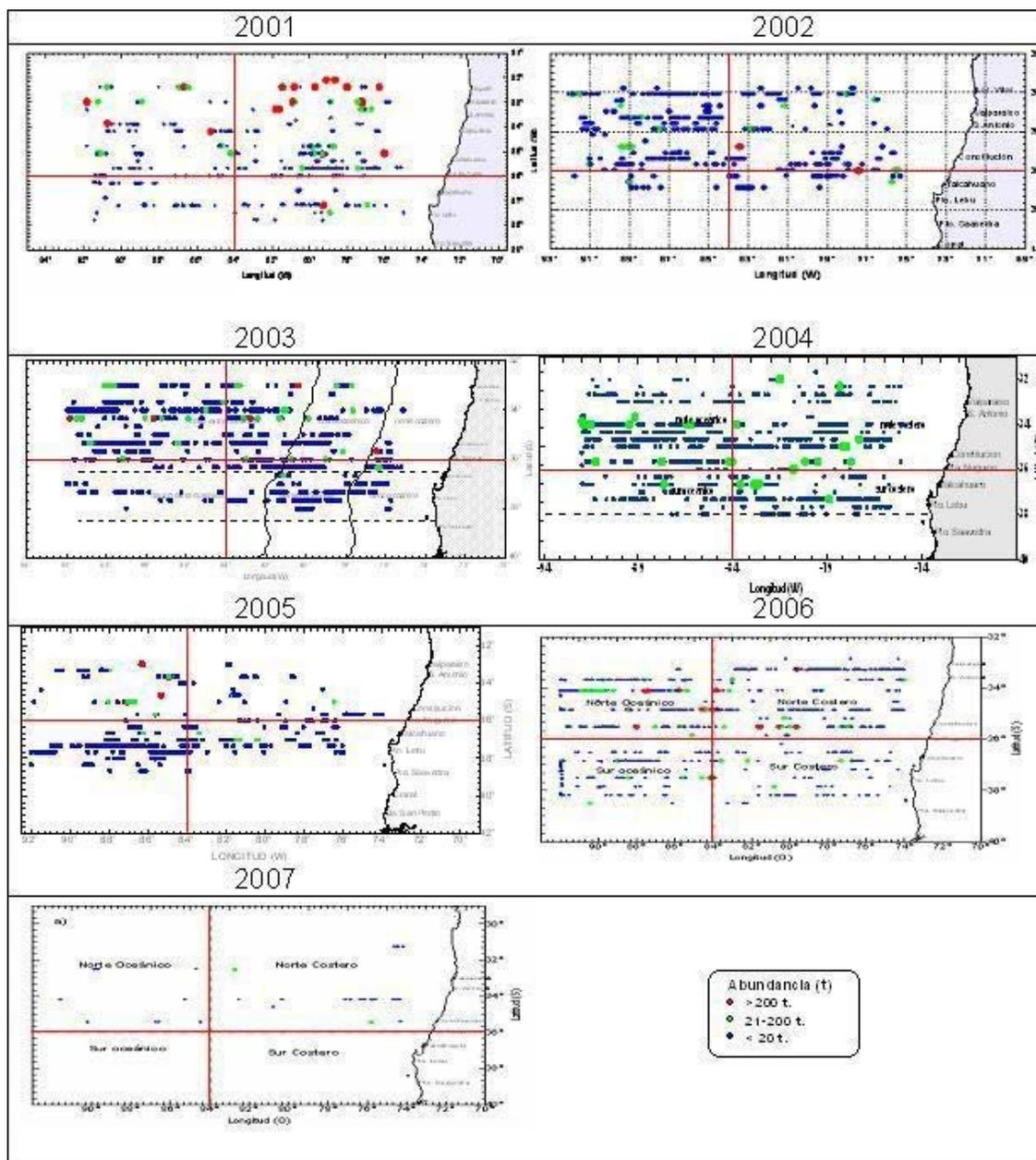


Figura 47. Distribución espacial de la abundancia de jurel registrada por el ecosonda para el período reproductivo (noviembre – diciembre), 2000 – 2007

Tabla 28. Número de agregaciones por macrozonas para el período reproductivo (noviembre - diciembre), 2000 - 2007

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

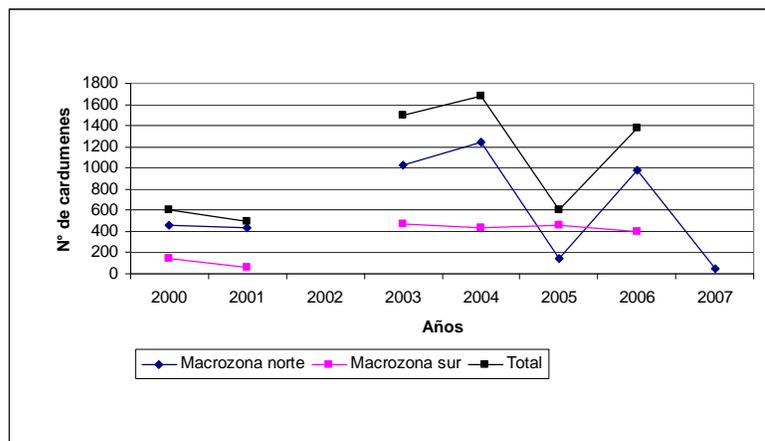


Figura 48. Número de agregaciones de jurel detectadas en las macrozonas norte y sur, para el periodo reproductivo (Nov – Dic) 2000 - 2007

Al analizar el número de agregaciones por macrozonas (**Figura 49**), se puede señalar que en general en la macrozona norte oceánica como costera durante el periodo estudiado (2000 – 2007) presentan una mayor cantidad de agregaciones de jurel lo cual estaría directamente relacionado con la actividad reproductiva de la especie (área de mayor presencia de huevos) (**Cubillos et al 2002** , **Cubillos et al 2003**, **Sepúlveda et al., 2004**, **Arcos et al., 2005**, **Sepúlveda et al., 2008a**, **Sepúlveda et al., 2008b**, **Barbieri et al, 2006** y **Bahamonde et al, 2007**), una excepción la constituye el año 2005, donde la zona sur presenta una mayor cantidad de agregaciones (**Figura 49**) coincidiendo ese año que las mayores áreas de densidad de huevos se localizaban en esa macrozona y principalmente en

la oceánica (**Barbieri et al, 2006 y Sepúlveda et al., 2008a**). Al respecto es posible plantearse la hipótesis de que durante el año 2007 se podría haber presentado una situación similar dada la baja cantidad de cardúmenes detectados en la zona norte, hecho que no puede ser comprobada dado que no se recolectó información en la macrozona sur.

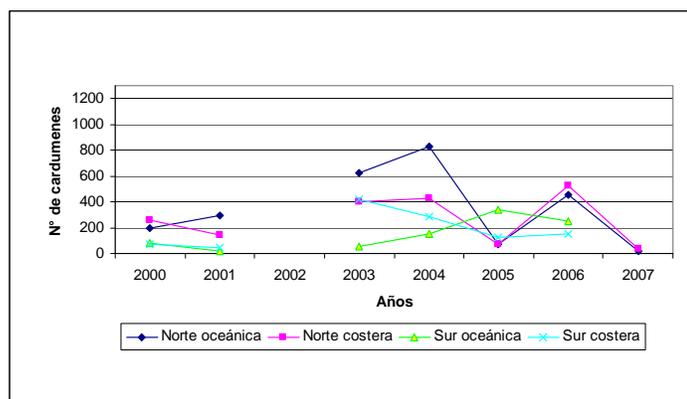


Figura 49. Número de agregaciones detectadas por macrozonas norte costera - oceánica y sur costera-oceánica, para el período reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2007

7.7.2 Niveles de abundancia de las agregaciones del jurel

En relación a los niveles de abundancia de las agregaciones de jurel (< de 20 t, 20 a 200t y > a 200t) detectadas para el periodo reproductivo 2000 – 2007 (**Figura 50**), se puede destacar que en la macrozona norte se aprecia en general un predominio de las agregaciones de abundancias bajas (<de 20 t), presentando a partir del año 2003 una gran variación, detectándose los valores mínimos en los años 2005 y 2007 con 143 y 53 agregaciones, respectivamente. El bajo valor detectado para el 2005 tanto en la zona costera como oceánica (Figura 15) como se señaló anteriormente, estaría relacionado con la presencia de áreas de alta abundancia de huevos en la macrozona sur, específicamente en el área oceánica (**Barbieri et al 2006**). El número de cardúmenes de abundancias medias para el periodo en la macrozona varió entre 4 y 90 para los años 2007 y 2006, respectivamente, para el caso de los registros de abundancias altas, estos fueron bajos variando entre 8 (2003) y 36 (2006), sin registrarse este tipo de agregaciones en los años 2004 y 2007.

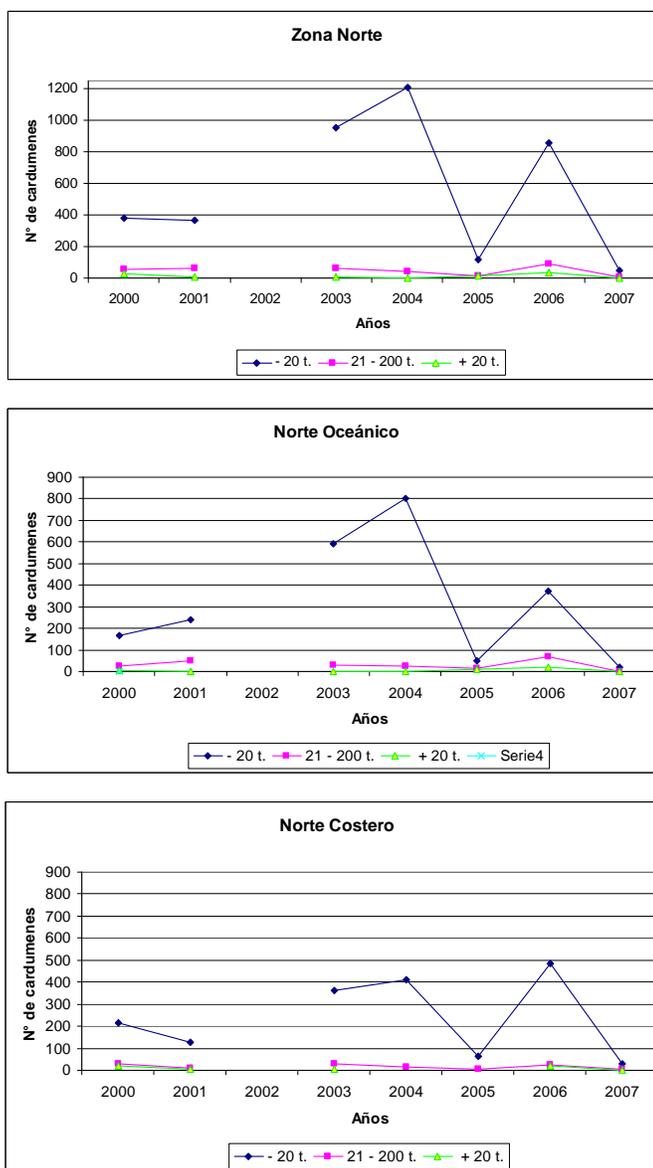


Figura 50. Número de agregaciones por nivel de abundancia para la macrozona norte, para el periodo reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2007

En la macrozona sur (**Figura 51**), a partir del año 2003 se aprecia una fuerte predominancia de los cardúmenes de abundancia bajas (< a 20t) así como también una suave tendencia a la disminución del número de cardúmenes con los años con la excepción del año 2005, valor que esta influenciado fuertemente por los registros obtenidos en la zona sur oceánica (área de alta abundancia de huevos). En relación a los cardúmenes de abundancias medias (21 a 200t) el número de estos vario 2 y 22 registrándose este último

valor en el año 2006, para el caso de las abundancias altas, estas solamente se detectaron en los años 2001 y 2006 con 1 y 2 cardúmenes, respectivamente.

Para el caso de la zona sur oceánica se observa a partir del año 2003 un incremento sostenido de los cardúmenes de baja abundancia hasta el año 2005 para luego disminuir, Los registros de abundancias medias para el periodo variaron entre 0 y 3, para luego presentar un valor máximo en el 2006 (14), en el caso de las abundancias altas, solo se detectaron durante el 2006 con 2 agregaciones.

En la zona sur costera se produce la situación inversa donde a partir del año 2003, el número de cardúmenes de baja abundancia disminuye fuertemente hasta el año 2005, para luego estabilizarse. Los registros de abundancia medias para el periodo variaron entre 2 y 9, presentándose este último valor en el año 2004, las abundancias altas en el periodo fueron escasas registrándose solo una en el año 2000.

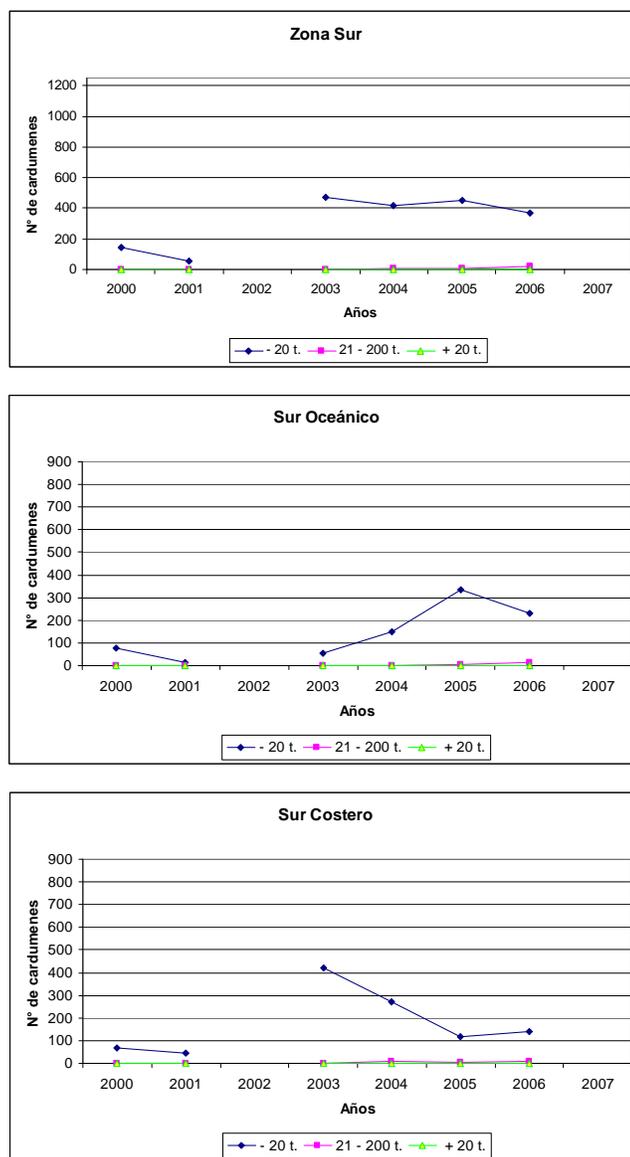


Figura 51. Número de agregaciones por nivel de abundancia para la macrozona sur, para el periodo reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 - 2007

7.7.3 Índice de abundancia de las agregaciones de jurel

Al analizar el índice de abundancia o de tamaño de las agregaciones para el total de las macrozonas durante el período reproductivo (**Figura 52**) se puede destacar la tendencia a aumentar el valor del índice a partir del año 2004, sin embargo al considerar sólo la macrozona norte es posible apreciar una disminución sostenida de este valor a partir del año 2005, lo cual indica la presencia de una mayor proporción de cardúmenes de baja abundancia (< de 20t), llegando a su valor mínimo durante el año 2007, siendo importante destacar que este valor estar fuertemente influenciado por los obtenidos en la macrozona oceánica, dado que en el área costera este índice a partir del año 2004 ha tenido una suave tendencia al aumento. Para la macrozona sur es posible observar que este índice se ha mantenido relativamente estable durante todo el periodo (2003 – 2005), para incrementarse durante el año 2006 por efecto de los valores obtenidos en la zona sur oceánica. Al considerar la información para las macrozonas oceánica y costera se desprende que en las dos áreas a partir del año 2004 se registra un incremento del índice de abundancia de las agregaciones hasta el año 2006, no teniendo seguridad de la situación presentada durante el año 2007 dado que corresponde solo a la macrozona norte.

