



INFORME FINAL

Evalaución hidroacústica de jurel
entre la XV y III Regiones, año 2011

FIP N° 2011-06 / Mayo 2012



INFORME FINAL

Evalaución hidroacústica de jurel
entre la XV y III Regiones, año 2011

FIP N° 2011-06 / Mayo 2012

REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA
Presidente Consejo de Investigación Pesquera
Pablo Galilea Carrillo

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Braun Alegría

Director Ejecutivo
Jorge Antonio Toro Da'Ponte

JEFE PROYECTO

José Córdova Masanés



FIP N° 2011-06 / Mayo 2012

AUTORES

EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA.

José Córdova M.
Bernardo Leiva P.
Víctor Catasti B.
Víctor Bocić W.

OCEANOGRAFÍA FÍSICA Y QUÍMICA

Hernán Reyes R.

OCEANOGRAFÍA PESQUERA

José Córdova M.
Hernán Reyes R.
Víctor Catasti B.

PLANCTON

Vivian Valenzuela C.
Jorge Angulo A.

TRÓFICA

Luis Ossa M.

BIOLOGÍA PESQUERA

José Córdova M.
Bernardo Leiva P.



PREÁMBULO

1.- El CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, representada por su Titular, don Pablo Galilea Carrillo, y el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, Rut N° 61.310.000-8, representada legalmente por su Director Ejecutivo don Jorge Antonio Toro Da'Ponte suscribieron, con fecha 11 de abril de 2011, el convenio para la ejecución del proyecto FIP N° 2011-06 denominado "EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DEL JUREL ENTRE LA XV, III REGIONES, AÑO 2011". Y EL CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, mediante Decreto Exento N° 551, del 06 de junio de 2011 aprobó el convenio indicado.

2.- En conformidad con lo establecido en el N° 5 de la cláusula quinta del citado convenio el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO se obligó a entregar al CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, los siguientes informes: Informe de Avance, Informe Pre-final e Informe Final y reporte.

3.- Además, en conformidad con la cláusula décimo primera el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO se obligó a entregar al CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, los siguientes informes y bases de datos: a) Un informe de avance, 30 días después de finalizado el crucero de evaluación. b) Un pre-informe final, a entregar al término del 7° mes de iniciado el proyecto. c) Un informe final al término del 9° mes proyecto habida consideración de las observaciones al pre-informe final.

4.- Mediante Oficio IFOP/DIP/N° 00/00/DIR N° 000 el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO hizo entrega del Pre Informe Final en los términos establecidos en el convenio, específicamente en la letra b) de la cláusula décimo primera.



5.- EL CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, a través de la Carta FIP N°116, del 03 de mayo de 2012, realizó observaciones al Informe Final, según la facultad contenida en la cláusula quinta del convenio.

6.- EL INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO ha efectuado las correcciones indicadas en las observaciones del CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA dentro de los plazos establecidos en el inciso tercero de la cláusula décimo tercera. Las correcciones realizadas se encuentran incorporadas en las páginas del Resumen Ejecutivo.

7.- En presente documento contiene el Informe Final corregido con el propósito de que sea evaluado por el CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA en el plazo a que se refiere el inciso primero de la cláusula décimo tercera proceda a efectuar la calificación pertinente.



RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe contiene los resultados de la cuantificación de la biomasa por el método hidroacústico, la distribución e indicadores biológicos del jurel entre la XV a III Regiones, las condiciones ambientales y las relaciones entre éstas y la distribución del recurso en la zona norte. El crucero de investigación se realizó entre el 13 de abril y 11 de mayo del año 2011, abarcando desde Arica ($18^{\circ}25'S$) a Caldera ($27^{\circ}10'S$), desde 1 a 200 mn de la costa, manteniendo la extensión latitudinal alcanzada en la evaluación del recurso durante abril-mayo del año 2010.

Este estudio se llevó a cabo con el PAM Eperva 64 arrendado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) para este efecto, realizando un total de 22 transectas que tuvieron como límite occidental las 100 mn (20 transectas) y las 200 mn (2 transectas), ubicadas frente Arica y caleta Camarones. El muestreo oceanográfico fue efectuado con una red de estaciones, situadas a 1, 5, 10, 20, 40, 70, 100, 130, 170 y 200 millas de la costa. En las estaciones se registraron los valores de temperatura y salinidad, se realizaron pescas de plancton con lances oblicuos y redes Bongo. Asimismo, se estimó la densidad del agua (σ_t); la anomalía en las variables oceanográficas; espesor de la capa de mezcla y profundidad base de la termoclina.

La cuantificación del jurel se efectuó con el sistema SIMRAD ER-60 previamente calibrado, se empleó la frecuencia de 38 Khz y se recolectó información de la superficie hasta los 500 m de profundidad. La identificación de los registros acústicos del jurel se realizó por medio de dos métodos: el primero es la estimación del coeficiente volumétrico de dispersión y el análisis de los ecorregistros, el segundo, por la interpretación de los ecogramas en conjunto con los resultados de la pesca de



identificación. Además, se consideró la composición de la captura registrada por las embarcaciones de la flota.

La biomasa total estimada del jurel fue de 432.935 toneladas con un coeficiente de variación de 12,32 % y una densidad de 57,3 t/mn², lo cual representa un fuerte incremento por sobre el 70%, 300 % y más, respecto a lo evaluado en noviembre del 2006 (114.600 t), 2007 (272.600 t), 2008 (258.836 t), 2009 (18.457 t), pero no difiere de lo cuantificado el 2010 (440.358 toneladas). La mayor biomasa de jurel también se reflejó en la abundancia en número, evidenciando una importante disponibilidad del recurso en abril-mayo ratificando la conveniencia de establecer el primer semestre del año, como el período adecuado para construir un índice de abundancia relativa de jurel que muestre tendencia, y pueda ser incorporado en los modelos de evaluación indirecta del stock del recurso en el país.

Para anchoveta la biomasa fue de 539.312 toneladas, lo que superó lo registrado en noviembre (122.252 a 340.000 t) y abril-mayo (386.641 t), no obstante, este volumen de biomasa debe ser considerado con precaución por provenir la información desde un muestreo dirigido a jurel y no tan intenso como lo requerido para anchoveta.

En la zona de estudio se identificaron cinco focos con alta densidad de jurel, ubicados entre 5 a 20 mn frente a pabellón de Pica (13,7%), 5 a 25 mn de punta Blanca a punta Guasilla (40,9%), 5 a 15 mn frente Taltal 15,7%), 1 a 25 mn entre Chañaral y punta Obispo (26,1%) y de las 55 a 70 mn entre Taltal y norte de Caldera (3,6%).

Batimétricamente el jurel se ubicó en los primeros 67 metros de profundidad, manteniendo el patrón histórico registrado entre 1985 y 1995 en las evaluaciones acústicas realizadas en la zona, que indica para el recurso una profundidad máxima



de 100 de profundidad, lo que difiere de los 160 y 200 m registrado en la zona centro-sur del país.

La estructura de tallas de jurel registrada en el crucero varió entre 16 a 37 cm de longitud horquilla, con un 61,4% de ejemplares entre 21 y 36 cm. La moda principal fue de 25 cm que es mayor respecto a noviembre del 2008 (18 cm), 2009 (21 cm) y algo menor que año pasado (27 cm), lo que evidencia para el período de crucero un desplazamiento de la estructura de tamaño del stock. Esto puede ser explicado para los últimos años por la incorporación de ejemplares más grandes localizados hacia el sur del área de estudio. La distribución de tallas muestra una clara estratificación espacial con ejemplares pequeños al norte de Antofagasta y mayores hacia el sur.

La composición de ejemplares por grupo de edad estuvo compuesta por siete grupos (II a VIII), siendo los más relevantes los grupos IV y II con un 50 y 27% de la abundancia. Esta estructura etaria puede ser considerada complementaria a la observada en la zona centro-sur del país, donde las últimas evaluaciones de jurel en invierno del 2007 al 2011 muestran la carencia de ejemplares juveniles representados por los grupos de edad de 0 a III. La zona norte, a través de los años se ha caracterizado por la alta presencia de ejemplares pequeños (< 26 cm), registrando este año una mayor participación de ejemplares más grandes y aumento de la abundancia respecto al 2009.