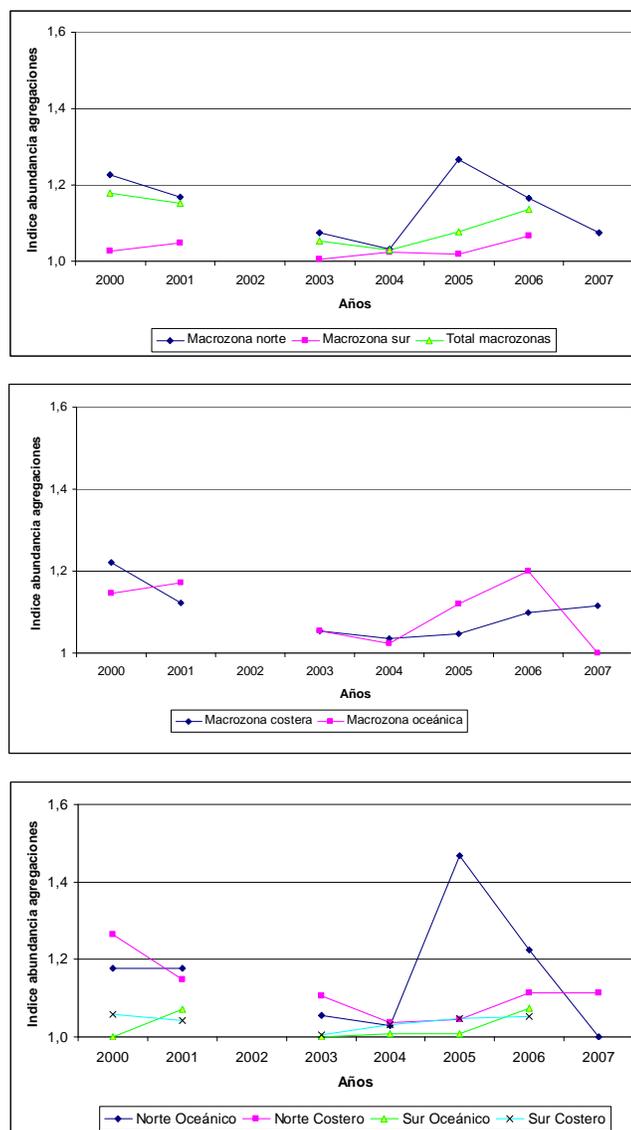


Figura 52. Índice de abundancia de las agregaciones por macrozonas, para el periodo reproductivo (noviembre – diciembre) 2000 – 2007.

7.7.4 Índice de cobertura(IC) por período del día, año, macrozona

Con respecto al índice de cobertura obtenido para el periodo 1997 - 2007, este ha presentado tres valores máximos, 1997 (14,97%), 1999 (14,72%) y 2003 (12,74%), para luego a partir del 2004 disminuir drásticamente, registrándose el un bajo valor en el año 2005 con un IC de 3,29% (**Figura 53a y Tabla 29**), para luego en el 2006 insinuar una

recuperación (IC= 7,44) y volver a caer en el 2007 registrando un valor de 0,39%. Al respecto de los valores de IC total detectados para la macrozona total en el periodo estudiado, es posible señalar la existencia de una tendencia a disminuir el valor del IC a partir del año 1999, quedando de manifiesto el año 2007 con un IC de 0,39.

En relación a esta tendencia se debe mencionar que en 1997 y 1999, años en que se detectan los mayores IC del periodo, 14,97 y 14,72, respectivamente, el área cubierta por los cruceros estuvo comprendida aproximadamente entre las latitudes 35° y 40° S es decir principalmente la macrozona sur, a diferencia del resto de los cruceros que cubrieron tanto la macrozona sur como norte (aproximadamente desde la latitud 33° a 39° S) sin embargo, si consideramos solamente los últimos 5 años (2003 a 2007) esta tendencia a la disminución en la ocupación del espacio, se manifiesta más claramente.

Previo al análisis de los resultados del IC por macrozona, es necesario hacer notar que para el año 1997 no se presenta este índice ya que la prospección fue realizada desde el 36° 00' - 40° 00'S, por lo que sólo se cuenta con información de la zona sur.

De los valores de IC estimados por macrozona (norte – sur) se puede destacar que en general en ambas, se aprecia una gran inestabilidad del índice pero con una tendencia similar hasta el año 2001, año donde en la área sur se detecta el valor mínimo (0,44%) y en la norte, el segundo mas bajo (3,5%). A partir del año 2003 donde se estiman valores más altos a los detectados durante el 2001 (8,79% y 3,96%, para la zona norte y sur, respectivamente, se aprecia, una fuerte disminución de este índice hasta el 2005 y luego un aumento relativo el 2006, para luego el la zona norte caer al mínimo histórico en el 2007 (0,39%), sin disponerse de información para este año en al área sur.

Al analizar por macrozona, se observa para la zona norte (costera y oceánica) una importante variación interanual del índice de cobertura (IC) hasta el año 2003, luego una disminución sostenida hasta el 2005 con un aumento en el 2006, registrando el valor más bajo en el año 2007 de 0,28% y 0,11% para la zona costera y oceánica, respectivamente (**Figura 53b y Tabla 29**).

Para el caso de la macrozona sur oceánica, se observa un valor de IC relativamente estable hasta el año 2003 (0,10% a 0,44%), para luego incrementarse en el 2005 (1,81%) y disminuir el 2006 llegando a un valor de 1,00% (**Figura 53b y Tabla 29**), el alto valor de IC determinado para jurel en el año 2005 en esta macrozona (sur oceánica) y que corresponde al máximo detectado para el periodo (1997 – 2006) en esa área, estaría relacionado con la alta presencia de detectadas en ese sector (Barbieri et al, 2006). En la macrozona sur costera se observa un valor máximo del IC en 1999 (9,24%) para luego disminuir hasta el 2001 alcanzando un nuevo máximo en el 2003 (3,52%) para luego iniciar una tendencia a la disminución hasta el 2006 donde se registra un valor de 0,67%. Durante el año 2007 no se prospectó la zona sur.

Tabla 29. Índice de cobertura total y por macrozona para el período, 1997 - 2007.

Macrozona	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Norte Costero	-	0,96	3,53	1,91	1,02	-	3,41	2,63	0,42	3,24	0,28
Norte Oceánico	-	0,12	1,536	1,44	2,48	-	5,38	5,09	0,43	2,53	0,11
Total Norte	-	1,08	5,07	3,35	3,50	-	8,79	7,72	0,85	5,77	0,39
Sur Costero	-	0,35	9,24	0,56	0,34	-	3,52	1,74	0,64	0,67	-
Sur Oceánico	-	0,46	0,43	0,51	0,10	-	0,44	0,91	1,81	1,00	-
Total Sur	14,97	0,81	9,67	1,07	0,44	-	3,96	2,65	2,45	1,67	-
Total	14,97	1,88	14,72	4,41	3,94	-	12,74	10,38	3,29	7,44	0,39

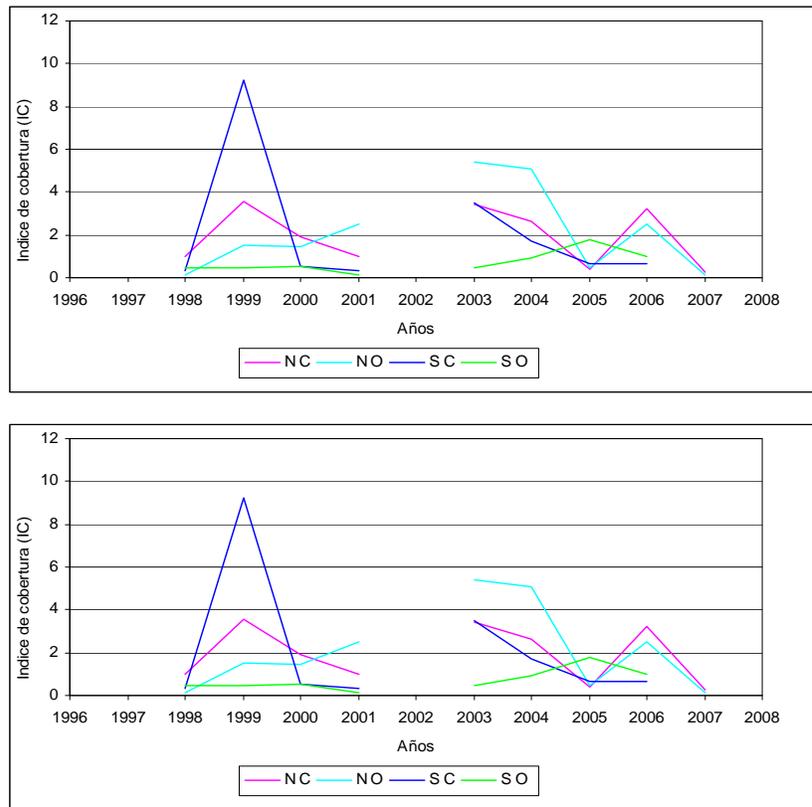


Figura 53. Índice de cobertura calculados para el periodo 1998 – 2007; a) para la macrozona norte, sur y área total. y b) para las macrozonas norte costero (NC), norte oceánico (NO), sur costero (SC) y sur oceánico (SO).

En general para el periodo 1997 – 2007 el índice de cobertura para la abundancia baja presenta altos valores para los ecotrazos tipo disperso, estratos e individual, lo cual es una característica que presenta el jurel durante el periodo reproductivo (Barbieri et al., 2005). Sin embargo, es importante destacar que en los años 2000 , 2001 y 2007 se presentan los valores mas bajos de esta serie para esta agregaciones, una situación similar se puede apreciar en los registros tipo cardúmen (Figura 54 y Tabla 30). Para la abundancia baja en 1997, se observa un pick para el ecotrazo estrato, en tanto para el ecotrazo disperso, se observan fluctuaciones importantes con un pick en el año 2003.

Para la abundancia media se observa un comportamiento más bien homogéneo del IC para los diferentes tipos de ecotrazos en el periodo entre 1997-2007, destacando para el tipo estrato un punto más alto en 1997. Para la abundancia alta (Tabla 30) se presenta un

comportamiento similar al de la abundancia media destacándose los mayores índices detectados para los ecotrazos tipo estrato, disperso e individual durante el 2001, año en el cual se detectaron los menores IC para la abundancia baja (**Figura 55**).

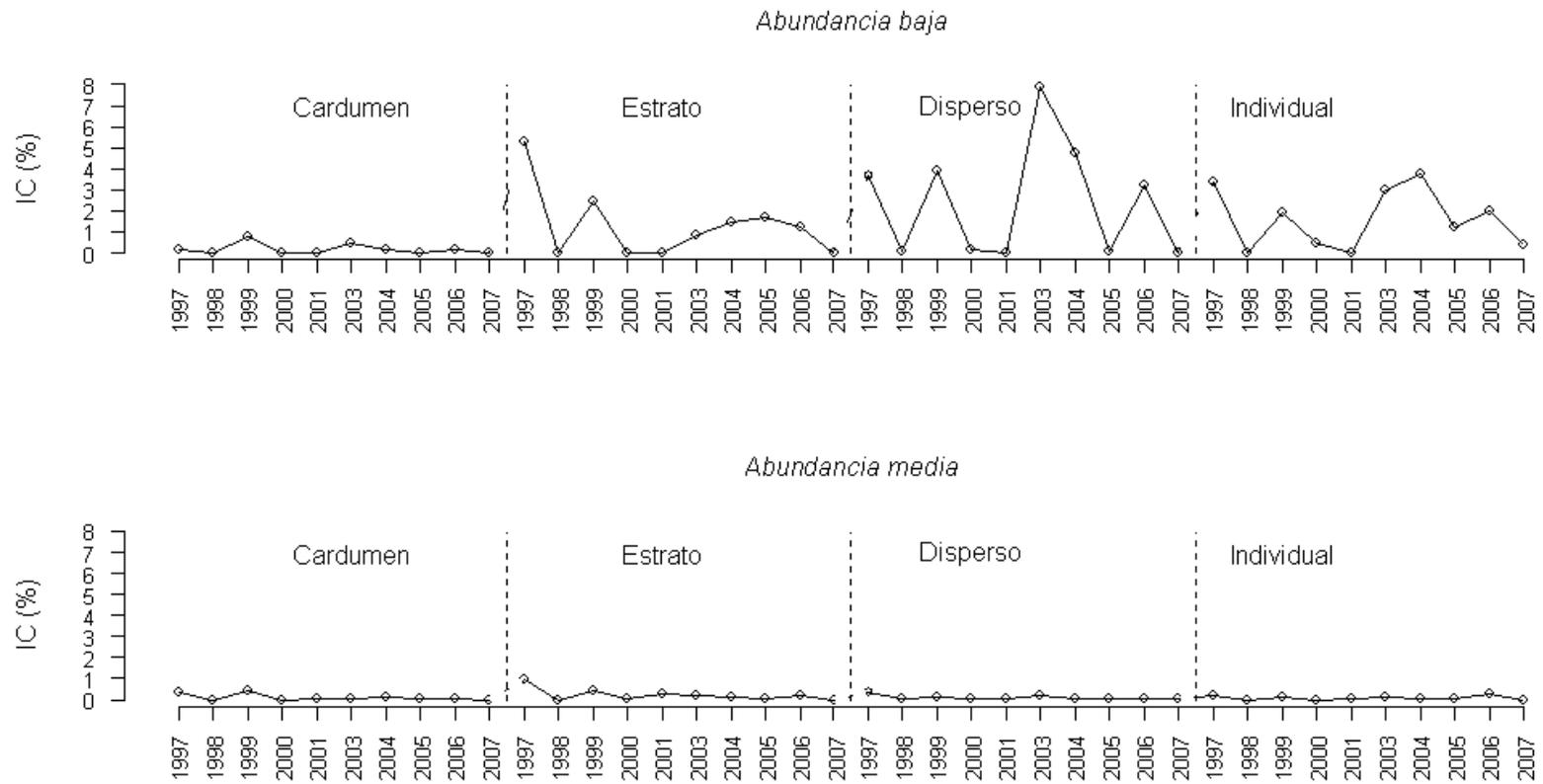


Figura 54. Índice de cobertura de las agregaciones para la abundancia baja y media entre 1997-2007.