La comunidad planctónica en la zona de estudio, estuvo compuesta por 28 grupos identificados y se incrementa respecto de años anteriores (24), producto de la detección de estados larvales del mero y holoplancton que indican un aumento importante (48%) respecto a lo registrado en igual período y área el 2010, lo cual pudiera estar fundamentado por el predominio de aguas más frías en los dos últimos años, registrando el año pasado la segunda “La Niña” más fuerte desde 1950. Los copépodos son los más dominantes con 93,14% (día) y 89,75% (noche), seguido por



quetognatos y apendicularias con valores $>1,1\%$, mientras el resto presentan en general valores inferiores a $0,6\%$.

El análisis de los diagramas TS reveló, al igual que en estudios anteriores, que las condiciones oceanográficas observadas en la zona de estudio indican la presencia de tres masas de agua; Aguas Subantártica (ASAA); Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AEES) y Aguas Subtropicales (AST), predominando las AST al norte de Antofagasta conjuntamente con una alta participación de ASAA al sur de rada Paposo, que asociadas a bajas concentraciones de clorofila, muestran una condición fría producto de la derivación hacia condiciones oceanográficas neutras, así como AEES en la costa que reflejan procesos de surgencias favorecidos por el predominio de vientos del S, SE y E.

En relación al ambiente, la distribución de las variables, estructuras oceanográficas verticales y sus anomalías para el área y período de estudio, evidenció la presencia de Aguas Subtropicales desde el norte que genera un gradiente longitudinal (Norte-Sur) de temperatura y salinidad, reconociendo sus anomalías superficiales el efecto local y de corto período que producen las surgencias costeras. En este sentido las condiciones encontradas en la zona permiten aseverar que la zona de estudio se encontró bajo un proceso de declinación de un evento muy frío que afectó el área (La-Niña 2010 de carácter fuerte), lo que es consistente con la climatología y los resultados de estudios anteriores realizados en la zona de estudio.

Durante el crucero se registran procesos cercanos de mesoescala denominados giros, los que claramente modifican las propiedades de la columna de agua. Estos conjuntamente con la circulación geostrófica, altimetría y distribuciones horizontales de temperatura y salinidad muestran que de rada Paposo a Caldera y desde caleta Patillo a punta Gualaguala, donde se concentraron las densidades y se capturó el jurel, se desarrolla una importante estructura ciclónica que se fortalece generando un



flujo de sur a norte. Es así que, estos procesos pueden modificar el hábitat de los organismos pelágicos, mediante cambios en la distribución espacial del alimento, las presas y los predadores.

El jurel se ubicó en la zona adyacente a la banda costera, la cual corresponde al límite exterior del área de influencia de la surgencia, mientras que la anchoveta se ubicó hacia el límite interior, al coincidir con la banda de menores temperaturas y mayores salinidades característica de la surgencia, evidenciando una estratificación espacial de los recursos, respecto a este sector.

El jurel se encontró en temperaturas de 14°C a 20,6°C y salinidades que van de 34,3 a 35,2 psu, con un rango preferencial de 16 a 19°C y 34,6 a 34,89 psu, evidenciando al igual que los registrados en anteriores estudios en la zona norte y centro-sur del Chile, el carácter del jurel como especie ambiente georreferenciado. Es así que, el jurel se agrupó de preferencia en sectores cercanos a gradientes térmicos horizontales moderados y de descensos de temperatura.



EXECUTIVE SUMMARY

This report presents the results of the quantification of biomass by acoustic method, distribution and biological indicators of jack mackerel between Regions XV and III of Chile, as well as the environmental conditions and the relationships between these and jack mackerel distribution in northern Chile. The research cruise was carried out between the 13th of April and the 11th of May, covering Arica (18°25'S) to Caldera (27°10'S), from 1 to 200 nm offshore, maintaining the same latitudinal extension as the assessment carried out during April-May 2010.

This study was carried out using a PAM Eperva 64 hired by the Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) for this purpose, with a total of 22 transects, 20 of which had a western limit of 100 nm and 2 with a limit of 200 miles (off Arica and caleta Camarones). The oceanographic sampling was carried out over a network of stations situated at 1, 5, 10, 20, 40, 70, 100, 130, 170 and 200 nm offshore. At these stations, temperature and salinity values were recorded and oblique Bongo net plankton tows were taken. In this way, seawater density was estimated ($\sigma-t$); oceanographic variable anomalies were recorded; mixed layer depth and thermocline base depth.

Jack mackerel quantification was carried out with a calibrated SIMRAD ER-60 system, employing a sampling frequency of 38 kHz and collecting information between the surface and 500 m depth. The identification of acoustic records of jack mackerel was carried out using two methods: firstly, estimation of the volumetric dispersion coefficient and the analysis of echo records; and secondly, the interpretation of echograms along with the results of identification trawls. Furthermore, the catch composition registered by the fleet vessels was considered.



The total estimated biomass for jack mackerel was 432.935 t with a variation coefficient of 12.32 % and a density of 57.3 t/nm², which represents an important increase of over 70%, 300 % and more, compared with assessments in November 2006 (114,600 t), 2007 (272,600 t), 2008 (258,836 t), 2009 (18,457 t), but does not differ from the 2010 assessment (440,358 t). The greatest jack mackerel biomass was also reflected in the abundance, with high resource availability in April-May which supports the suitability of taking the relative abundance index during the first semester of the year for establishing trends and being incorporated in stock assessment models for Chile.

The anchovy biomass was 539,312 t, which exceeded that recorded in November (122,252 to 340,000 t) and April-May (386,641 t), nevertheless, this volume of biomass should be considered with caution since it is derived from an assessment targeting jack mackerel and thus a less intensive survey than that required for assessing anchovy.

In the study area five foci were identified with high jack mackerel density, between 5 and 20 nm off Pica (13.7%), 5 to 25 nm off punta Blanca to punta Guasilla (40.9%), 5 to 15 nm off Taltal (15.7%), 1 to 25 nm between Chañaral and punta Obispo (26.1%) and from 55 to 70 nm between Taltal and north of Caldera (3.6%).

Bathymetrically jack mackerel was found in the first 67 m depth, maintaining the historical trend established between 1985 and 1995 based on acoustic assessments, indicating a maximum depth for the resource of 100m, differing from the 160 and 200 m recorded for the center-south of Chile.

The size structure of jack mackerel recorded during the cruise varied between 16 and 37 cm fork length, with 61.4% of individuals between 21 and 36 cm. The principal mode was 25 cm, greater than November 2008 (18 cm) and 2009 (21 cm), and smaller than last year (27 cm), which demonstrates for the cruise period a shift in



stock size structure. This can be explained by the incorporation of larger sized individuals in recent years to the south of the study area. Size distribution that shows clear spatial stratification with smaller sized individuals to the north of Antofagasta and greater sizes to the south.

There were seven age groups present (II to VIII), with IV and II making up 50 and 27% abundance. This age structure can be considered complementary to that observed in the center-south of Chile, where the most recent assessments of mackerel in winter from 2007 to 2011 displayed a lack of juveniles between age groups 0 and III. Over the years, the northern zone has been characterized by the high presence of small individuals (< 26 cm), with larger individuals and greater abundance than in 2009.

The planktonic community in the study zone was made up of 28 identified groups, and increase with respect to previous years (24), product of the detection of larval stages of mero- and holoplankton that showed an important increase (48%) with regards to the same area and period in 2010, which could be caused by the predominance of cooler waters in the last two years, with the second strongest “La Niña” since 1950 registered last year. Copepods were most dominant with 93.14% (day) and 89.75% (night), followed by chaetognaths and apendicularia under 1.1%, while the remaining groups were found under 0.6%.

The TS diagram analysis revealed, as per previous studies, that the observed oceanographic conditions in the study area indicated the presence of three water masses: Subantarctic Waters (SAAW); Equatorial Subsurface Waters (ESSW) and Subtropical Waters (STW), with a predominance of STW to the north of Antofagasta, along with SAAW south of Paposó, which along with low chlorophyll concentrations displayed low temperatures reflecting neutral oceanographic conditions, in the same way that ESSW along the coast reflect upwelling processes driven by predominant winds from the S, SE and E.



In relation to the environment, the distribution of variables, vertical oceanographic structures and their anomalies for the study period and area showed the presence of Subtropical Waters from the north that generate a longitudinal gradient (North-South) in temperature and salinity, and surface anomalies that reveal the local and short-term effects of coastal upwelling. In this sense, the conditions encountered in the study area showed that the cold event affecting the area was diminishing (a strong La-Niña 2010), which was consistent with climatology and results from previous studies in the area.