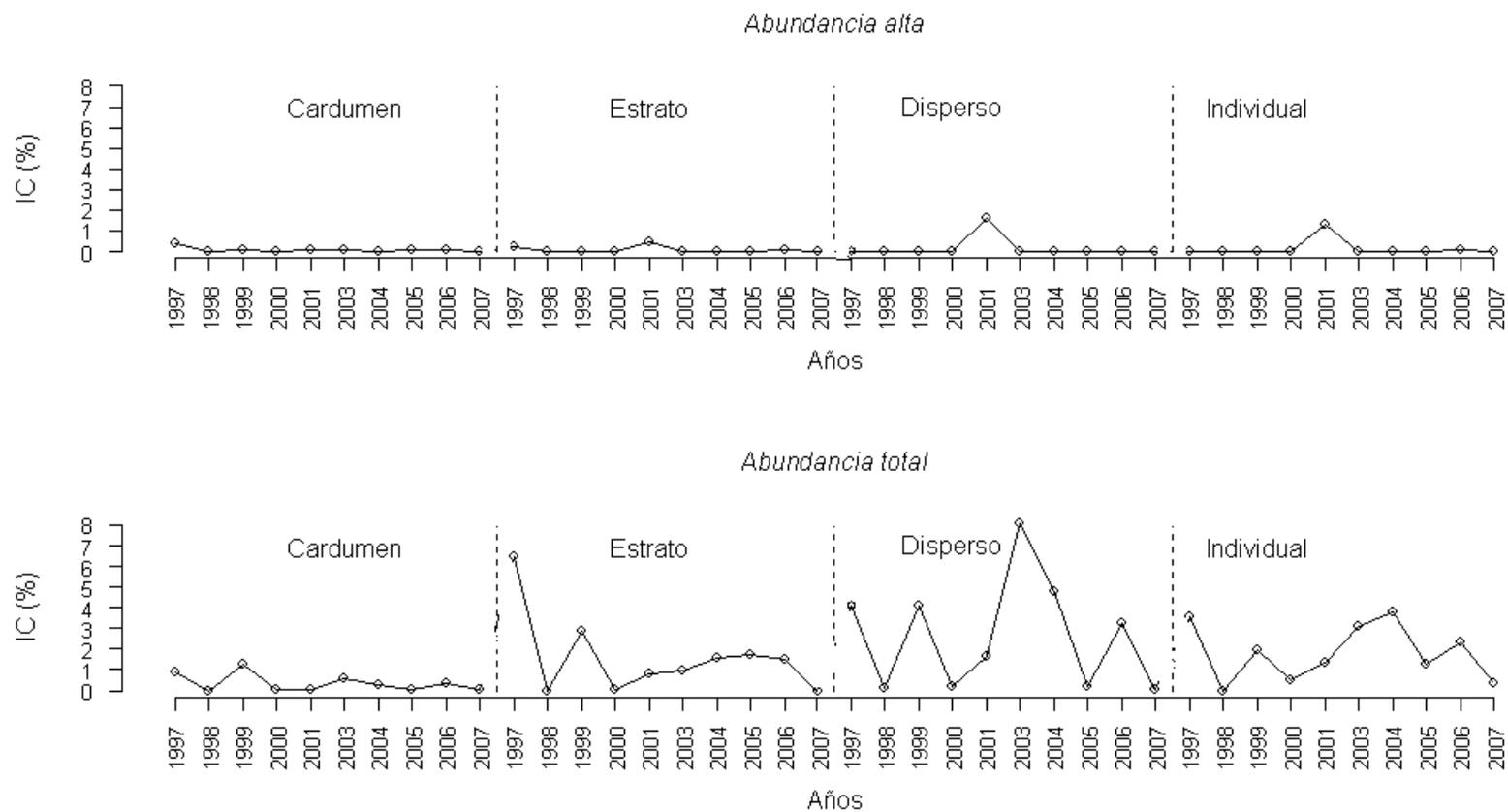


Figura 55. Índice de cobertura de las agregaciones para la abundancia alta e índice de cobertura (IC) total entre 1997 y 2007.

Tabla 30. 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 reportados por periodo del día y (C) numero 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	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Cardumen	IC	0,90	0,01	1,79	0,20	0,07		0,60	0,30	0,11	0,32	0,01
	Z_{prom}	78,5	118,3	113,1	43,8	72,9		111,6	62,4	21,3	57,6	25,0
	A_{prom}	41,0	25,0	20,0	27,6	36,2		16,3	27,8	17,5	32,3	50,0
Estrato	IC	6,50	0,19	4,28	0,70	0,79		1,00	1,60	0,18	1,5	0
	Z_{prom}	147,2	105,5	129,7	80,9	78,1		111,1	69,8	43,2	80,0	37,4
	A_{prom}	26,9	16,0	23,7	23,7	15,4		29,7	22,5	17,4	25,9	26,6
Disperso	IC	4,10	0,80	5,13	1,20	1,70		8,10	4,80	1,730	3,25	0,02
	Z_{prom}	153,9	44,2	45,0	46,2	46,0		75,0	36,6	48,0	55,8	50,4
	A_{prom}	35,1	13,0	27,7	28,1	21,4		37,4	24,0	19,3	26,6	28,6
Individual	IC	3,50	0,81	3,53	2,40	1,37		3,10	3,80	1,27	2,37	0,35
	Z_{prom}	145,9	73,3	65,1	42,8	44,3		68,8	37,8	72,5	71,9	42,3
	A_{prom}	17,1	18,1	25,3	24,1	13,1		18,0	13,7	15,1	18,6	21,5
Total	IC	14,97	1,88	14,70	4,41	3,97		12,70	10,38	3,29	7,44	0,39
	Z_{prom}	148,0	84,0	202,0	62,7	62,4		102,2	53,7	56,0	66,4	42,5
	A_{prom}	26,2	16,0	25,0	25,2	17,5		31,1	20,0	17,5	23,8	23,2

(B)		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Orto	IC _{est}	0,15	0,75	0,17	0,24		0,76	0,72	0,077	0,04	0,0007
	A _{prom}	15,50	33,40	22,43	19,0		26,92	21,76	17,38	18,27	49
Día	IC _{est}	0,12	1,43	0,36	0,31		1,37	0,77	0,051	0,19	0,0181
	A _{prom}	12,63	23,95	25,59	19,15		30,22	21,35	17,28	23,62	20,11
Crepúsculo	IC _{est}	0,35	1,40	0,45	0,22		1,51	0,92	0,007	0,02	0,004
	A _{prom}	24,45	24,32	28,65	18,99		36,53	19,64	18,33	32,14	23,21
Noche	IC _{est}	0,16	0,99	0,41	0,41		0,56	1,03	0,056	0,06	2,9e-5
	A _{prom}	15,38	26,06	24,16	15,33		32,34	18,39	17,60	23,99	7,6

(C)	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007
N° clusters/10000 mn ²	50	3	55	17	18	49	53	23	50	2
Z _{prom} (m)	136,5	84	102	63	62	102	53,7	56	66	42,50
% <= 100 m	19,8	65,3	44,5	77,7	74,1	49,8	87,4	85,5	77,7	98,11
Densidad de huevos	108,5	317,9	266,3	444	639	131,5	373,5	98,6	108,2	39,82

Nota: La información del 2007 sólo considera la macrozona norte

Finalmente, al analizar en conjunto los valores de IC, el número de agregaciones y el índice de abundancia de estas, se puede destacar que en la zona sur durante el periodo reproductivo, el índice de cobertura (IC) a partir del 2003 ha tenido una disminución paulatina de su valor, en cambio el número de agregaciones se ha mantenido relativamente constante (alrededor de las 400) y el índice de abundancia de las agregaciones se ha incrementado lo cual significa que el número de cardúmenes se ha mantenido en el tiempo, pero que estos son de mayor tamaño y se encuentran más concentradas es decir, ocupando menos espacio.

Para el caso de la zona norte posterior al año 2003 se presenta un IC con mucha variabilidad pero con una tendencia a la disminución de este valor, llegando a su valor mínimo el año 2007 (0,39%), presentándose una tendencia similar en el número de agregaciones, en relación al índice de abundancia de las agregaciones este después de llegar a un valor máximo el 2005 (1,27) disminuyó drásticamente llegando a 1,07 en el 2007, lo anterior implica la presencia de una menor cantidad de cardúmenes, de menor tamaño y ocupando un menor espacio.

Al analizar la macrozona norte costera y oceánica se puede señalar que en las dos áreas tanto el índice de cobertura como el número de agregaciones presentan una tendencia a la disminución situación diferente a la que presenta el índice de abundancia de las agregaciones donde en la en la costera este presenta una tendencia a incrementar y disminuir drásticamente el la oceánica, área donde se registra el valor mínimo (1,0), del período estudiado. Lo anteriormente indicado implica que en las dos áreas (costera – oceánica) hay una disminución de del número de cardumes así como también del espacio ocupado por estos, con una fuerte disminución del tamaño de las agregaciones en el sector oceánico y un aumento en el costero.

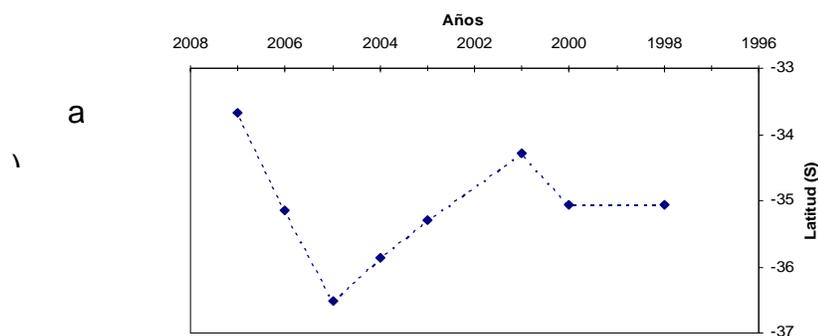
En el área sur oceánica se presenta un incremento de valor del IC hasta el año 2005 para luego disminuir suavemente en el 2006, situación similar a la detectada para el numero de agregaciones, en cambio el índice de abundancia de las agregaciones se mantuvo estable

hasta el año 2005 año, para luego incrementarse, lo anteriormente señalado estaría indicando que en esta área se ha presentado un incremento de la cantidad de cardumes y ocupación del espacio así como también, una tendencia al incremento del tamaño de estos.

En el caso del área sur costera a partir del 2003 se aprecia un decrecimiento tanto del número de cardúmenes como del IC y una estabilidad en el índice de abundancia de las agregaciones, indicando esto una menor ocupación del espacio causada por la disminución del número de cardúmenes, pero sin una disminución del la abundancia (tamaños) de estos.

7.7.5 Análisis del centro de gravedad

En relación al centro de gravedad del recurso jurel durante el periodo reproductivo (noviembre) se puede destacar que en sentido longitudinal, generalmente se localiza por sobre la longitud 83° W (**Figura 56a**), siendo la excepción los años 1998, 2004 y 2007 donde este índice no sobrepasa la longitud 81° W, en sentido latitudinal (**Figura 56b**), este índice presenta un desplazamiento gradual a partir del año 2001 hacia el sector sur, alcanzando en noviembre del año 2005 su valor máximo ($36^{\circ} 30' S$ –Pta. Culin) para nuevamente en el año 2006 comenzar a desplazarse hacia el sector norte con valores similares a los obtenidos en los años 1998 y 2000 ($35^{\circ} 07' S$ – Pta. Roncura), este traslado es mayor durante el año 2007, llegando a $33^{\circ} 39' S$ – San Antonio, sin embargo se debe considerar que para este año sólo se dispone de información para la macrozona norte, por lo cual la posición real de este centro debería estar localizado más al sur.



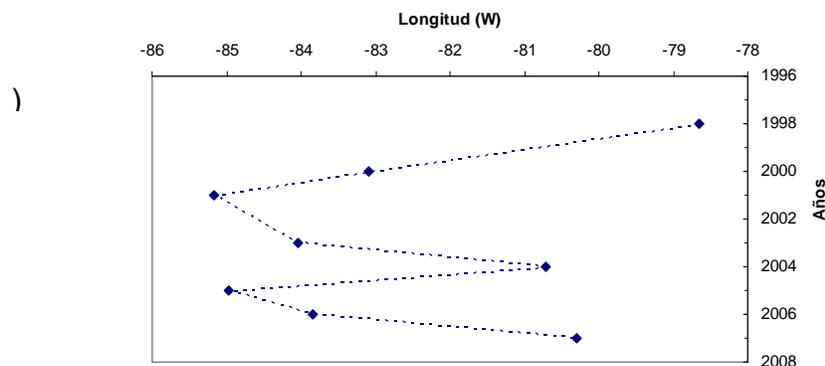


Figura 56. Centro de gravedad de jurel en primavera –verano, entre 1998 y 2007.

7.7.6 Morfología de los ecotrazos por períodos y macrozonas

- Distribución de la profundidad media de los ecotrazos de jurel

Del patrón de distribución vertical de jurel en el periodo de 24 horas, se puede señalar en general que durante el día el jurel se encuentra a mayor profundidad, mientras que durante la noche se distribuye cercano a la superficie (**Figura, 42 y 43**). Al analizar la profundidad promedio de los registros de jurel para los diferentes periodos del día (orto, día, crepúsculo y noche) para los años 1998 al 2007 (**Figura 57c y Tabla 29**) se puede destacar que las mayores profundidades medias se detectan durante el día y el crepúsculo, siendo los años 1998, 1999 y 2003 donde el recurso se localizó en las mayores profundidades, alcanzando valores superiores a los 100 m. Cabe destacar que en los últimos años (2004 a 2007) se ha observado una tendencia a una menor profundización del recurso durante el día.

En el periodo 1997 a 2007 la profundidad media del total de agregaciones detectadas ha variado sin presentar una tendencia definida (**Tabla 30**), registrándose valores comprendidos entre 16.0m (1998) y 31,1m (2003). Sin embargo, al analizar por tipo de ecotrazo se puede destacar que para el tipo cardumen y estrato a partir del año 2005 se aprecia una tendencia a disminuir la profundidad media registrándose para el caso de “cardúmenes” los valores mínimos en los años 2005 (21,3m) y 2007 (25,0m) y los máximos en los años 1998 y 1999 con valores de 118,3m y 113,1m, respectivamente. Para

el caso de las agregaciones tipo "estrato" también los valores mínimos se registran en los años 2005 (43.2m) y 2007 (37.4) y los máximos en 1997 (147.2m) y 1999 (129.7m). En los registros del tipo "disperso" e "individual" no se aprecia una tendencia, presentándose las profundidades máximas y mínimas para el tipo "individual" en el año 1997 (145.9m) y 2004 (37,8m) y para el "disperso" en 1997 (153,9m) y 2004 (36,6m)

Al observar el comportamiento que ha presentado la profundidad media de las agregaciones para los años 1998 a 2007 en la macrozona norte oceánica (**Figura 57a**) se puede destacar que a partir del año 2000 hasta el 2004, se observa una estabilidad en las profundidades medias de las agregaciones, variando entre los 60 y 75 m para luego en el 2005 alcanzar valores cercanos a los 30 m y volver a profundizarse en los dos últimos años (2006 y 2007) alcanzando profundidades medias superiores a los 90 m, cifra cercana al observado en el año 1999 que corresponde al valor máximo detectado en el periodo. Para la zona norte costero en el periodo 2000 a 2007 no se aprecia alguna tendencia en la profundidad media de las agregaciones, variando este valor entre los 40 y 80 m de profundidad, aproximadamente.

Para el caso de la macro zona sur (**Figura 57b**), dado que no se dispone de información del año 2007 se puede señalar que en el área oceánica a partir del año 2001 se observa una tendencia leve a aumenta la profundidad media de las agregaciones, presentando en el año 2006 un valor de 46,8 m, una situación similar se presenta en la zona costera. Los cambios en la distribución vertical, podrían ser explicados por las constantes fluctuaciones a las que se encuentra sometido el sistema de corrientes de Humboldt, debido a la alternancia de eventos frios y calidos (**Escribano e Hidalgo, 2000a, en: Fernández et al., 2002**). Como es sabido el sistema de corrientes de Humboldt a diferencia de otros ecosistemas marinos del borde este, como el de Benguela, de las Canarias y de California, esta sometido a fluctuaciones interanuales ambientales más marcadas, dado que se encuentra bajo la influencia directa de las oscilaciones océano – climáticas del Pacífico de tipo evento "El Niño oscilación del sur", las cuales producen cambios importantes en el ambiente físico, químico y bioquímico afectando la distribución vertical y horizontal del jurel. Un ejemplo de lo anterior se aprecia en los años 1998 y 1999 en que el área estuvo afectada por un evento Niño de alta intensidad, apreciándose que el jurel se ubicó en

profundidades notablemente mayores que en los años siguientes en que las condiciones fueron más normales.

Para comparar estadísticamente las profundidades media de la distribución de los registros de jurel por macrozona, se realizó una ANDEVA para los años de estudio, obteniéndose los siguientes resultados:

- 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) (**Tabla 29**).
- 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.

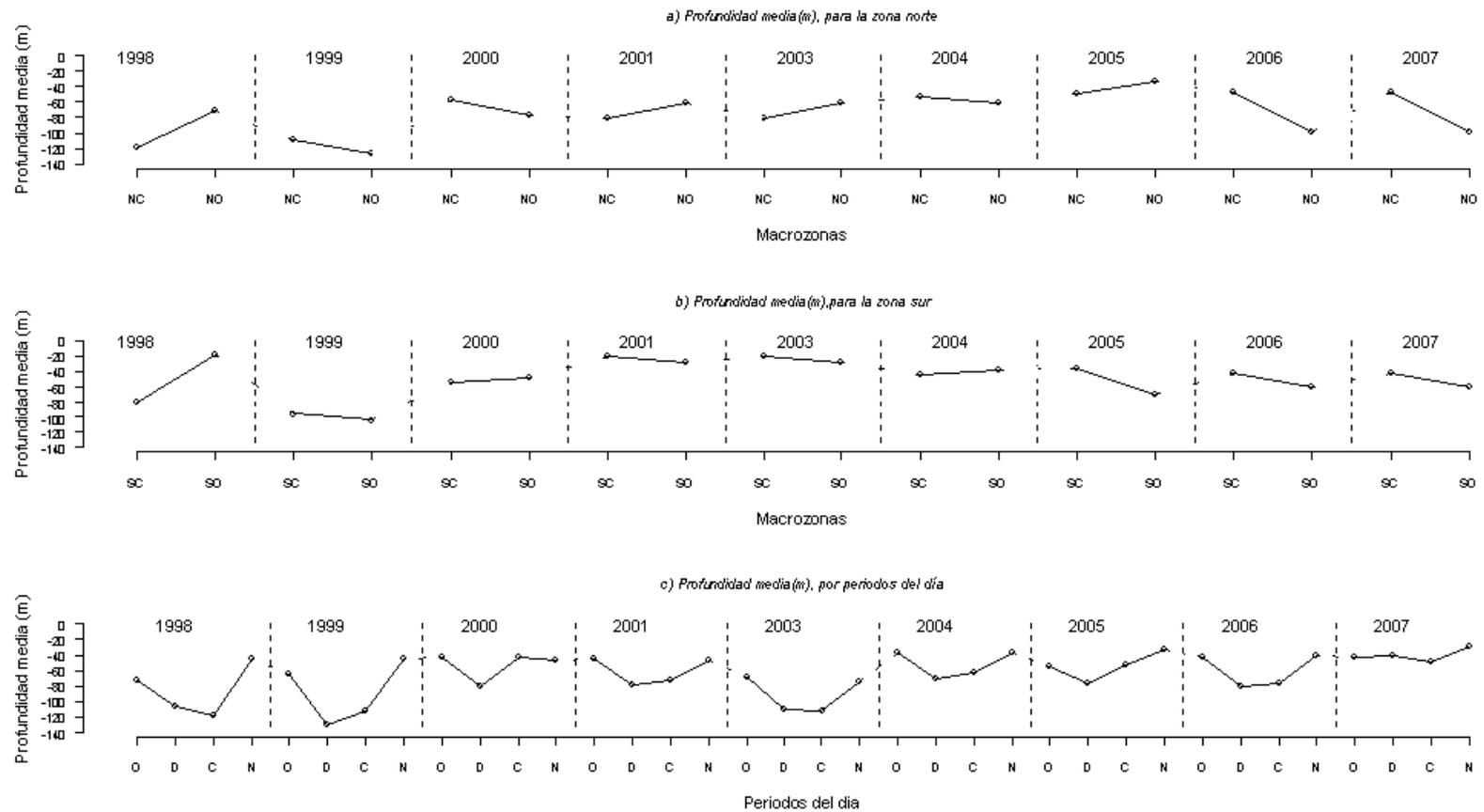


Figura 57. Profundidad media de jurel (m) por macrozona: norte (a), sur (b), donde norte costero (NC), norte oceánico (NO), sur costero (SC) y sur oceánico (SO) y para los periodos del día; orto (O), día (D), crepúsculo (C) y noche (N).

Tabla 31. Inferencia de las macro zonas en la profundidad media por año y los pos - hoc. Inferencia significativa (*) $P < 0,05$ y no significativa (NS), $P > 0,05$.

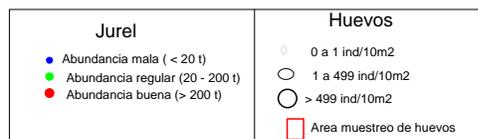
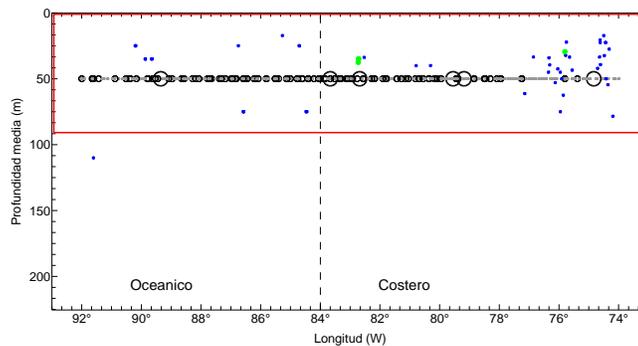
Año	Macrozonas	Profundidad media	n	Norte costero	Norte Oceánico	Sur Costero	Sur Oceánico
1998	Norte costero	118,37	25		NS	NS	*
	Norte oceánico	70,3	3	NS		NS	NS
	Sur costero	79,44	12	NS			*
	Sur oceánico	19,12	9	*			
1999	Norte costero	108,98	199		*	*	NS
	Norte oceánico	126,11	86	*		*	NS
	Sur costero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

En la **Figura 58** se entrega la profundidad media de las agregaciones de jurel detectadas en el periodos diurno en la zona explorada en el presente estudio (macrozona norte) de esta, se puede destacar que no se observan cambios en la profundidad media con la longitud (distancia de la costa), situación que se apreció claramente en noviembre del 2006 tanto en la macrozona norte como sur (**Bahamonde et al 2007**),. Para el caso del periodo nocturno esta información no fue analizada dada la baja cantidad de agregaciones detectadas en ese periodo.

La distribución vertical de los ecotrazos de jurel por macrozonas obtenida durante el crucero (**Figura 58 y Tabla 25**), permite destacar que la especie presentó una distribución batimétrica comprendida entre los 3 y 120 m de profundidad (**Tabla 25**) 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.

a)

Periodo diurno



b) Periodo diurno

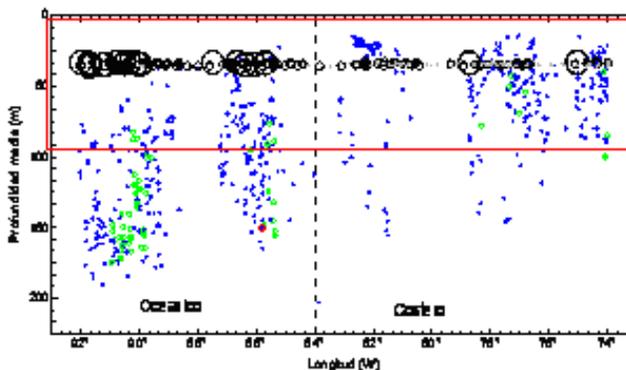


Figura 58. Distribución de zonas de altas densidad de huevos y profundidad media de las agregaciones de jurel, durante el periodo diurno en la macrozona norte costera y oceánica, a) noviembre - diciembre 2007 y b) noviembre 2006.

Finalmente se puede señalar que la distribución vertical de jurel en las macrozonas, estaría relacionada con las densidades de huevos, en zonas de alta densidad, las agregaciones de jurel se distribuyen a mayor profundidad que en zonas de baja densidad de huevos (**Tabla 31 y Figura 58**). Este comportamiento se observa claramente en los años 2001, 2003, 2005 y 2006. En el año 2001 las mayores densidades de huevos se obtuvieron principalmente en la zona norte costera y sur oceánica, donde la distribución de profundidad es significativamente mayor en relación al norte oceánico y sur costero, respectivamente (**Tabla 31**). En el año 2003 la mayor densidad de huevos se observó en el norte costero y norte oceánico, donde las agregaciones mostraron una profundidad significativamente mayor en relación al sur costero y oceánico. En cuanto al año 2005 las mayores profundidades se detectaron en el sector sur oceánico (**Figura 57**), lugar donde principalmente se concentran las altas densidades de huevo (**Tabla 31**) coincidiendo con el patrón expuesto anteriormente. Para el año 2006 las mayores densidades de huevos se observaron en el norte oceánico, área donde el jurel presentó mayores profundidades de distribución (**Figura 58**). Sin embargo en el 2007 no se observa este comportamiento lo cual sería como consecuencia del bajo número de registros detectado y las reducidas áreas de alta abundancia de huevos. Lo anteriormente descrito sugiere que el desove del jurel se realiza a profundidades relativamente altas, mayores a otras especies pelágicas pequeñas.

- Altura media de los ecotrazos

El tipo de agregación y los periodos del día no presentan una diferencia significativa ($p < 0.05$) en la altura promedio de los ecotrazos. Sin embargo es posible observar variaciones en la altura promedio, tanto por agregación como por periodos del día.

Al analizar la altura media por tipo de agregación para los años 1998 a 2007 (**Figura 59 y Tabla 30**), se puede señalar que a partir del año 2005 se aprecia una tendencia a aumentar la altura media en todos los tipos de agregaciones, registrándose el mayor incremento en el tipo cardumen. La altura promedio de las agregaciones en el período, presentaron una variación entre 16,0 m y 31,1 m alcanzándose el mayor valor en el crucero de noviembre del año 2003. Los valores máximos de altura media se detectaron en los años para el ecotrazo del tipo cardumen con 50,0 y 36,2 m, respectivamente y en el año 2003 para el tipo disperso (37,4m). En relación a los valores mínimos, estos se detectaron para la agregación de tipo disperso e individual con valores de 13,0 (1998) y 13,1m (2001), respectivamente.

En el ciclo de 24 horas se observó la mayor altura media de los registros (36,5 m) en el año 2003 (**Figura 59**) estando asociada al crepúsculo y la menor altura (7,6 m) durante la noche, en el año 2007. Las mayores alturas medias de los ecotrazos de jurel para el día, crepúsculo y noche se detectaron en el año 2003, con valores de 30,2, 36,5 y 30,2 m, respectivamente. Para el orto, este valor se detectó en el año 1999, siendo el segundo valor en magnitud el alcanzado el año 2003 (26,9m).

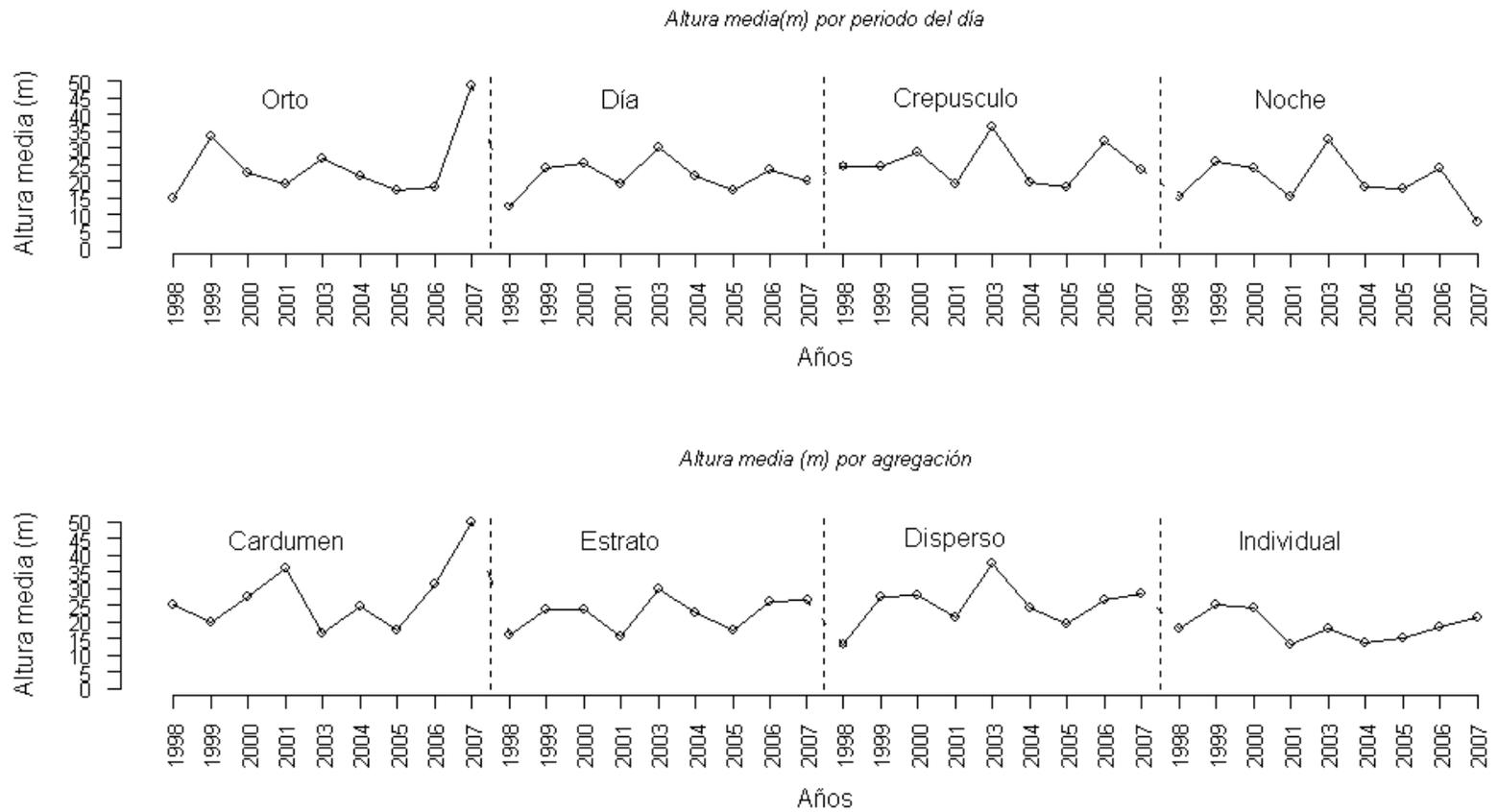


Figura 59. Altura media (m) de las agregaciones y periodo del día entre 1997 y 2007.