During the cruise, near mesoscale processes known as gyres were recorded, which clearly modify water column properties. Together with geostrophic circulation, altimetry and horizontal temperature and salinity distributions show that from Paposos to Caldera and from Patillo to punta Gualaguala, where jack mackerel densities and catches were concentrated, there was an important cyclonic structure generating a south to north flow. Thus, these processes can modify pelagic organism habitat via changes in the spatial distribution of food, prey and predators.

The jack mackerel was found in the area adjacent to the coast, which is the outer limit of the area of influence of upwelling, while anchovy was found towards the inner limit, coinciding with lower temperatures and higher salinities characteristic of upwelling. Thus, there is a spatial stratification of resources in this area.

The jack mackerel was associated with temperatures of 14°C to 20.6°C, and salinities between 34.3 and 35.2 psu, with a preferential range of 16 to 19°C and 34.6 to 34.89 psu, showing mackerel to be a georeferenced species, as seen in northern and central-southern Chile. Thus, jack mackerel preferred areas near moderate horizontal thermal gradient and temperature lows.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY -----	i
ÍNDICE GENERAL -----	x
ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS -----	xv
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO -----	1
1.1. Objetivo general-----	1
1.2. Objetivos específicos-----	1
2. ANTECEDENTES -----	2
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO -----	4
3.1 Aspectos generales del crucero-----	4
3.2 Objetivo específico 2.1. Distribuci3n espacial y batimétrica del jurel en el área de estudio-----	5
3.2.1 Zona y período de estudio-----	5
3.2.2 Diseño de muestreo-----	5
3.2.3 Calibraci3n electroacústica-----	7
3.2.4 Identificaci3n de especies-----	7
3.2.5 Procesamiento de la informaci3n acústica-----	8
3.2.6 Análisis de la informaci3n acústica-----	10



3.3	Objetivo específico 2.2. Determinar la abundancia (en número) y biomasa total (en peso) del recurso jurel en el área de estudio -----	13
3.3.1	Estructura de tallas-----	13
3.3.2	Estimación de la abundancia en número y biomasa en peso total a la talla -----	16
3.3.3	Estimación de la abundancia a la edad-----	21
3.3.4	Estimación de la varianza para abundancia en número y biomasa en peso-----	23
3.3.5	Varianza de la abundancia a la edad (Southward, 1976) -----	28
3.3.6	Medida de precisión del estimado-----	29
3.3.7	Relaciones longitud-TS y longitud-peso.-----	30
3.4	Objetivo específico 2.3. Determinar la distribución del zooplancton en el área y período de estudio, con especial énfasis en los eufáusidos -	31
3.4.1	Colecta de información-----	31
3.4.2	Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas-----	32
3.4.3	Biomasa zooplanctónica total -----	38
3.5	Objetivo específico 2.4. Determinar la composición de los principales ítems alimentarios de jurel en el área de estudio -----	39
3.5.1	Colecta de las muestras -----	39
3.5.2	Análisis de la información -----	40
3.6	Objetivo específico 2.5. Determinar la fauna compañante y su importancia relativa en los lances de pesca de identificación -----	42
3.6.1	Pesca de identificación -----	42
3.6.2	Muestreo de las capturas de lances de cerco -----	43
3.6.3	Análisis de las capturas -----	45
3.7	Objetivo específico 2.6. Determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio -----	46
3.7.1	Diseño general del muestreo. -----	46



3.7.2	Análisis de las muestras y de la información -----	48
3.7.3	Información meteorológica -----	50
3.7.4	Información satelital -----	52
3.7.5	Asociación espacial entre las condiciones oceanográficas y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio -----	54
4.	RESULTADOS -----	60
4.1	Objetivo específico 2.1. Determinar la distribución espacial y batimétrica del jurel en el área de estudio -----	60
4.1.1	Calibración electroacústica -----	60
4.1.2	Distribución geográfica del recurso -----	60
4.1.3	Descripción de estructuras espaciales -----	61
4.1.4	Distribución batimétrica del recurso -----	63
4.2	Objetivo específico 2.2. Determinar la abundancia (en número) y la biomasa total (en peso) del recurso jurel en el área de estudio -----	64
4.2.1	Estructura de tallas -----	64
4.2.2	Medición de TS “in situ” -----	66
4.2.3	Relación Longitud –peso -----	67
4.2.4	Biomasa y abundancia de jurel -----	68
4.2.5	Abundancia a la edad -----	74
4.2.6	Precisión de los estimados de biomasa y abundancia -----	76
4.3	Objetivo específico 2.3. Determinar la distribución del zooplancton en el área de estudio, con especial énfasis en los eufáusidos -----	81
4.3.1	Composición y abundancia del zooplancton -----	81
4.3.2	Distribución del zooplancton -----	88
4.3.3	Estructura comunitaria de los grupos zooplanctónicos -----	92
4.3.4	Biomasa zooplanctónica -----	98
4.4	Objetivo específico 2.4. Determinar la composición de los	



principales ítems alimentarios del jurel en el área de estudio -----	99
4.4.1 Composición de los principales ítems alimentarios de jurel -----	99
4.4.2 Importancia de las presas -----	100
4.4.3 Índice de estrategias alimentaria -----	101
4.4.4 Selectividad de las presas por tamaño -----	103
4.5 Objetivo específico 2.5. Determinar la fauna acompañante y su importancia relativa en los lances de pesca de identificación -----	104
4.5.1 Resultados de los lances de pesca -----	104
4.5.2 Composición por tamaño -----	105
4.5.3 Proporción y composición fauna acompañante -----	106
4.5.4 Análisis de asociación -----	109
4.6 Objetivo específico 2.6 Determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio -----	110
4.6.1 Condiciones meteorológicas -----	110
4.6.2 Condiciones oceanográficas -----	111
4.6.3 Relaciones espaciales de la distribución y abundancia de jurel respecto a las variables bio-oceanográficas-----	123
5. DISCUSIÓN -----	132
6. CONCLUSIONES -----	140
6.1 Acústica -----	140
6.2 Pesca -----	141
6.3 Oceanografía -----	142
6.4 Plancton-----	143
6.5 Alimentación -----	144
6.6 Asociaciones-----	144



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
FIGURAS	165
ANEXOS	209
ANEXO I. Comparaci3n estructura de talla de cruceros y flota de cerco XV, I y II Regi3n.	211
ANEXO II. Posici3n y fecha de los muestreos acústicos y bio-oceanográficos.	217
ANEXO III. Personal participante por actividad (HH).	225
ANEXO IV. Talleres de coordinaci3n de actividades y difusi3n-discusi3n de resultados.	231
ANEXO V. Material audiovisual del proyecto.	239



ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

FIGURAS

- Figura 1.** a) Localización de las transectas acústicas, b) Localización de las estaciones bio-oceanográficas (159) y c) Localización de los lances de pesca realizados por la flota (●) y PAM Eperva 64 (▲). Crucero jurel abril-mayo 2011.
- Figura 2.** Embarcación, equipos acústicos y sistema de calibración usado en la evaluación. Abril- mayo 2011.
- Figura 3.** Red de cerco Eperva 64 para pesca de jurel. Abril-mayo 2011 (PAM Eperva 64).
- Figura 4.** Distribución espacial de la densidad acústica (t/mn^2) de jurel (a) y anchoveta (b) durante el crucero abril-mayo 2010.
- Figura 5.** Media de Pennington para noviembre del 2006-2007 y abril-mayo 2010-2011.
- Figura 6.** Correlogramas presentes en la zona de estudio. Abril- mayo 2011.
- Figura 7.** Variograma para la zona de estudio a) norte Antofagasta y b) sur Antofagasta. Abril-mayo 2011.
- Figura 8.** Distribución batimétrica de jurel en la zona de estudio. Abril-mayo 2011.



- Figura 9.** Estructura de talla para jurel; a) Zona 1 b) Zona 2 y c) Zona total de estudio, lances positivos realizados por PAM Eperva 64. Crucero jurel abril-mayo 2011.
- Figura 10.** Relaciones longitud peso para machos, hembras y ambos. Abril-mayo 2010.
- Figura 11.** Distribución espacial de: a) copépodos, b) quetognatos, c) apendicularias y d) eufáusidos, 2011.
- Figura 12.** Distribución de la densidad promedio de los principales grupos zooplanctónicos con respecto a la distancia de la costa (a) y latitud (b), durante los períodos diurnos y nocturnos. Abril-mayo 2011.
- Figura 13.** Distribución de los valores de los índices comunitarios que representan la: a) Riqueza de grupos zooplanctónicos a través del índice de Margalef; b) Diversidad de grupos, mediante Shanon y Wiener y c) Uniformidad de Pielou.
- Figura 14.** Dendograma de grupos zooplanctónicos sin diferenciación de periodo del día. Similitud Winer.
- Figura 15.** Porcentaje de estaciones por distancia a la costa y número de taxas ($\times 10^6$) respecto de la zona y periodo del día.
- Figura 16.** Composición de la estructura zooplactónica por periodo del día, zona y distancia a la costa, para los copépodos, quetognatos y apendicularias y el restante conjunto de taxas.



- Figura 17.** Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica. Abril –mayo 2011.
- Figura 18.** Representación de las estrategias alimentarias para el área de estudio durante 2011, según el método gráfico de Amundsen *et al.* (1996).
- Figura 19** Distribución de frecuencias del índice de selectividad de Ursin de las principales presas por especie de Crustáceos y Teleósteos.
- Figura 20** Estructura de talla y relación longitud-peso de la fauna acompañante de jurel: a) anchoveta b) agujilla c) caballa, d) mote y c) pez volador
- Figura 21.** Dendograma a) ausencia/ presencia por especie y b) importancia relativa por especie.
- Figura 22.** Cartas del viento horario de intensidad a) menor a 5 m/s, b) 5 a 10 m/s, c) mayor a 10 m/s, d) promedios del índice de surgencia y e) promedios de turbulencia. Los promedios se obtuvieron de mediciones del viento de las estaciones dentro de 1° de latitud. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 23.** Distribución superficial de (a) temperatura (°C), (b) anomalía de temperatura (°C), (c) salinidad (psu) y (d) anomalía de salinidad (psu). Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 24.** Distribución superficial de (a) densidad ($\sigma\text{-t}$) (kg/m^3), (b) espesor de la capa de mezcla (m), (c) profundidad de la isoterma de 15°C (m), (d) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m). Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.



- Figura 25.** Distribución espacial de (a) espesor de la termoclina (m) y (b) profundidad de la base de la termoclina (°C). Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 26.** Distribución vertical de temperatura (°C) en la columna de agua, transectas oceanográficas 1 a 10. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 27.** Distribución vertical de temperatura (°C) en la columna de agua, transectas oceanográficas 11 a 22. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 28.** Distribución vertical de salinidad (psu) en la columna de agua, transectas oceanográficas 1 a 10. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 29.** Distribución vertical de salinidad (psu) en la columna de agua, transectas oceanográficas 11 a 22. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 30.** Distribución vertical de sigma-t (densidad-1000) (kg/m^3) en la columna de agua, transectas oceanográficas 1 a 10. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 31.** Distribución vertical de sigma-t (densidad-1000) (kg/m^3) en la columna de agua, transectas oceanográficas 11 a 22. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 32.** Diagramas T-S de todas las transectas oceanográficas. Jurel, Abril-Mayo 2011.



- Figura 33.** Porcentajes de participaci3n en la mezcla de la masa de agua Subtropical (AST) para todas las transectas oceanogr3ficas. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 34.** Porcentajes de participaci3n en la mezcla de la masa de agua Subant3rtica (ASAA) para todas las transectas oceanogr3ficas. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 35.** Porcentajes de participaci3n en la mezcla de la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) para todas las transectas oceanogr3ficas. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.
- Figura 36.** Anomal3as de nivel del mar (cm) y velocidades geotr3ficas (cm/s) de los d3as 15-22; 23-30 de Abril y 1 -8; 9-16 de mayo de 2011.
- Figura 37.** Temperaturas superficiales del mar (°C) de las im3genes satelitales MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales compuestos de los d3as 15 a 22 y 23 a 30 de abril y de 1 a 8 y 9 a 16 de mayo de 2011.
- Figura 38.** Im3genes satelitales de Clorofila-a (mg/m^3) MODIS-A, de los promedios semanales compuestos de los d3as 15 a 22 y 23 a 30 de abril y de 1 a 8 y 9 a 16 de mayo de 2011.
- Figura 39.** Distribuci3n espacial del jurel y de las variables bio-oceanogr3ficas. Estrato 5-25 metros.
- Figura 40.** Distribuci3n espacial del jurel y de las variables bio-oceanogr3ficas. Estrato 26-50 metros.



- Figura 41.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de jurel en relación a las variables bio-oceanográficas. Estrato 5-25 m.
- Figura 42.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de jurel en relación a las variables bio-oceanográficas. Estrato 26-50 m.
- Figura 43.** Valores históricos del Índice Multivariado Ecuatorial (MEI) entre el periodo junio 2002–octubre 2011.y clasificación del ENOS según (MEI) (Fuente:Earth system research Laboratory. (<http://www.cdc.noaa.gov/people/-klaus.wolter/MEI/>)). Se indica en la serie el inicio del crucero Jurel.



TABLAS

- Tabla 1.** Agregaciones de jurel por categorías de densidad.
- Tabla 2.** Clasificación de Bodenheimer (1955.)
- Tabla 3.** Posición de transectas y número de estaciones oceanográficas en el muestreo regular.
- Tabla 4.** Variables empleadas en el análisis cartográfico y tipo de datos.
- Tabla 5.** Comparación estructura de talla zona 1 (norte Antofagasta) y zona 2 (sur Antofagasta) para jurel. PAM “Eperva 64”, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (DHG; $\alpha=0,05$).
- Tabla 6.** Parámetros y estadística básica de la relación $w = a * L^b$ para zona de estudio.
- Tabla 7.** Biomasa (toneladas) de jurel a la talla por subzona según los métodos Conglomerados, Bootstrap y Geoestadístico. Abril-mayo 2011.
- Tabla 8.** Biomasa (toneladas) de anchoveta según los métodos de Conglomerados, Bootstrap y geoestadístico. Abril-mayo 2011.
- Tabla 9.** Abundancia (millones de ejemplares) de jurel a la talla por subzona según los métodos Conglomerados, Bootstrap y Geoestadístico. Abril – mayo del 2011.



- Tabla 10.** Abundancia (millones de ejemplares) de anchoveta según los métodos de Conglomerados, Bootstrap y geoestadístico. Abril-mayo 2011.
- Tabla 11.** Composición en número (millones de ejemplares) por grupo de edad en la biomasa estimada de jurel para el sector 1-100 mn.
- Tabla 12.** Varianzas de la biomasa de jurel por talla y subzona según el método de estimación. Abril-mayo 2011.
- Tabla 13.** Varianzas de la abundancia de jurel por talla y subzona según el método de estimación. Abril-mayo 2011.
- Tabla 14.** Varianza de la Biomasa de anchoveta, según métodos de Conglomerados, Bootstrap y Geoestadístico. Abril-mayo 2011.
- Tabla 15.** Varianza de la abundancia de anchoveta, según métodos de Conglomerados, Bootstrap y Geoestadístico. Abril-mayo 2011.
- Tabla 16.** Grupos zooplanctónicos presentes durante las pescas diurnas y nocturnas entre 1- 200 mn.
- Tabla 17.** Resultado de Prueba ANOVA Kruskal-Wallis a la abundancia relativa media de los grupos zooplanctónico (1 -200 mn). Los valores significativos se indican en negrita (valor $p < 0,05$).
- Tabla 18.** Densidad media de individuos y dominancia por sector y horario de muestreo.



- Tabla 19.** Medidas descriptivas de la distribución de valores para los índices comunitarios sin distinción horaria primavera año 2006-2009.
- Tabla 20.** Número estaciones, especies y ejemplares para las zonas norte, centro, sur (latitudinal), costera y oceánica (longitudinal) y por período del día.
- Tabla 21.** Porcentaje de ejemplares por grupo zooplanctónico, según zona latitudinal - longitudinal y período del día.
- Tabla 22.** Tamaño de muestra, hipótesis, estadístico de Wald y valor p para el análisis por zona (latitudinal – longitudinal) y período del día.
- Tabla 23.** Número de estómagos y porcentaje con y sin contenido.
- Tabla 24.** Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel.
- Tabla 25.** Indicador de coeficiente dietario de Hureau (Q) en la dieta de jurel.
- Tabla 26.** ISU promedio de las principales presas de jurel.
- Tabla 27.** Información de captura en peso de jurel y fauna acompañante en los lances de pesca de cerco realizados por el PAM Eperva 64.
- Tabla 28.** Información de captura en número de jurel y fauna acompañante en los lances de pesca de cerco realizados por la flota de cerco.