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

En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2007 el número de cluster/10.000mn² ha variado entre 2 (2007) y 55 (1999) presentándose en los años 1997,1999, 2003, 2004 y 2006 los valores más altos (entre 49 y 54) correspondiendo también a los años donde se detectaron los índices de cobertura (IC) de mayor magnitud (**Tabla 30, Figura 60**), sin embargo es importante destacar que en año 2006 aún cuando se detectó un alto número de cluster (50), el IC observado no fue alto , lo cual estaría indicando que en este año, el recurso se encontraba más agregado. En relación al IPE este sigue la misma tendencia del IC:

Al considerar sólo los valores máximos de IC, se puede observar una tendencia a la disminución de este índice, registrándose el valor más bajo del periodo en el año 2007 (0,39), una situación similar se presenta el IPE (**Figura, 60**).

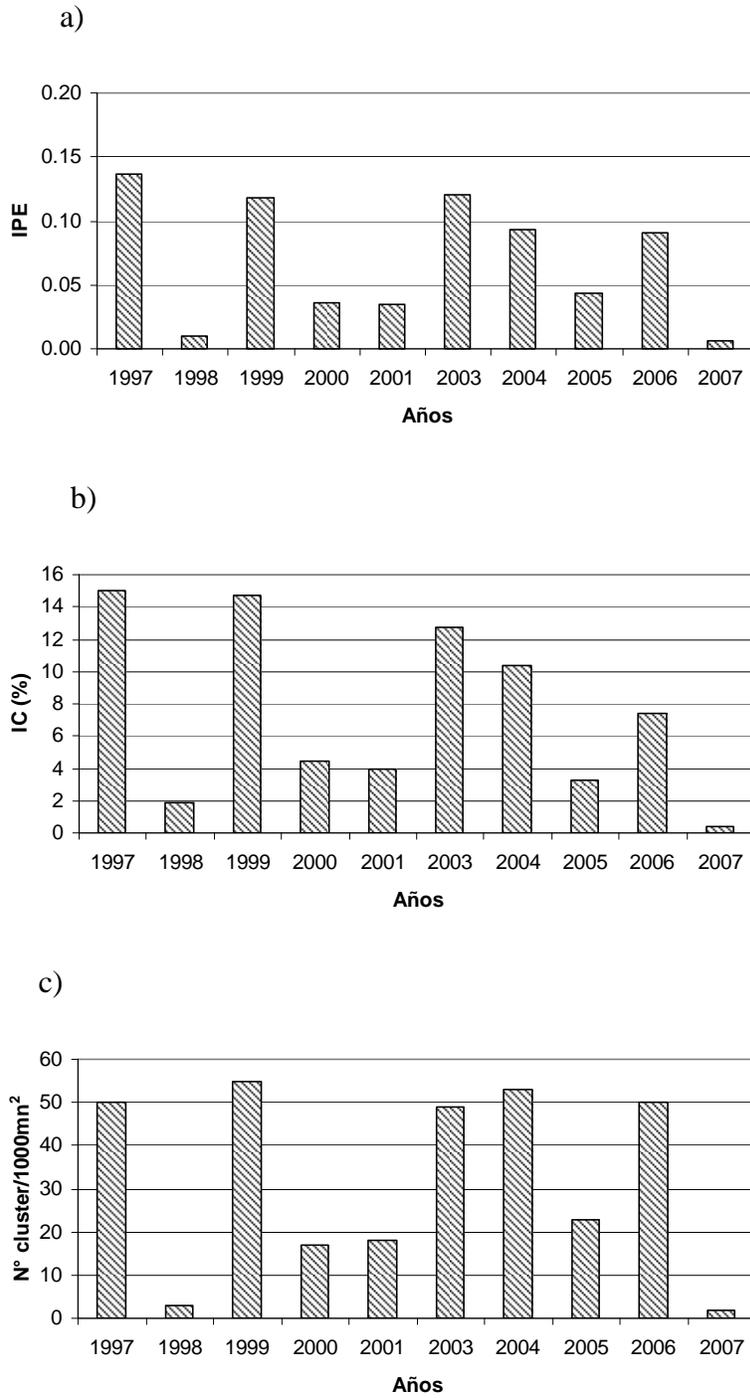


Figura 60. Índice de presencia de ecotrazos (a), índice de cobertura (b) y número de cluster por 10.000mn² (c) entre 1997 y 2007.

7.7.8 Índice sintético de presencia de huevos (1997-2007)

Para el período de estudio se observa un índice sintético de presencia de huevos (IA) que fluctuó entre 1,0 (2007) y 46,3% (2001) (**Figura 61**). Mientras que el índice de cobertura varió entre 0,39 (2007) y 14,92% (1997), observándose que en los años 1997, 1999 y 2003 se obtuvo un alto IC y un bajo IA, mientras que en los años 1998, 2000 y 2001 se alcanzó una situación inversa, bajo IC y alto IA. El año 2004 y 2006 se reportó una situación intermedia, mientras que en el año 2005 y 2007 se obtuvieron los IC y IA más bajos del periodo de estudio, indicando estos valores la existencia de una fuerte disminución del área de alta abundancia de huevos y una disminución en la presencia del recurso. Al 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.

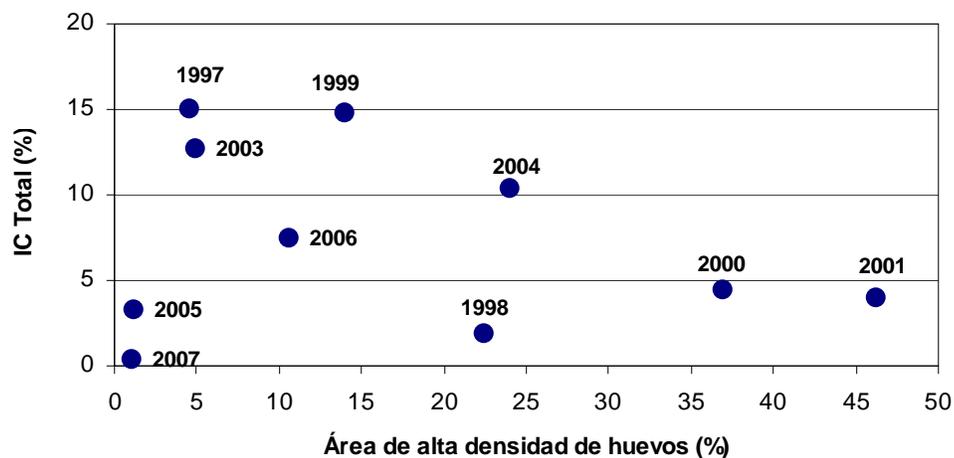


Figura 61. Índice de cobertura total (IC) e índice sintético de la presencia de huevos (IA), entre 1997 y 2007.

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

Durante el periodo 1997 – 2007 el índice de concentración indicaba que el comportamiento del jurel y los huevos era diferente en cuanto al uso del espacio, las curvas de Lorenz mostraban que el jurel presentaba una distribución más gregaria que los huevos en todos los cruceros realizados. En los años 1998, 2000, 2001, 2004 y 2006 el jurel tenía una distribución más gregaria que los años 1997, 1999 y 2003 (**Figura 62 y 63**). Al analizar la curva de los huevos se puede señalar que en los últimos tres años (2004, 2005, 2006 y 2007) los huevos han presentado un comportamiento más gregario que en los años anteriores.

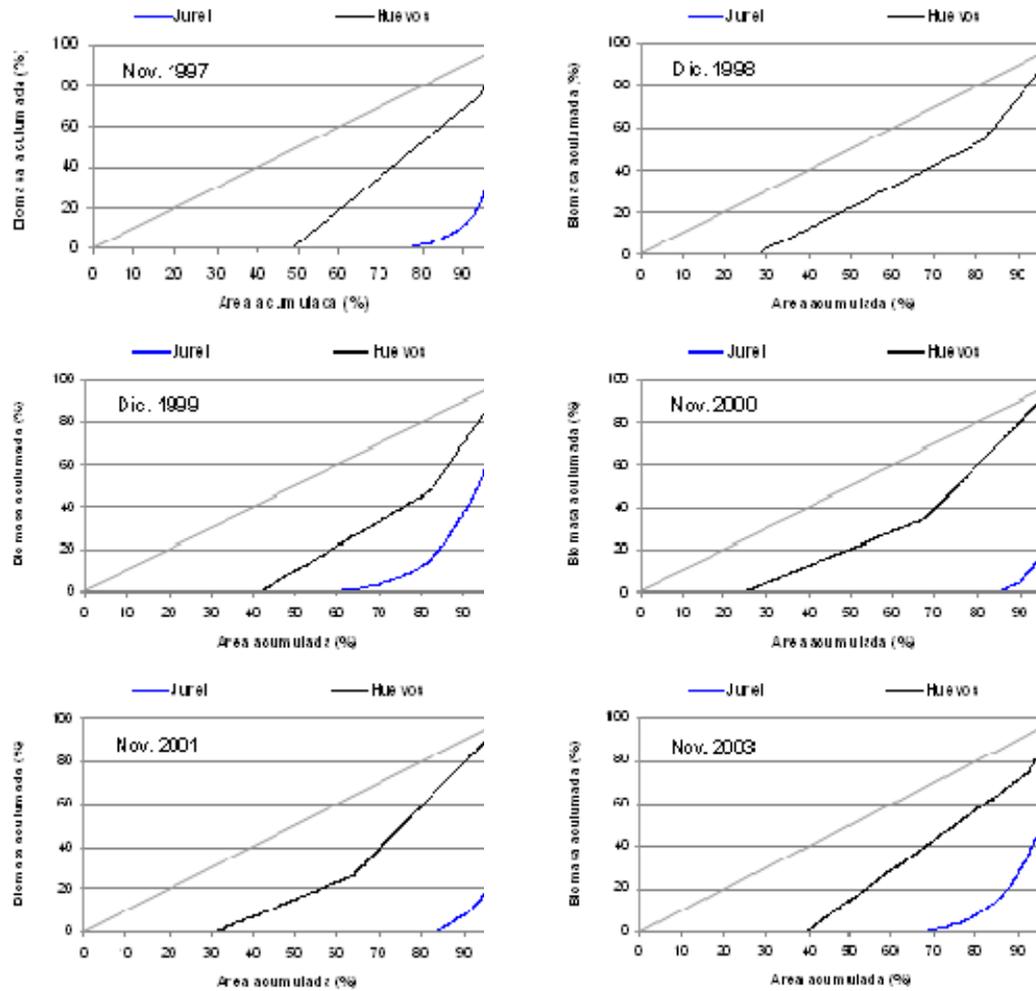


Figura 62. Curva de Lorenz para el jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2003.

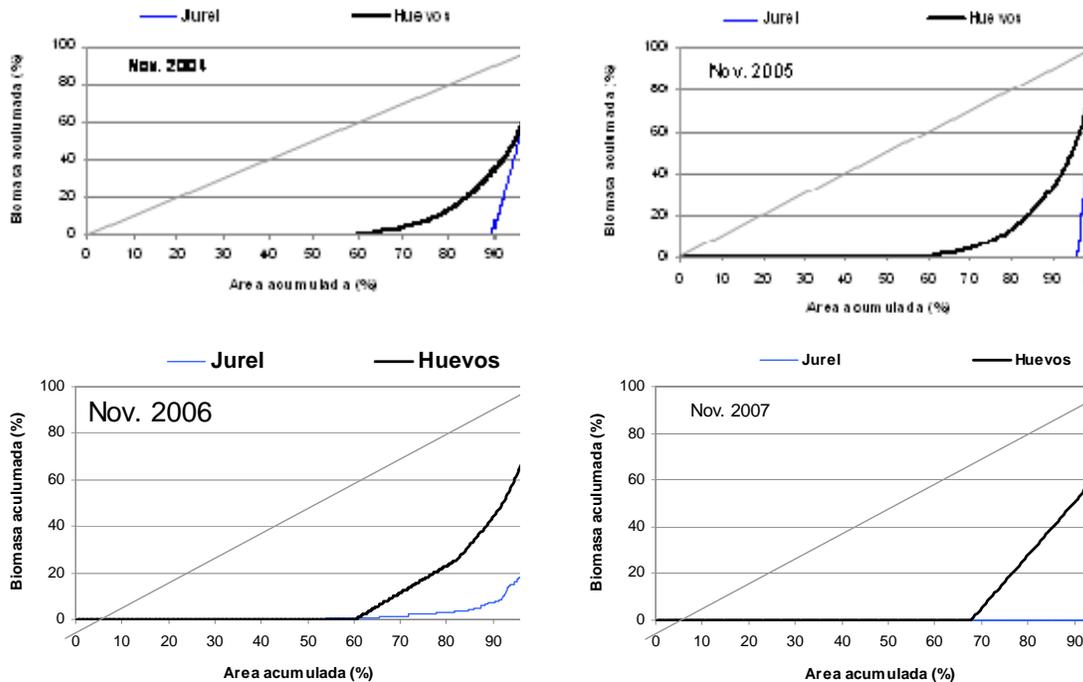


Figura 63. Curva de Lorenz para jurel y huevos de jurel para los cruceros 2004 a 2007

El índice de Gini para el jurel en el período 1997 a 2007 (**Figura 64**), varió entre 0,81 (1999) y 0,98 (año 1998) estimándose para noviembre del 2007 el segundo valor en magnitud (0,97), lo cual estaría indicando que en ese periodo el jurel se encontraba altamente agregado. Para el caso de los huevos de jurel el índice de Gini fluctuó entre 0,41 (2000) y 0,82 (2005), siendo importante destacar que este índice entre los años 1997 a 2004 se mantuvo entre 0.4 y 0.6 para subir a valores cercanos a 0,8 (**Figura 64**) en los últimos tres años (2005 a 2007) lo que estaría indicando una alta agregación de los huevos.

En el periodo 1997-2004 el índice de Gini del jurel y los huevos tenían un comportamiento inverso, indicando que cuando los huevos se presentaban más uniformemente distribuidos el jurel se reportaba más agregado. Sin embargo este comportamiento presenta un cambio en los años 2005, 2006 y 2007 donde los huevos presentan una mayor agregación, siendo más cercana a la presentada por el jurel.

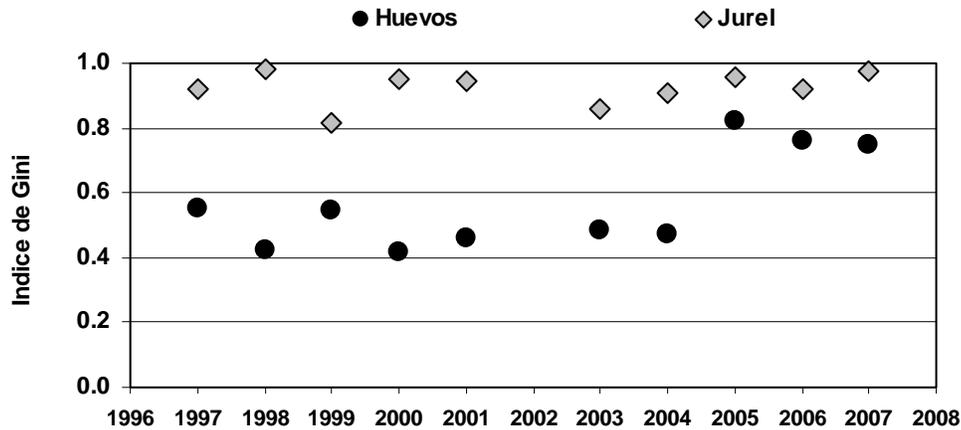


Figura 64. Índice de Gini para jurel y huevos de jurel para los cruceros 1997 a 2007.

7.7.10 Análisis de estructura espacial de jurel y huevos

Para el análisis de la estructura espacial de jurel y huevos se consideraron 8.223 observaciones para la variable de abundancia de jurel y profundidad media de las agregaciones y 431 para densidad de huevos entregándose en la **Tabla 32** la estadística descriptiva de estas.

Tabla 32. Estadística descriptiva de las variables en estudio.

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	Muestras positivas	d.e.	Varianza
Abundancia jurel	8223	0,007	0	2	53	0,088	0,0079
Profundidad agregación (m)	8223	0,274	0	110	53	3,759	14,132
Huevos (n°/10m ²)	431	41,11	0	1167,13	119	120,44	14506,25
TSM (°C)	431	16,53	11,80	19,40	431	1,39	1,9337

a. Análisis Estructural.

En el análisis espacial, se calcularon los semivariogramas experimentales para cada una de las variables en estudio, abundancia de jurel, profundidad de la agregación, densidad de huevos y TSM (**Figuras 65 y 66**). La amplitud de Lag utilizada en la abundancia de jurel y profundidad de la agregación corresponde a 1 mn, en cambio para la densidad de huevos y TSM fue mayor, igual a 18 mn.

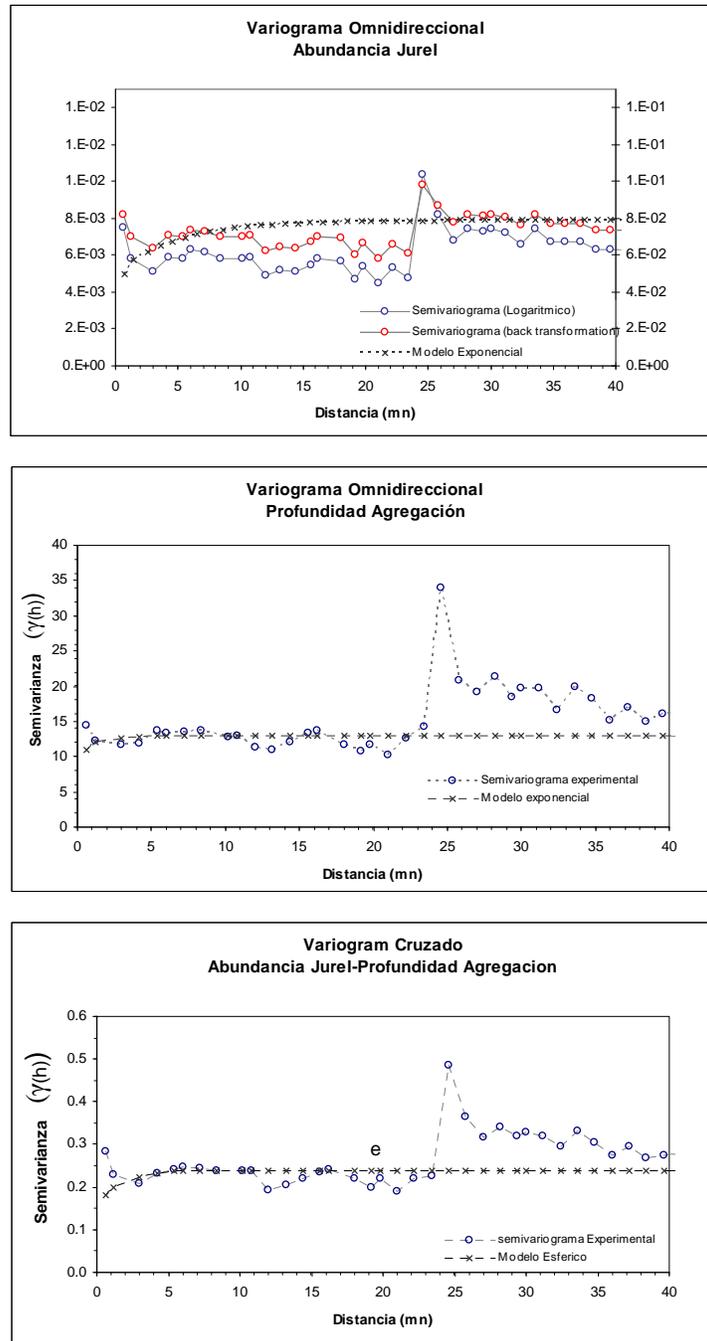


Figura 65. Variograma Omnidireccional experimental y teórico para: a) Abundancia jurel b) Profundidad agregación y c) variograma cruzado abundancia jurel- profundidad agregación.

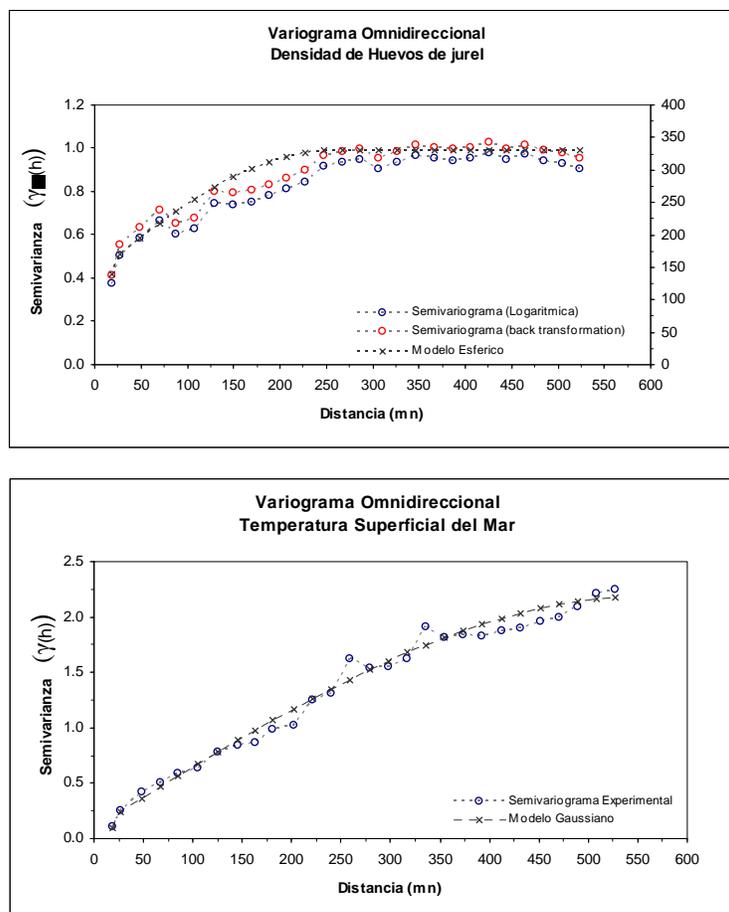


Figura 66. Variograma Omnidireccional experimental y teórico para: a) densidad de huevos, b) Temperatura superficial del mar.

Para la estimación de la estructura espacial de la abundancia de jurel y densidad de huevos, se aplicó una re-transformación del semivariograma experimental de acuerdo a lo propuesto por **Rivoirard et al (2000)**, siendo los modelos exponencial y esférico que describen adecuadamente la estructura espacial. Para las variables profundidad de la agregación y TSM, los modelos ajustados fueron de tipo exponencial y esférico, respectivamente. Los parámetros obtenidos en el modelamiento de cada variable se presentan en la **Tabla 33**. El rango, que indica la zona de influencia y la distancia máxima de correlación entre las muestras, alcanza un máximo de 4,2 mn para la variable abundancia de jurel y 258 mn para la densidad de huevos. Se destaca, la diferencia de gran magnitud encontrada para los rangos obtenidos en la abundancia de jurel y la densidad de huevos.

Tabla 33. Modelos teóricos ajustados a las variables en estudio (Estructura espacial)

Variable	Modelo	Nugget	Meseta	Rango (mm)	RSS	WSS (Cressie, 1985)
Abundancia jurel	Exponencial	0,0048	0,001	4,2	3,75E-05	18018,82
Profundidad agreg. (m)	Exponencial	11	2	5,4	1,06E05	179.294,88
Densidad Huevos (n°/10m ²)	Esférico	0,38	0,56	258	1,00E-02	276,05
TSM °C	Esférico	0,092	2,1	564	1,88E-01	317,84
Abund. Jurel-Prof. Agreg. (cross-variogram)	Esférico	0,18	0,057	5,34	1,03E-01	47.657,25

La meseta, que cuantifica el nivel máximo de variabilidad entre las muestras, presenta diferencias entre las variables, los mayores valores están asociados con las variables profundidad de la agregación y TSM. No obstante lo anterior, se puede señalar, que si bien existen diferencias estas responden al tipo de variable, por lo que es posible contrastar esta información con el aporte de cada parámetro al modelo (meseta y nuggett) medido en porcentaje de contribución. La contribución del nugget sobre la variabilidad total fluctuó entre un 40,42 y 84,61% para todas las variables, sin embargo para la TSM se determinó un valor de 4,19% (**Tabla 33**).

Se calculó el índice de dependencia espacial para comparar los modelos ajustados a las variables y medir la fuerza de correlación entre las muestras, indicando que mientras más alto es el valor de *Spd* (Spatial dependence index), mayor es la dependencia espacial que existe sobre el rango de separación de las distancias modeladas (Stelzenmüller *et al*; 2004). El valor de dependencia espacial decrece en el siguiente orden TSM, *Spd*=95,8; Densidad de huevos, *Spd*=59,53 Abundancia de jurel, *Spd*=17,24 y Profundidad de la agregación, *Spd*=15,38 (**Tabla 34**).

El ajuste de modelos teóricos se realizó teniendo en consideración 3 criterios mediante la minimización de sus funciones, RSS (Residual sums squares) proporcionado por el software GS⁺ (Gamma design software, 2004), WSS (Weighted sums squares) propuesto por **Cressie (1985) (Ribeiro and Diggle, 2006) y Gof (goodness of fit) (Rivoirard *et al*; 2000)** (**Tabla 33**

y 34). El criterio RSS, muestra un mínimo valor para el modelo obtenido en el ajuste de la variable abundancia de jurel, diferenciándose de los criterios WSS que se presenta en la densidad de huevos y Gof para la TSM.. En general, los variogramas teóricos ajustados mostraron un valor de Gof cercano a cero, lo que indica que las diferencias entre los estimados y los observados son pequeños, siendo el mínimo valor encontrado para la variable TSM con un valor de 0,00575.

Tabla 34. Parámetros de correlación espacial.

Variable	Modelo	C ₀	C	C ₀ / (C ₀ + C)(%)	Spd	Gof (Rivoirard et al, 2000)
Abundancia jurel	Exponencial	0,0048	0,001	82,75	17,24	0,0074
Profundidad agreg. (m)	Exponencial	11	2	84,61	15,38	0,0093
Densidad Huevos (n°/10m ²)	Esférico	0,38	0,56	40,42	59,53	0,0069
TSM °C	Esférico	0,092	2,1	4,19	95,8	0,00575
Abund. Jurel-Prof. Agreg. (cross-variogram)	Esférico	0,18	0,057	75,94	24,05	0,0164

En el análisis espacial se detecto un comportamiento anisotrópico de las variables, el cual no fue considerado en el modelamiento, porque se recomienda que cuando el factor de anisotropía, definido como el cuociente de los rangos de los semivariogramas para las direcciones de máxima y mínima continuidad, es menor que 2, se puede asumir la existencia de isotropía (Moral y Marques, 2002). Este es el caso de las variables en estudio para las cuales se obtuvo un factor de anisotropía menor que 2.

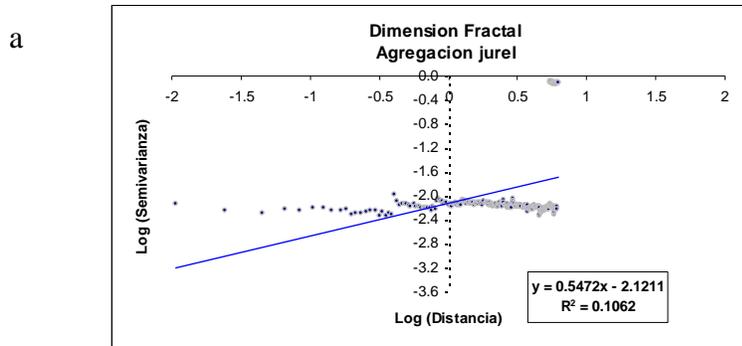
b. Análisis correlación espacial

Semivariogramas Cruzados.

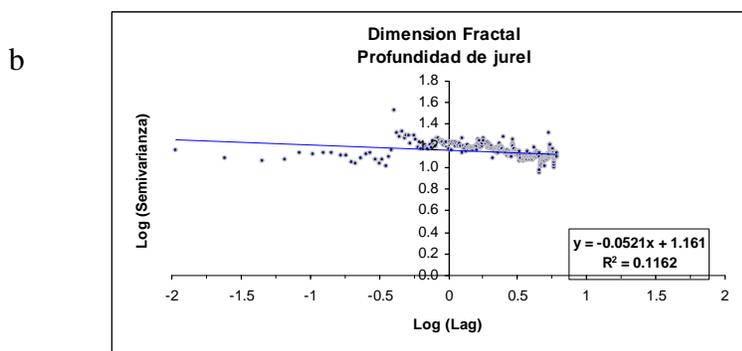
Se utilizó la función semivariogramas cruzados utilizando dos variables, abundancia de jurel y profundidad de la agregación (**Figura 65c**). Los modelos teóricos ajustados son el tipo esférico para la abundancia de jurel. Los parámetros obtenidos en el modelamiento de la asociación descrita, comparativamente con la abundancia de jurel muestran una mayor zona de influencia o rango para la relación abundancia de jurel y profundidad de la agregación (**Tabla 33**). Los valores obtenidos para el parámetro meseta presentaron fluctuación, con un rango entre 0,001 y 0,057, sin embargo el nugget obtenido para la abundancia de jurel considerablemente menor (0,0048) que la relación entre abundancia de jurel y profundidad de agregación (0,18) (**Tabla 33**). En consecuencia, el índice de contribución del parámetro nuggett es mayor para la abundancia de jurel. El índice *Spd* indica una mayor dependencia espacial para la relación abundancia de jurel y profundidad de la agregación con un 24,05% y 17,24% para la abundancia de jurel. A través del criterio Gof es posible el mejor ajuste obtenido para la abundancia de jurel. (**Tabla 34**).

Dimensión Fractal.