- Tabla 29.** Índices de Surgencia y Turbulencia promedio por grado de latitud derivado de los vientos horarios medido sobre el track de navegaci3n. Abril-Mayo 2011.
- Tabla 30.** Índices de ocupaci3n totales (Nº píxeles por categorías/Nº píxeles totales) e índices de ocupaci3n positivos (Nº píxeles por categorías/Nº píxeles positivos totales) de jurel por estratos.
- Tabla 31.** Coeficientes Cramer de las cartografías de distribuci3n de jurel, respecto a variables ambientales en las capas de 5 a 25 y 26-50 m.



ANEXOS

- ANEXO I.** Comparación estructura de talla de cruceros y flota de cerco XV, I y II Región.

- ANEXO II.** Posición y fecha de los muestreos acústicos y bio-oceanográficos.

- ANEXO III.** Personal participante por actividad (HH).

- ANEXO IV.** Talleres de coordinación de actividades y difusión-discusión de resultados.

- ANEXO V.** Material audiovisual del proyecto.





1. OBJETIVO DEL PROYECTO

1.1 Objetivo general

Cuantificar la biomasa del recurso jurel, entre la XV y III región, mediante el método hidroacústico.

1.2. Objetivos específicos

1.2.1 Determinar la distribución espacial y batimétrica del recurso jurel en el área y período de estudio.

1.2.2 Determinar la abundancia (en número) y biomasa total (en peso) del recurso jurel por edades, en el área y período de estudio.

1.2.3 Determinar la distribución del zooplancton en el área y período de estudio, con especial énfasis en los eufáusidos.

1.2.4 Determinar la composición de los principales ítems alimentarios del jurel en el área de estudio.

1.2.5 Determinar la fauna acompañante y su importancia relativa en los lances de pesca de identificación.

1.2.6 Determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área y período de estudio.



2. ANTECEDENTES

El recurso jurel (*Trachurus murphyi*) se distribuye ampliamente abarcando, desde la isla Galápagos hasta la región austral de Chile (52° LS) (Chirichigno, 1974; Serra 1991), y desde el litoral de América del Sur hasta la costa de Nueva Zelandia (Evseenko, 1987; Kawahara *et al.*, 1988; Jones, 1990).

La amplia distribución del jurel y la densidad de sus concentraciones, hace que esta especie, considerada típicamente pelágica y que habita regiones oceánicas y costeras, haya sido objeto de una intensa pesquería internacional de altura frente al litoral de Chile, entre los años 1978 y 1991, desarrollada por embarcaciones de la ex-Unión Soviética, las que operaron frente a las costa de Chile (Elizarov *et al.*, 1993). Esta pesquería que es considerada una de las mas importantes del país, se sustenta por el aporte al desembarque total de jurel de dos sectores, el primero lo realiza la zona centro-sur con la mayor contribución al desembarque de jurel y el segundo la zona norte, principalmente XV y II Región, con aportes estacionales de la III y IV Región, producto de la operación de una flota artesanal costera e industrial (VIII Región) que opera eventualmente en el sector.

Durante los años 70's, la pesquería de jurel alcanzó notoriedad en la zona norte debido a una caída en la abundancia de anchoveta. A partir de 1998, las capturas de jurel se han incrementado, observándose para el año 2008 el mayor desembarque hasta la fecha, 511 mil toneladas. Para la zona centro-sur, se ha observado un descenso en las capturas desde el 2004 (1 millón de toneladas) hasta el año 2010, donde se registró el menor desembarque, 173 mil toneladas, lo que difiere del leve incremento observado en la zona norte el 2009 (120.000 t) y 2010 (149.000 t), sin alcanzar niveles de desembarque similares a los de la zona centro-sur del país.



En general, el desarrollo de la pesquería ha sido afectado por cambios ambientales, como el evento El Niño, que han provocado una juvenilización del stock en el sector donde se concentra principalmente su pesquería (VIII Región), afectando directamente los niveles de desembarque y la actividad pesquera industrial. Esto hace necesario considerar una evaluación de la pesquería en la zona norte, como una visión alternativa a las principales pesquerías ya existentes, dirigida a cuantificar el stock presente en esta zona y su disponibilidad, así como su sustentabilidad en el mediano y largo plazo.

Los desembarques de jurel entre XV a II Regiones (2001- 2010), con una estacionalidad en otoño (marzo-abril) y los registros históricos de evaluaciones acústicas efectuadas desde 1984 a 1995, muestran volúmenes de biomasa bastante estables a través de los años. Período de otoño donde históricamente en la zona la flota de cerco ha registrado el mayor pick de desembarque de jurel y las evaluaciones acústicas entre 1985-1995 registran una biomasa media en jurel de 300.000 t, respecto a 350.000 t en invierno y 310.000 t en primavera.

Considerando la importancia del recurso para la economía del país y el nivel de explotación a que ha sido sometido, el Fondo de Investigación Pesquera ante la necesidad de disponer de antecedentes sobre la abundancia y distribución del recurso jurel, incluyó el siguiente proyecto en el programa de investigación del año 2011.

El presente informe resume los resultados finales obtenidos en el crucero de Evaluación hidroacústica de jurel en la zona norte, entregando estimaciones de la cuantificación y distribución de la biomasa en el área de estudio, además de información bio-oceanográfica de carácter general observada durante la prospección realizada en abril-mayo de 2011.



3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Aspectos generales del crucero

La prospección hidroacústica se llevó a cabo entre el 13 de abril y 11 de mayo del año 2011. La zona de estudio estuvo comprendida entre Arica (18°25'S) y Caldera (27°10'S) desde la primera a las doscientas millas de la costa, donde el sentido de la prospección fue de sur a norte, realizando 22 transectas de prospección hidroacústica perpendiculares a la costa; 159 estaciones oceanográficas y 13 lances de cerco (**Figura 1**).

La prospección hidroacústica se llevó a cabo a bordo del PAM Eperva 64 de eslora 43,4 m y potencia 2.480 Hp, arrendado a Corpesca S.A. por IFOP para estos efectos, el cual dispone de instrumentos normalmente utilizados en la pesca comercial, tales como radares, sistema de navegación, sistemas de comunicación, sonares y ecosondas. Para la evaluación acústica la nave contaba con un transductor split beam de frecuencia 38Khz, instalándose un ecosonda científico SIMRAD ER-60 operado en esta frecuencia, además de 1 winche oceanográfico para operar un CTD SEA BIRD y redes de plancton de 300 micras con flujómetros TSK calibrados.

Durante el desarrollo del estudio, los barcos industriales con observadores de IFOP a bordo realizaron un total de 60 lances de pesca de cerco con captura, donde 15 registraron presencia de jurel efectuándose muestreo biológico-pesquero en todos ellos, mientras el PAM "Eperva 64" registró jurel en 7 lances de un total de 13 realizados en la zona.

Previo al crucero, se efectuó la calibración del sistema SIMRAD ER-60 (**Figura 2**), de acuerdo a lo establecido por su fabricante (SIMRAD, 2003). Calibración que consiste



en un proceso iterativo que mide la señal de intensidad de blanco (TS) y eointegración (sA) provenientes de un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm de diámetro) de fuerza de blanco conocida, localizado en el centro del haz acústico.

Por otra parte, a partir de los lances con captura de jurel se obtuvieron las muestras requeridas para estudios de otolito, estómagos y biológicos (relación longitud de peso y estructuras de tallas).

3.2 Objetivo específico 2.1.-Distribución espacial y batimétrica del jurel en el área de estudio

3.2.1 Zona y período de estudio

La zona de estudio estuvo comprendida entre Arica (18°25'S) y Caldera (27°10'S), cubriendo la primera a doscientas millas de la costa desde Arica (18°25'S) a sur Caleta Camarones (19°15'S), mientras que hacia el sur las transectas alcanzaron las 100 mn (**Figura 1a**), prospectándose en el crucero 57.500 mn².

3.2.2 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo utilizado en la evaluación de jurel a través de método hidroacústico, correspondió a un diseño de muestreo sistemático, considerando que la distribución de los recursos es de carácter contagiosa y aleatoria respecto a la posición de las transectas (Shotton Bazigos 1984; Francis 1984, Simmonds *et al.*, 1991). Diseño que es recomendado para obtener una adecuada información sobre la distribución espacial de los recursos (Mac Lennan y



Simmonds, 1992) y donde se reduce la varianza del estimador cuando la información presenta una gradiente de densidad en el sentido de las transectas.

Este diseño propuesto para la evaluación del jurel por Barbieri *et al.*, 1996, corresponde a muestreo sistemático de conglomerado de tamaño variable, donde cada conglomerado es asimilado a un tramo de navegación denominado transecta, distribuyéndose estas de manera equidistantes y perpendiculares al sentido de la costa (**Figura 1a**).

La estrategia de prospección fue de tipo adaptativa (Barbieri *et al.*, 1996). Esto es, el área de estudio se ajustó latitudinalmente para incorporar sectores con presencia de jurel, detectados durante la prospección acústica o por la flota de cerco durante el desarrollo del crucero de evaluación, extendiendo la longitud de las transectas cuando en sus extremos se detecten agregaciones del recurso.

La evaluación acústica se llevó a cabo con el sistema de eco integración del ecosonda SIMRAD ER-60, utilizando la frecuencia de 38 Khz, con transductor de haz dividido, recolectando información relativa a la densidad de peces detectadas y referidas a 1 mn^2 , desde los 3 a 500 m de profundidad. El rango dinámico de 160 dB y el nivel mínimo de detección de -65dB, permitieron la incorporación de un amplio espectro de señales provenientes de blancos de tamaño pequeño (plancton) hasta peces de gran tamaño, distribuidos en forma dispersa o en densos cardúmenes sin perder señal o saturarse.

La información acústica relativa a la densidad de peces se registró de manera continua durante la navegación, discretizándose en intervalos básicos de muestreo (IBM) de 0.5 mn, controlados por la interfase del sistema de eco integración con el navegador satelital GPS. Adicionalmente, se registró y almacenó la profundidad del fondo del mar hasta 500 m.



Durante el crucero se realizaron 22 transectas perpendiculares a la costa, separada veinte de ellas por 25 mn y dos por 50 mn, alcanzando las dos últimas el límite de la Zona Económica Exclusiva (ZEE). La localización de las transectas se estableció en base a antecedentes de operación de la flota, que indicaron la presencia del recurso dentro de las 200 mn, al sur de Mejillones, y la ausencia hacia el norte sobre las 100 mn de la costa.

3.2.3 Calibración electroacústica

El sistema de ecointegración, fue calibrado de acuerdo al procedimiento recomendado por el fabricante (Simrad, 2003), el cual consiste en ubicar bajo el transductor un blanco de referencia de cobre de 60 mm de diámetro con fuerza de blanco conocida (-33,6 dB), a fin de contrastar la medición del equipos con el valor estándar. Si es necesario ajustar el ecosonda, como fue el caso, esto es desarrollado automáticamente por el software de calibración del ER-60 (**Figura 2**).

3.2.4 Identificación de especies

La identificación de especies en los ecorregistros acústicos se realizó mediante dos métodos. El primero consiste en el análisis de los ecorregistros considerando el comportamiento de los peces, en tanto el segundo corresponde a la interpretación de ecogramas en conjunto con los resultados de pesca con red de cerco.

Se debe destacar que en caso de jurel sus capturas son prácticamente mono específica, presentando este recurso una escasa fauna asociada.



Pesca de identificación

A objeto de validar la identificación efectuada mediante el examen de los ecogramas y método acústico, y establecer el grado de mezcla ínter específico, en los sectores con presencia de agregaciones se realizaron lances de pesca con una red de cerco (**Figura 3**). En este sentido, la no captura de jurel permitió validar agregaciones de otras especies presentes, mientras que su captura por parte del PAM Eperva 64 permitió corroborar la identificación por el método acústico.

De las respectivas capturas se determinaron los aportes porcentuales de cada especie y la estructura de tallas y pesos de las especies dominantes, con especial énfasis en jurel, aplicándose a las lecturas acústicas en las IBM cercanas a los lugares en que se realizaron las pescas (Simmonds *et al.*, 1992).

3.2.5 Procesamiento de la Información acústica

La información acústica corresponde al valor de densidad promedio, expresado en energía retrodispersada referida a una milla náutica cuadrada (s_A), y los valores de intensidad de blanco (TS) detectado dentro de los límites de integración del intervalo básico de muestreo (IBM), que es el criterio para discretizar la información acústica. La distribución espacial del jurel en el área prospectada, se presenta como una carta de contorno, en donde éstos representan curvas que unen puntos de igual densidad, permitiendo de esta manera destacar las áreas de mayor concentración de los recursos (Simmonds y MacLennan, 2005).

La carta de distribución espacial de jurel, se confeccionó mediante el uso del programa SURFER (versión 8.0), utilizando para la interpolación el método de la



distancia inversa al cuadrado. La informaci3n fue clasificada de acuerdo a la escala de categorías descritas en la **Tabla 1**.

Tabla 1.

Agregaci3n de jurel por categorías de densidad.

Categorías	Intervalos (t/mn²)	Calificaci3n de densidad
I	1-75	Muy baja
II	76-150	Baja
III	151-300	Regular
IV	301-mayor	Muy densa

La distribuci3n batimétrica se determin3 a partir de la lectura de los ecogramas, midiendo la distancia a la cual se ubican las agregaciones de jurel, registrando en cada intervalo b3sico de muestreo la profundidad superior e inferior de las agregaciones as3 como su nivel de densidad acústica, agrupando posteriormente esta informaci3n en intervalo de 10 metros de profundidad para los distintos niveles de densidad registrado (categorías I, II, III, IV) establecidos en la **Tabla 1**. Los resultados para las distintas categorías, as3 como el total de las agregaciones de jurel detectadas en la zona de estudio, se presentan en gr3ficos o histogramas, donde la profundidad esta referenciada al nivel del mar.

Los mapas de distribuci3n espacial se confeccionaron realizando una interpolaci3n con el m3todo de la distancia inversa al cuadrado entre las unidades b3sicas de muestreo y transectas cercanas, trazando líneas de isodensidad de acuerdo a las categorías seÑaladas anteriormente.



3.2.6 Análisis de la información acústica

Con el fin de establecer indicadores del grado de agregación relativo de jurel, se utilizaron los índices de presencia (IC), densidad (ID) e índice de Pennington. En tanto la caracterización de las estructuras espaciales se realizó mediante el uso de correlogramas y variogramas, herramientas analíticas que permiten describir la estructura espacial de una variable (Maravelias *et al.*, 1996, Maynou *et al.*, 1998).

a) Índice de presencia (IC), de abundancia relativa (ID) y media de Pennington 1983

El índice de presencia (IC) muestra el porcentaje del área ocupada en forma efectiva por la especie, brindando el grado de concentración presente en el recurso, calculándose como:

$$IC(\%) = \frac{IBM^{(+)}}{IBM^{(t)}}$$

donde,

$IBM^{(+)}$ = número de observaciones acústica con presencia de jurel

$IBM^{(t)}$ = número de observaciones totales.

La abundancia relativa (ID) es determinada por el índice de densidad, e indica la concentración de jurel en las IBM's con presencia de jurel. Su estimación es:

$$ID(t/mn^2) = \frac{\sum_{n=1}^i s_A \times C_s}{IBM^{(+)}}$$



donde,

- s_A = es la densidad promedio por IBM (m^2/mn^2),
 C_s = constante de transformaci3n ($t/mn^2/s_A$)

En tanto, el estadístico de Pennington considera tanto la densidad como la probabilidad de presencia de la especie de interés y su varianza, estimándose como:

$$c = \left(\frac{m}{n} \right) e^{\bar{y}} G_m(r),$$

donde:

- m = Cantidad de IBM positivas.
 n = Total de IBM.
 \bar{y} = Media de la variable transformada a logaritmo natural
 $G_m r$ = Funci3n de la varianza de la variable transformada a logaritmo de la forma:

$$G_m(r) = 1 + \frac{m-1}{m} r + \frac{m-1}{2!m^2} \frac{r^2}{m+1} + \frac{m-1}{2!m^3} \frac{r^3}{m+1} \frac{r^3}{m+3} + \dots,$$

donde,

$$r = \frac{s^2}{2},$$

siendo, s^2 el estimador de varianza para la variable transformada a logaritmo.

Puede apreciarse que $G_m r$ es una serie infinita que depende de la varianza de los datos transformados a logaritmo y de la cantidad de valores distintos de cero.