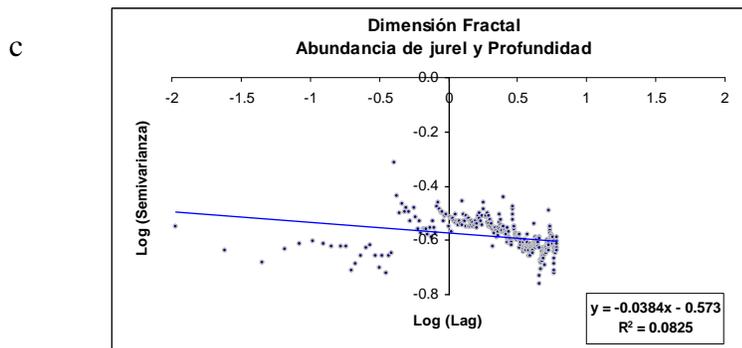
Se aplicó la dimensión fractal *D*, utilizando los valores del semivariograma experimental para definir la relación log-log y posterior cálculo de *D*, a través de un análisis de regresión (**Dubois et al; 2002**). La dimensión fractal calculada para las variables abundancia de jurel, profundidad agregación y la relación de estas, fluctúa entre 1,974 y 1,995 (**Figura 67**), en cambio para la densidad de huevos, TSM, se observa una dimensión fractal menor, con valores de 1,893 y 1,599 (**Figura 68**), esto indica que existe una mayor dependencia espacial para estas variables que aquellas relacionadas con abundancia de jurel, siendo de mayor intensidad la dependencia espacial para la relación densidad de huevos y TSM.



Dimension fractal (D)=1,995

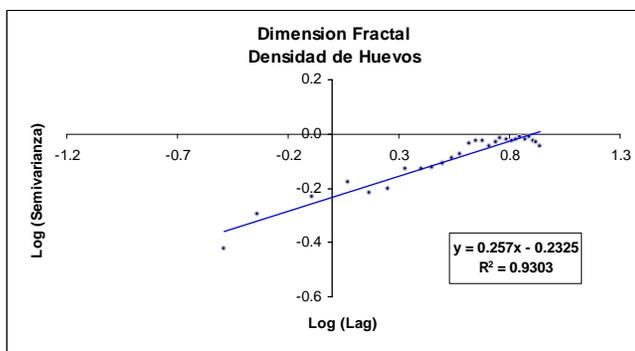


Dimension fractal (D)= 1,974

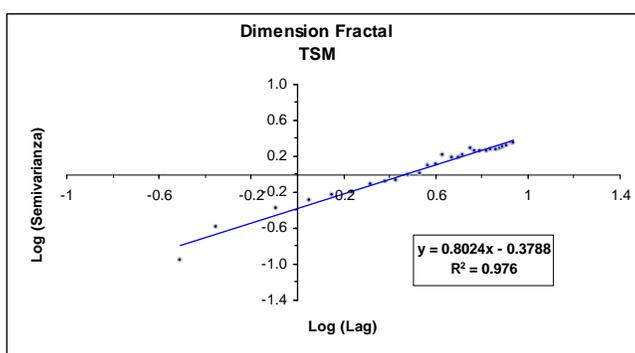


Dimension fractal (D)=1,981

Figura 67. Relación lineal log(semivarianza) y log(distancia) para el cálculo de dimensión fractal en: a)abundancia jurel, b)profundidad agregación y c)asociación abundancia jurel-profundidad agregación.



Dimension fractal (D)=1,893



Dimension fractal (D)=1,599

Figura 68. Relación lineal log(semivarianza) y log(distancia) para el cálculo de dimensión fractal en: a) densidad de huevos jurel, b) temperatura superficial del mar.

c. Interpolación.

Una vez analizada la estructura espacial, se generó un mapa mediante la aplicación del método de interpolación Kriging para semivariogramas, graficándose la distribución de las variables abundancia de jurel, densidad de huevos y TSM con interpolación Kriging (**figura 69, 70 y 71**).

Para la abundancia de jurel se observa una distribución en el sector norte del área de estudio en general con agregaciones de baja abundancia sin focos importantes (**Figura 69**). Para la densidad de huevos, se observa focos de alta abundancia muy pequeños y aislados con una mayor presencia en la macrozona norte costera (**Figura 70**). Para la variable

temperatura se puede señalar que al sur de los 34° S, se encuentran aguas más frías que son arrastradas hacia el sector oceánico, además las mayores temperaturas se distribuyen hacia el norte de los 36°LS, en el sector oceánico.

La superposición de los mapas de distribución de las tres variables indica que en el sector norte oceánico, se encuentran las altas densidades de huevos y abundancia de jurel asociados a TSM bajo la isoterma de 17,5°C.

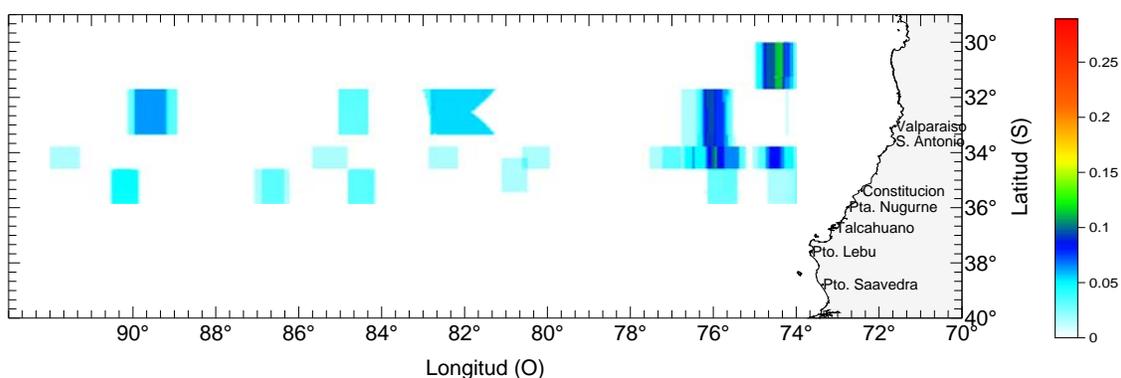


Figura 69. Distribución de la Abundancia de jurel ($\log(\text{abundancia de jurel})$) por método de interpolación kriging.

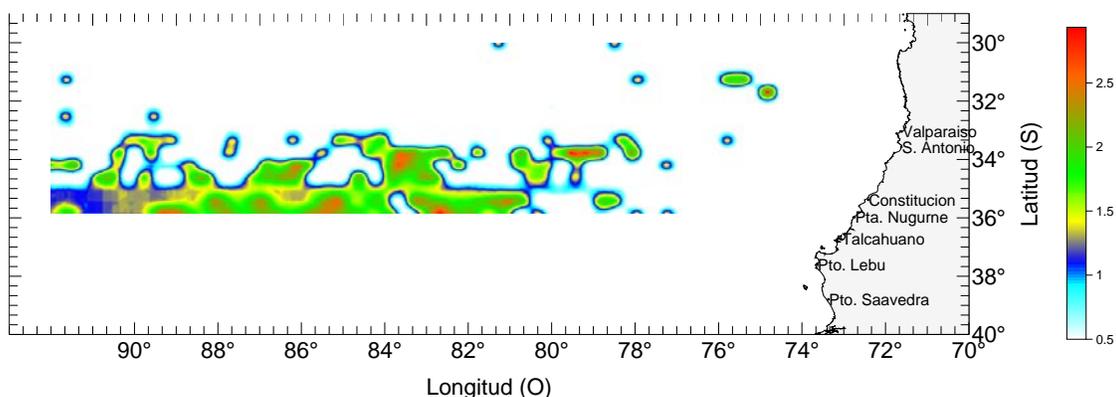


Figura 70. Distribución de la Densidad de huevos ($\log(\text{n}^\circ\text{huevos}/10\text{m}^2)$) por método de interpolación kriging.

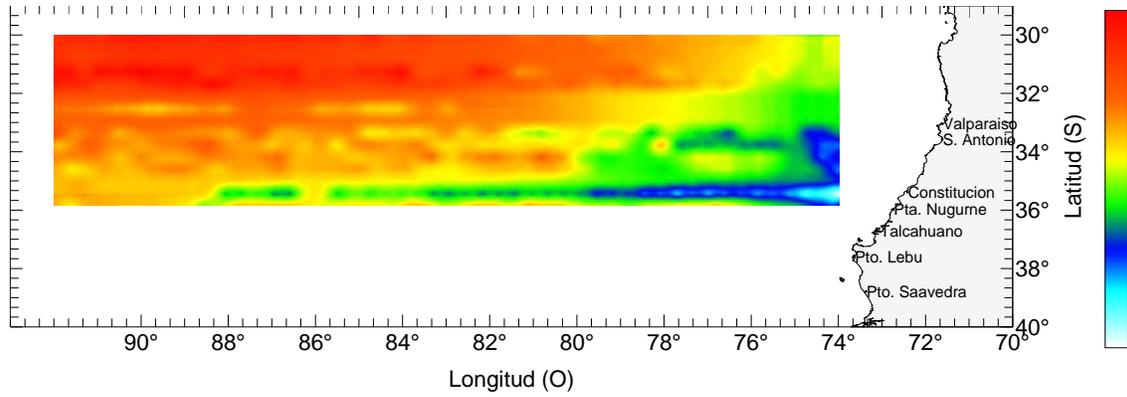


Figura 71. Distribución de la Temperatura superficial del mar durante el periodo de estudio.

7.8 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 observar la serie histórica disponible (**Tabla 35**), se aprecia que este indicador ha mostrado importantes fluctuaciones, presentándose en el período 1999-2001 las mayores biomazas del orden de los 5 millones de toneladas. A partir del año 2003, se verifica una baja significativa, con un rango de biomazas que va desde el millón de toneladas para los años 2003 y 2005 y de tres millones para los años 2004 y 2006. 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.

En noviembre de 2007, la ejecución de este proyecto se realizó bajo un escenario un tanto diferente de los otros años. Hubo una menor cobertura del área que tradicionalmente se prospecta, producto de la baja participación de naves, condiciones oceanográficas particulares

(aguas frías) y una muy baja disponibilidad del recurso en el área de estudio. Producto de ello, no fue posible contar con un número adecuado de ejemplares para estimar los parámetros reproductivos necesarios para la estimación de la Biomasa Desovante, contando sólo con la estimación de la producción diaria de huevos del año 2007.

Para el año 2007, la estimación de la biomasa desovante se realizó mediante dos vías. La primera, fue empleando los parámetros reproductivos estimados el año 2006, asumiendo que los parámetros reproductivos peso promedio de hembras maduras, fecundidad media poblacional y proporción sexual, son atributos de la población que no varían drásticamente en una población de un año a otro. Esto se puede apreciar sobretodo en el caso de la proporción sexual, la cual ha mostrado para toda la serie analizada una baja variación, presentando un valor cercano a 0.5 (**Tabla 35**). En relación con el peso promedio de una hembra madura, se aprecia un aumento progresivo del peso, situación que es concordante con los pesos observados en la fracción que está afecta a la explotación comercial en la zona centro-sur de nuestro país. En el caso de la fecundidad media poblacional, este ha presentado el mismo patrón, lo cual es lógico si se tiene en cuenta que la fecundidad depende en forma directa del peso del ejemplar. Sólo la fracción de hembras desovantes presenta un comportamiento más fluctuante, siendo el valor estimado el año 2006 el más bajo de la serie. Con todos estos antecedentes, se estimó la biomasa del año 2007 en 626 mil toneladas, valor más bajo de toda la serie histórica (**Tabla 35**).

A manera de ejercicio y sólo para ver el comportamiento de este indicador, se estimó la biomasa desovante mediante una segunda alternativa, que fue empleando los parámetros reproductivos del año 2006, pero modificando la fracción de hembras desovantes. Basándose en antecedentes previos descritos para *T. Symmetricus* (**Macewicz & Hunter, 1993**) y para *T. Trachurus* (**Karlou-Riga & Economidis, 1997**), en los cuales se reportan frecuencias de desove de un 15-20 %, se infiere que la fracción de hembras desovantes sería mayor que la reportada el año 2006 (= 0.07). Es por ello que se empleó un valor un tanto mayor de 0.11, el cual es un promedio de los años 2005 y 2006. De esta forma, se estimó un valor de Biomasa desovante de sólo 412 mil toneladas, cifra esperable si se considera un aumento en la frecuencia desove.

Dado que la frecuencia de desove es un parámetro sujeto a mucha incertidumbre y que en contraste a ello, el resto de los parámetros reproductivos no presenta grandes variaciones de un año a otro, se podría 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 72**, se presenta la serie histórica de Po 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.

Tabla 35. Estimación de la Biomasa Desovante de Jurel y sus parámetros asociados.
Período 1999-2007.

AÑOS	Peso (g)	Fecundidad Media poblacional (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 (Toneladas)
1999a	191.8	26610	0,12	0,43	65.28	829607	663747	80.0	5723933
2000	211.0	26069	0.15	0.47	49.16	1011802	823077	81.3	4688208
2001	223.7	27150	0.10	0.39	46.22	762883	600320	78.7	5626963
2003	394.7	39846	0.09	0.48	9.20	871179	647968	74.4	1387804
2004	412.1	39957	0.19	0.48	27.32	1385613	1054352	76.1	3287439
2005	364.7	40463	0.14	0.47	9.94	1222143	773603	63.3	1042706
2006	532.4	48213	0.07	0.49	14.79	1343682	682550	50.8	3282628
2007b	532.4	48213	0.07	0.49	3.56	1420837	544583	38.3	626465
2007c	532.4	48213	0.11	0.49	3.56	1420837	544583	38.3	412905

a: Estimación de la Biomasa Desovante realizada con parámetros reproductivos de los años 2000 y 2001 (promedio).

b: Estimación realizada con los parámetros reproductivos del año 2006.

c: Estimación de la Biomasa Desovante empleando los parámetros reproductivos del año 2006, pero variando la frecuencia se desove, estimada como un promedio de los dos últimos años.

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 36**), 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 36**). 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 huevos observada en la gran área tradicional de desove de jurel. Por lo tanto, el bajo valor de Biomasa desovante, se explicaría en gran parte por este cambio en los patrones de agregación del recurso, sin descartar otras posibles causas.

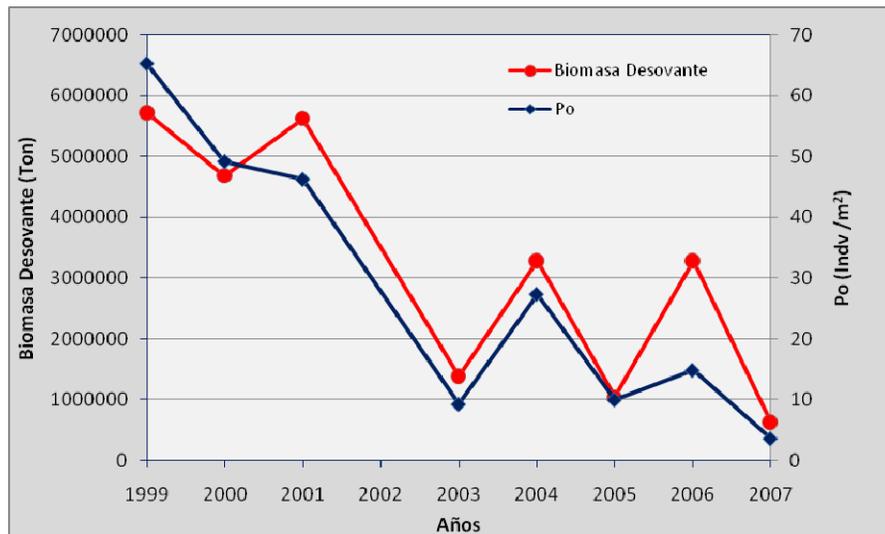


Figura 72. Estimación de la biomasa desovante de jurel, periodo 1999-2007 v/s la Estimación de la Producción Diaria de huevos para el mismo periodo.