La varianza de la densidad media estimada viene dada por:

$$\hat{V}(c) = \left(\frac{m}{n}\right) e^{2\bar{y}} \left[\left(\frac{m}{n}\right) G_m^2(r) - \frac{m-1}{n-1} G_m\left(\frac{m-2}{n-1} 2r\right) \right]$$

b) Descripción de estructuras espaciales

Las características de las agregaciones de jurel, se determinaron mediante la construcción de correlogramas, lo cual permite visualizar y cuantificar la existencia de macroestructuras en datos acústicos (Barbieri, 1981; Barbieri y Córdova, 1986, Córdova *et al.*, 1995). El correlograma es determinado mediante la expresión:

$$R_0 = \frac{n_i \times \sum_{i=1}^{n-k} (Y_{ji} - \bar{Y}_i)(Y_{j_{i+1}} - \bar{Y}_i)}{(n_i - k) \sum_{i=1}^{n_i} (Y_{ji} - \bar{Y}_i)^2}$$

donde,

- k = orden de autocorrelación
- Y_{ij} = densidad j-ésima de la transecta i-ésima
- Y_i = densidad media de la transecta i-ésima
- n_i = número de IBM en la transecta i-ésima
- n = número total de observaciones

c) Estructura espacial de la distribución

La estructura espacial de la distribución del jurel se analizó a través del estudio del semivariograma, procedimiento utilizado por Foote y Rivoirar (1992) y Petitgas (1993).



Procedimiento actualmente aplicado desde 1995, en las evaluaciones hidroacústicas de recursos pelágicos zona norte (Castillo *et al.*, 2011), y merluzas por Lillo *et al.*, 1995 y 2010.

El variograma está dado por:

$$y_h = \frac{E(z(x+h) - z(x))^2}{2}$$

donde,

- z = densidad de peces en unidad de s_A ,
- x = vector de posición de la medición de la IBM
- y_h = vector de magnitud h o distancia entre la posición de z (h) a z ($h+1$)

3.3 Objetivo específico 2.2.- Determinar la abundancia (en número) y biomasa total (en peso) del recurso jurel en el área de estudio

3.3.1 Estructura de talla

Con el fin de efectuar la estimación de abundancia en número y biomasa en peso para jurel y anchoveta en la zona de estudio, se analizaron las estructuras de tallas obtenidas en los lances con captura realizados por el Eperva 64, con el fin de establecer la existencia de diferencia estadísticas significativas que determinen una estratificación de la información y posterior calculo de la abundancia y biomasa.

Las distintas estructuras de tallas fueron testeadas mediante la aplicación del método Dócima de Hipótesis Generalizada (DHG) el que compara mediante el X^2 , la homogeneidad en las distribuciones de tallas (Miranda 1999).



La d3cima para comparar la igualdad de la distribuci3n o estructura de tallas obtenida de los muestreos, con la distribuci3n o estructura de tallas combinadas, puede ser planteada a partir de la siguiente hip3tesis nula a probar:

H_0 : La estructura de tallas de todos y cada uno de los muestreos es igual a la estructura de tallas combinadas,

es decir:

$$H_0: \hat{P}_{ki} = P_{pk};$$

Para todo $i = 1, 2, \dots, r$; $k = 1, 2, \dots, K$.

Como se indicara la estadística de prueba a utilizar, se basa en la distribuci3n χ^2 y est3 dada por la expresi3n indicada a continuaci3n:

$$X_i^2 = \sum_{k=1}^k \frac{[n_{ik} - n_i P_{pk}]^2}{n_i P_{pk}}$$

$$i = 1, 2, \dots, r$$

Estadística que se distribuye como una distribuci3n $\chi^2_{(k-1)}$

La estructura de la d3cima de Heterogeneidad Generalizada, en su versi3n generalizada est3 dada como sigue:

$$H_0: P_{pk} = P_{pk};$$



para todo i ;

$i = 1, 2, \dots, r$.

$$H_1: P_{ki} \neq P_{pk}$$

para todo i ;

$i = 1, 2, \dots, r$.

La estadística de prueba, Estadística Resultante Generalizada de Heterogeneidad está dada por la relación siguiente:

$$X_{RH}^2 = \sum_{i=1}^r x_{i(k-1)}^2 - X_p^2$$

donde,

$$X_{RH}^2 \approx X_{((r-1)-(k-1))}^2$$

$$X_p^2 = \sum_{i=1}^r \frac{[n_k - n_k P_k]^2}{n_k P_k}$$

$$n_i = \sum_{k=1}^k n_{ik}$$

Criterio de decisión respecto de la hipótesis nula H_0

La hipótesis nula será rechazada si el valor observado de $x_{RH}^2 > x_{c(r-1)(k-1)}^2$ a un nivel de significación previamente definido



3.3.2 Estimación de la abundancia en número y biomasa en peso total y a la talla

La abundancia y biomasa total de jurel y anchoveta será estimada según:

$$\hat{A}_T = \sum_k \hat{A}_k$$

$$\hat{B}_T = \sum_k \hat{B}_k$$

Los estimadores de la abundancia y biomasa por clase de tallas esta dada respectivamente por:

$$\hat{A}_k = a \hat{C}_{nk} \hat{R}_k$$

$$\hat{B}_k = \hat{A}_k \hat{w}_k$$

Donde:

- \hat{A}_k = abundancia a la talla k en número.
- a = área de distribución del recurso en millas náuticas cuadradas (mn^2).
- \hat{C}_{nk} = factor o coeficiente de eco integración a la talla k ($n/mn^2/s_A$)
- \bar{w}_{kj} = peso promedio a la talla k, expresado en toneladas (t).
- \hat{A}_T = abundancia total en número.
- \hat{B}_T = biomasa total en toneladas (t).
- \hat{R}_k = razón de lecturas acústicas (s_A) por IBM. a la talla k.



Siendo,

$$\hat{C}_{nk} = (4\pi \times 10^{\frac{TS_k}{10}})^{-1}$$

TS_k = fuerza de blanco correspondiente a la talla k

y,

$$\hat{R}_k = \hat{R} \hat{P}_k$$

Donde, la estructura de tallas \hat{P}_k se estim3 mediante la siguiente expresi3n:

$$\hat{P}_k = \sum_{i=1}^m \frac{C_i t_i s_{Ai}}{C t s_A} \hat{P}_{ik}$$

$$C t s_A = \sum_{i=1}^m C_i t_i s_{Ai},$$

$$\hat{P}_{ki} = \frac{n_{ik}}{n_i}; i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, K$$

Siendo,

- i = indica el lance de pesca
- k = indica la clase de talla
- s_{Ai} = densidad acústica del intervalo básiico de muestreo (IBM) en el entorno a 5 mn del lance “ i ”
- C_i = captura en número obtenidos en el lance de pesca “ i ”.
- t_i = tiempo del lance “ i ”.
- n_i = muestra de ejemplares del lance “ i ”.



- n_{ik} = ejemplares de talla “ k ” en el lance “ i ”.
- m = número de lances efectuados en el área (a) o de pesca.
- \hat{P}_k = frecuencia de la talla k obtenida desde la estructura de tallas de los lances de pesca realizados en el área (a).

Donde el s_{Ai} es la suma de los s_A registrado en la transecta donde se efectuó el lance, considerando los valores de s_{Ai} hasta las 5 mn, en ambos sentidos desde la posición del lance. La captura en número es estimada por la razón entre la captura en peso y el peso medio de los ejemplares, en tanto el tiempo del lance (cerco) se asume un valor fijo igual a 60 minutos.

El estimador de razón (\hat{R}) se obtuvo mediante los métodos Hansen, Wolter, Bootstrap y Variables Regionalizadas.

El área de distribución de los recursos se determinó delimitando los contornos de la distribución, resultando en una figura geométrica georreferenciada, realizándose el cálculo según:

$$a = \int_{L_0}^{L_1} \int_{g_0}^{g_1} \phi(L., g) \quad dL \, dg$$

Donde:

- L_0 y L^1 = límites en latitud, referidas a millas náuticas
- g_0 y g_1 = límites en longitud, referida a millas náuticas, corregida por ortodrómica.
- $\Phi(L,g)$ = Función geométrica del área que encierra a la distribución del recurso.



Las 3reas se determinaron mediante programas de sistema de informaci3n georreferenciado (SIG), en atenci3n a que ellos incorporan correcciones a la longitud que permiten determinar con un alto grado de exactitud las 3reas de distribuci3n espacial del recurso, al incluir en sus procesamientos de c3lculo de 3rea trigonometr3a esf3rica, eliminando errores que puedan generarse, al considerar que la extensi3n en longitud de las 3rea se corresponde con las loxodr3micas.

Los estimadores de raz3n (\hat{R}) considerados fueron.