Tabla 36. 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	5.723.933
2000	5.600.000		5.600.000	4.688.208
2001	5.970.000		5.970.000	5.626.963
2002	1.990.000		1.990.000	
2003	881.000	1.759.000	2.640.000	1.387.804
2004	540.000	3.380.000	3.920.000	3.287.439
2005	510.000	3.600.000	4.110.000	1.042.706
2006	596.000	2.591.000	3.187.000	3.282.628
2007	91.000	3.049.000	3.140.000	626.465

8 DISCUSION

El crucero del año 2007 estuvo sometido a varios inconvenientes a la hora de su ejecución. Es sabido que uno de los factores más importantes para el desarrollo exitoso de este proyecto, es contar con el apoyo de la industria pesquera, la cual proporciona las embarcaciones que cubrirán mediante transectas, la extensa área de desove de este recurso.

El año 2007 se caracterizó por ser un año más frío de lo normal, siendo este factor una de las posibles causas del cambio en la disponibilidad de jurel frente a nuestras costas. La virtual ausencia de este recurso en las zonas de pesca históricas, generó que al momento de la ejecución del proyecto, muchas de las pesqueras que tenían comprometida su participación, desistieran de él, ya que les quedaba un importante remanente de jurel aún por extraer.

Finalmente, el crucero logró realizarse, sin embargo el número de transectas (10) no fue suficiente para abarcar en su totalidad el área de desove de jurel, quedando el sector sur sin posibilidad de ser cubierto (de los 36°00'S a los 38°00'S).

En relación a las condiciones ambientales del área de desove de jurel, la temperatura superficial del mar registró valores muy similares a los encontrados en noviembre de 2006 (11,8-19,4°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 algunas áreas del estudio, fueron favorables a la aparición de importantes núcleos de desove.

La distribución espacial de huevos y larvas presentó un grado de cobertura moderado en el área de estudio, lo cual se pudo ratificar con el bajo porcentaje de estaciones positivas registrado (26.5 y 30.1% respectivamente). La distribución espacial de ambos reveló que las mayores abundancias estuvieron circunscritas al cuadrante inferior del área de estudio, esto es, al sur de los 33°00'S.

El año 2007, reportó las densidades de huevos más bajas de la serie (39,8 huevos en 10 m²), sin embargo, es importante destacar que a pesar de ello, las zonas de mayor ocurrencia de huevos en este proyecto (entre los 33°00'S-35°50'S y los 78°00'W-90°00'W), son similares a las reportadas en años anteriores.

Es importante señalar que tanto para huevos como para larvas, no fue posible evaluar de buena manera los principales focos de abundancia, quedando cortada la distribución de ambos en el extremo inferior izquierdo del área de estudio. Esto se debió principalmente a la falta de autonomía de las naves, no siendo posible muestrear con la metodología actual, más allá de los 92°00'W y a la falta de cobertura al sur de los 36°00'S, producto del bajo número de naves que participaron en este crucero. Queda de manifiesto la importancia de reevaluar la metodología de muestreo con la finalidad de poder abarcar más hacia el oeste y de enfatizar la importancia que tiene el apoyo de la industria pesquera en la ejecución de este proyecto.

Con respecto a la caracterización de la condición reproductiva de jurel en el área de estudio, se obtuvo un número reducido de muestras como para poder responder en propiedad este aspecto, debido principalmente a la baja disponibilidad del recurso. Esto se corrobora con las bajas capturas obtenidas (sólo 4 lances positivos de un total de 18, con capturas menores a 55 kilos). Producto de esta situación, no fue posible contar con un número adecuado de ejemplares para estimar los parámetros reproductivos necesarios para la estimación de la Biomasa Desovante, contando sólo con la estimación de la producción diaria de huevos del año 2007.

Empleando los parámetros reproductivos estimados el año 2006 y bajo el supuesto de que estos parámetros son atributos de la población que no varían drásticamente de un año a otro (a excepción de la fracción de hembras desovantes), se estimó la biomasa desovante de jurel para el año 2007 en 626 mil toneladas, siendo la cifra más baja de toda la serie y no comparable con ningún otro año de estudio. Una de las posibles explicaciones de esta bajo valor, está relacionada con las condiciones bajo las cuales se desarrollo el crucero. El año 2007 se caracterizó por ser un año frío, lo cual habría acentuado el cambio en la disponibilidad y

patrones de agregación frente a Chile centro-sur, situación ya venía observándose desde el año 2002. Por lo tanto, la no obtención de ejemplares adultos necesarios para caracterizar la condición biológica de jurel y las bajas abundancias de huevos observadas, serían resultado de este cambio en la distribución del recurso más que una posible reducción de este. Todos estos antecedentes sumados a una menor cobertura del área de estudio, habrían sido las principales causas de la drástica baja de este indicador.

En relación a la caracterización de las agregaciones de jurel en el área de estudio, era de esperar dado todos los antecedentes previamente descritos, que la distribución espacial de jurel obtenida en este estudio no mostrara zonas importantes de concentración del recurso (stock parental) siendo coincidente con el patrón observado en anteriores prospecciones realizadas en la zona de estudio, donde es característico el predominio de abundancias clase "baja" con escasos registros de categorías "media" .

9 CONCLUSIONES

Para el área prospectada, la TSM reveló un rango térmico entre los 11,8 y los 19,4°C, situación muy similar a lo registrado en el crucero de Noviembre de 2006 (12,1 – 19,9 °C). Aguas más cálidas (> 18°C) fueron reportadas sólo en el vértice NW del área de estudio, al norte de los 34°S y al oeste de los 85°W. La distribución espacial de la TSM se caracterizó por presentar mayor variabilidad meridional y escasa variación zonal en el área prospectada. En la región norte (al norte de los 36°S) se evidenció el dominio de aguas con TSM mayores a 16°C.

El viento superficial mostró un patrón de distribución similar al descrito para el crucero anterior, esto es, vientos predominantes del Sur y SW, una rotación anticiclónica, intensidades altas hacia el sector costero (< 78°W) en el que predominan vientos del sur y magnitudes menores hacia el cuadrante noroccidental (> 85°W).

La biomasa fitoplanctónica, estimada como clorofila-a, evidenció una clara variación zonal debido a la presencia de concentraciones significativamente mayores en la cercanía de la costa (>5 mg m⁻³), y muy bajas concentraciones en el área de desove de jurel, situada más allá de los 85°W, alcanzando sólo los 0,2 mg m⁻³, sin evidenciar variaciones meridionales.

Las corrientes geostroficas para Noviembre de 2007 muestran la presencia de regiones meándricas y remolinos de mesoescala al interior del área de desove de jurel frente a Chile central, con una banda costera de corrientes importantes hacia el norte (> 20 cm s⁻¹) y un importante número de anillos de mesoescala, ciclónicos y anticiclónicos, situados principalmente al Oeste de los 76°W.

La distribución espacial de huevos de jurel presentó una cobertura zonal amplia, entre los 33°20'S y los 36°20'S, con densidades menores a lo informado para años anteriores. Se destaca núcleos de densidades comparativamente más altas en la región nororiental (31°50'S, 75°W) y hacia el sector central del área prospectada (79°-82°W; 33°50'-36°S), evidenciando densidades muy bajas de huevos de jurel en el resto del área prospectada.

La densidad promedio de huevos fue de 39,8 huevos en 10 m², siendo esta cifra casi tres veces inferior a las estimaciones del año 2006. En el caso de las larvas, la densidad media fue de 61,5 larvas en 10 m², siendo este valor superior a lo encontrado el año 2006 (37,7 larvas en 10 m²).

Para el caso de las larvas de jurel, se evidenció una cobertura espacial relativamente similar a los huevos (entre los 33° y 36°S), pero claramente acotada hacia el sector occidental del área de estudio, mostrando densidades más altas al oeste de los 88°W, a excepción de un pequeño núcleo situado en los 33°S y 80°W

Debido a la baja disponibilidad del recurso y a fallas mecánicas en dos de las 5 embarcaciones participantes, se efectuaron sólo 18 lances de pesca, de los cuales 4 resultaron ser positivos (22%), los cuales presentaron capturas inferiores a los 55 kilos. La distribución espacial de estos lances estuvo limitada al sector más costero del área de estudio, esto es, entre los 75 y los 82°W.

La composición por tallas de este crucero, sólo fue posible analizarla de manera general, sin separar por sexos, ya que se contó con un bajo número de ejemplares (n=112). Esta reveló un rango de tallas que va desde los 29 hasta los 55 cm de LH. No fue posible determinar una moda principal, sólo indicar a manera de referencia, que la longitud promedio es de 42,6 cm de LH. No se reportaron ejemplares bajo talla mínima legal (< 26 cm de LH).

En relación con la proporción de los diferentes estados de madurez sexual macroscópica (EMMA), se dispuso de sólo 61 hembras, en las cuales se observó el predominio del estado de madurez maduro (E3) con el 93,4 %. El estado de madurez hidratado (E4) sólo registró un 6,5 %. No se reportaron otros estados de madurez, producto probablemente, del bajo número de ejemplares analizados. Debido al bajo número de hembras colectadas, no fue posible estimar los parámetros reproductivos involucrados en la estimación de la Biomasa desovante.

La biomasa desovante para el año 2007 fue de 626 mil t, cifra más baja de toda la serie. Si se emplea un valor mayor de frecuencia de desove (basado en estimaciones del mismo género) la biomasa bordea las 400 mil t.

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, muestra diferencias a lo observado en cruceros anteriores en la macrozona norte, donde se han detectado un importante número de avistamientos y distribuido en toda el área de estudio (costera y oceánica), sin embargo en el presente crucero en esa macrozona se detectó un bajo número de agregaciones, presentándose estas principalmente en la macrozona norte costera, predominando ecotrazos con niveles de abundancia de clase "baja", en tanto las mayores densidades de jurel caracterizadas por abundancias tipo "media", fueron bastante escasos, localizándose estas principalmente en el macrozona norte - costera, situación similar a la observada en noviembre del 1999 y 2000. Esta distribución espacial no mostró zonas importantes de concentración del recurso (stock parental), más bien focos puntuales de abundancia con un bajo número de ocurrencia de niveles "medio" de abundancia.

10 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.
- 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., 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. N° 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.
- 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 abundante. 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.
- 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.

11 ANEXO

11.1 TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS FIP 2007-08

“Condición Biológica de Jurel en Alta Mar, año 2007”

Proyecto financiado por el Fondo de Investigación Pesquera
FIP



LUGAR:

Auditorio Instituto de Investigación Pesquera
Talcahuano, 24 de Septiembre 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 2007-08 "Condición biológica de jurel en alta mar, año 2007"

- *Expositor: Aquiles Sepúlveda O.(INPESCA)*

09.50 - 10.20 : Distribución de huevos y larvas de jurel y condiciones ambientales del hábitat de desove.

- *Expositor: Sergio Núñez E.(INPESCA)*

10.25 – 11.00 : Distribución espacial y estructura de las agregaciones de jurel en el área de desove frente a Chile central.

- *Expositor: José Córdova (IFOP)*

11.05 - 11.30 : PAUSA CAFE

11.35 - 12.00 : Estimación de la producción diaria de huevos y biomasa desovante de jurel en el área de desove frente a Chile central.

- *Expositor: Patricia Ruiz O.(INPESCA)*

12.05 – 12.30 : Mesa Redonda

- *Expositor: Participantes del Proyecto e Invitados*

12.35 – 13.00 : Conclusiones Finales del Taller.

Lista de Participantes en Taller de Difusión FIP 2007-08

Nombre	Institución	mail
José Córdova	Ifop	ccordova@ifop.cl
Pedro Irigoyen	Pesquera Landes	pedroirigoyen@landes.cl
Enrique Cisternas	Pesquera Itata	enrique@itata.com
Luis Cubillos	Udec	lucubillos@udec.cl
Samuel Hormazábal	Udec	sam@dgeo.udec.cl
Fabián Gómez	Udec	fgomez@udec.cl
Marcos Correa	Udec	mcorrea@udec.cl
Claudio Castillo	Udec	clacastillo@udec.cl
Carolina Alarcón	Udec	calarcon@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
Sebastián Vásquez	Inpesca	svasquez@inpesca.cl
Alexander Gretchina	Inpesca	agretchina@inpesca.cl
Carlos González	Inpesca	cgonzalez@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

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES DEL TALLER

A la luz de los resultados de este proyecto, las principales recomendaciones estuvieron orientadas a explicar las bajas abundancias de huevos y larvas de jurel encontradas y la escasa presencia del recurso en el área de estudio. Esta condición, es concordante con la baja disponibilidad del recurso reportado por la actividad de la flota de cerco que opera en la zona centro sur de Chile, la cual durante el año 2007 presentó dificultades para capturar el total de la cuota asignada.

El año 2007, se caracterizó por ser un año particularmente frío, lo cual habría generado cambios en la disponibilidad y patrones de agregación del jurel frente a Chile centro-sur. A raíz de esta situación, se han planteado dos hipótesis aún no validadas. La primera es si este cambio se debería a una contracción del stock, es decir que el centro de masas de este recurso sería más oceánico y que en épocas de mayor abundancia su distribución habría llegado hasta la costa, lo cual habría generado en los años noventa, los mayores registros de desembarque. En épocas de baja abundancia en cambio, el recurso quedaría contraído en el núcleo del centro de masas y al ser este más oceánico, el jurel no estaría disponible en la zona costera. La segunda hipótesis postula que definitivamente el jurel ha sufrido una expansión hacia aguas cada vez más oceánicas.

Información disponible de la flota China que ha operado en aguas internacionales durante los años 2000-2007 (20-46°S – 78- 110°W) revela que su operación se ha expandido cada vez más hacia el sector más oceánico, alcanzando su operación en los años 2005-2006 hasta los 100°W, hasta alcanzar el año 2007 los 110°W ([Zhang et al., 2008a](#)). Esta información avalaría la hipótesis de expansión del recurso hacia aguas cada vez más oceánicas, ya que la especie objetivo de esta flota es el jurel.

Con estos antecedentes, se reafirma la necesidad de contar con el apoyo de la industria pesquera, para realizar investigación en alta mar, haciéndose necesario contar a lo menos con una nave que pueda monitorear la actividad del recurso más allá de los 90°W.

11.2 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

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

a) Instituto de Investigación Pesquera

PERSONAL	ACTIVIDADES					Total
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
Aquiiles 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
Hernán Rebolledo	0	202	20	12	8	242
Carlos Gonzalez	0	202	15	10	0	227
Marcia Neira	0	0	15	15	17	47
Luis Bustos E.	0	202	15	10	0	227
Evelín 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

b) Instituto de Fomento Pesquero

NOMBRE	ACTIVIDADES					TOTAL
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
J. Córdova	20	-	30	30	22	102
J. Castillo	-	-	25	25	10	60
R. Bahamonde	60	40	120	97	88	405
C Hernandez	40	150	90	95	15	390
B. Leiva	20	150	90	90	20	370
C. Lang	30	-	70	65	40	205
Profesionales embarcados	-	1.150	225	-	-	1.375
TOTAL	170	1.490	650	402	195	2.907

c) Universidad Católica de la Ssma Concepción

PERSONAL	ACTIVIDADES					Total
	Preparación	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informe	
Javier Chong L	20	-	20	20	10	70
Paola Gonzales K	-	-	57	20	7	83
María C. Pardo G	10	-	53	20	7	90
Christian Ibañez	10	-	113	-	-	123
Ricardo Chong F	-	-	117	-	-	117
NN 1	-	-	50	-	-	50
TOTAL	40	0	410	60	23	533