- **Hansen y Wolter (Hansen *et al.*, 1954)**

El estimador de raz3n de Hansen y Wolter y que denotaremos por (\hat{R}_1) de las lecturas ac3sticas del eco integrador (s_A) por I.B.M. esta dado por:

$$\hat{R}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

donde,

- i = denota la transecta $i = 1, 2, \dots, n$.
- n = muestra de transectas cubiertas en el 3rea de estudio.
- X_i = densidad de la transecta i -esima .
- Y_i = n3mero de I.B.M. en la transecta i -esima .



- **Bootstrap**

El estimador de \hat{R} segun el m3todo Bootstrap se calcula segun (Robotham y Castillo, 1990):

$$\bar{\hat{R}}_2 = \sum_{j=1}^G \frac{\hat{R}_j}{G}$$

Siendo \hat{R}_j un estimador de raz3n obtenido de la j -3sima iteraci3n de muestra de tamao "n" seleccionada, con reposici3n, de la muestra original y "G" representa la cantidad total de iteraciones bootstrap, efectu3ndose 100 procesos y 100 iteraciones.

- **Variables regionalizadas**

Otro estimador de biomasa a utilizar, corresponde al propuesto por Petitgas (1991) el cual considera que la biomasa depende de la geometr3a del 3rea de distribuci3n del recurso y estima su densidad (Z), que es equivalente a la raz3n \hat{R} , solo en dicha 3rea (V) mediante la expresi3n:

$$Z_v = \frac{1}{V} \int Z(x) dx$$

donde Z_v es un estimador de la densidad media ponderada de las muestras, que en aquellos casos donde las muestras provienen de una grilla regular, y poseen igual 3rea de influencia, el estimador de Z_v se calcula como la media aritm3tica de los datos de s_A por intervalo b3sico de muestreo.



Las lecturas acústicas del eco integrador por IBM corresponden a la expresi3n:

$$s_A = 4 \pi (1.852)^2 \int_{z_1}^{z_2} S_v dz$$

donde,

s_A = coeficiente volumétrico de dispersi3n promedio (m^2/mn^2).

s_v = coeficiente volumétrico de dispersi3n promedio (m^{-1}).

1.852 = factor de transformaci3n de m a mn.

3.3.3 Estimaci3n de la abundancia a la edad

- **Lectura de otolitos**

Corresponde al proceso de determinaci3n de edad de las muestras de otolitos, mediante el análisis de las marcas anuales presentes en estas estructuras y la asignaci3n del grupo de edad al cual pertenecen los ejemplares de acuerdo a la edad determinada, el período de captura y la fecha de nacimiento arbitrario adoptada.

Los otolitos leídos corresponden a una submuestra aleatoria obtenida del total de otolitos recolectados en el crucero. El tamaño de la muestra se estableci3 mediante un procedimiento estadístico que considera entre otras cosas, la zona de estudio, las clases de tallas y los grupos de edad presentes, para lo cual se consideraron 10 pares de otolitos por clase de talla. Esto permite asegurar la representatividad que debe tener la submuestra analizada de la estructura de la poblaci3n.



- **Elaboraci3n de la clave edad-talla**

La clave edad-talla es una matriz que permite clasificar las edades de los individuos en grupos de edad (GE), segun la longitud de los peces observados, calculando adem3s la probabilidad de pertenencia para los diferentes estratos. Luego, en la clave edad-talla, se clasifica las lecturas de cada otolito por grupo de edad y de ello se estima la probabilidad segun la expresi3n:

$$q_{ij} = n_{ij} / n_j$$

donde:

i = grupo de edad

j = longitud total del pez

q_{ij} = probabilidad de los individuos de longitud "j" de pertenecer a un GE dado

n_{ij} = n3mero de individuos de edad "i" con longitud "j"

n_j = n3mero total de individuos de longitud j.

- **Expansi3n de la abundancia a los grupos de edad**

La abundancia por grupos de edad se obtiene empleando b3sicamente:

$$\hat{N}_j = (f_j / \sum_j^n f_j) \hat{N}_t$$

$$\hat{N}_{ij} = q_{ij} \hat{N}_j$$

$$\hat{N}_i = \sum \hat{N}_{ij}$$



donde:

\hat{N}_t = número total de individuos estimado por acústica.

\hat{N}_j = número estimado de individuos a la longitud “j”

\hat{N}_{ij} = número estimado de longitud “j” que pertenecen a la edad “i”

\hat{N}_i = número estimado de individuos a la edad “i”

f_j = Frecuencia de individuos a la longitud “j” de la estructura de talla total.

Haciendo referencia de N_i con respecto a N_t , se obtiene la proporción con que participa cada GE en la abundancia numérica total estimada por el método hidroacústico.

3.3.4 Estimación de la varianza para abundancia en número y biomasa en peso

La varianza de la abundancia será estimada mediante el siguiente estimador:

$$\hat{V}(\hat{A}_k) = a^2 [\hat{V}(\hat{C}_{nk})\hat{R}_k^2 + \hat{V}(\hat{R}_k)\hat{C}_{nk}^2 - \hat{V}(\hat{R}_k)\hat{V}(\hat{C}_{nk})]$$

En tanto la varianza de la biomasa será obtenida a través del estimador:

$$\hat{V}(\hat{B}_k) = \hat{V}(\hat{A}_k)\hat{w}_k^2 + \hat{V}(\hat{w}_k)\hat{A}_k^2 - \hat{V}(\hat{A}_k)\hat{V}(\hat{w}_k)$$

De igual manera, la varianza del estimador “ \hat{R}_k ” será estimada mediante,

$$\hat{V}(\hat{R}_k) = \hat{V}(\hat{P}_k)\hat{R}^2 + \hat{V}(\hat{R})\hat{P}_k^2 - \hat{V}(\hat{R})\hat{V}(\hat{P}_k)$$

Por su parte, la varianza del estimador del parámetro “ P_k ” es obtenida mediante el estimador dado por la siguiente expresión:



$$\hat{V}(\hat{P}_k) = \left[\frac{1}{m} - \frac{1}{M} \right] \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m \frac{Cts_{Ai}}{\bar{C}ts_A} (\hat{P}_{ik} - \hat{P}_k) + \frac{1}{mM} \sum_{i=1}^m \frac{Cts_{Ai}}{\bar{C}ts_A^2} \left[\frac{i}{n_i} - \frac{1}{N_i} \right] \hat{S}_{ki}^2$$

Donde,

- i = denota el lance $i = 1, 2, \dots, m$
- M = número de lances que pueden ser realizados en el área
- m = muestra de lances realizados en el área
- N_i = ejemplares en el lance "i", $i = 1, 2, \dots, m$
- n_i = muestra de ejemplares medidos en el lance "i", $i = 1, 2, \dots, m$

$$Cts_{Ai} = C_i t_i s_{Ai}$$

$$\bar{C}t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m C_i t_i s_{Ai}$$

$$\hat{S}_{ki}^2 = \frac{1}{n_i - 1} \hat{P}_{ki} [1 - \hat{P}_{ki}]$$

La varianza del factor o coeficiente de eco-integración en número " \hat{C}_{nk} " se estimada según:

$$\hat{V}(\hat{C}_{nk}) = (4\pi)^{-2} (10)^{-2(0,17S+1)} \ln^2(10) \hat{V}(TS_k)$$

Donde,

$$\hat{V}(\overline{TS}_k) = \hat{V}(\hat{\alpha}) + \log^2(L_k) \hat{V}(\hat{\beta}) + 2\log L_k \text{cov}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$$

Siendo,

- α y β = coeficientes de la regresión fuerza de blanco y longitud, " \overline{TS} ".
- l_k = longitud a la talla "k".



Para los dise1os sistemáticos como el propuesto en esta evaluaci3n, donde se considera un 3nico punto de arranque para la muestra, no es posible obtener un estimador de varianza que sea insesgado ni consistente. Luego, considerando que hay un amplio conjunto de estimadores aproximados que pueden ser usados con resultados razonablemente buenos, particularmente cuando la poblaci3n en estudio no presenta periodicidad en relaci3n a la selecci3n de la muestra sistemática, se obtendrán al menos tres estimadores alternativos para la varianza de la raz3n.

Conglomerado de tama1os desiguales (Hansen *et al.*, 1954)

$$\hat{V}_1(\hat{R}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{n\bar{y}^2} (S_x^2 + \hat{R}^2 S_y^2 - 2\hat{R}S_{xy})$$

donde N y n representan el n3mero total de transectas en el 3rea y en la muestra respectivamente y:

$$S_{xy} = \sum_1^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1}$$

$$S_x^2 = S_{xx} \quad ; \quad S_y^2 = S_{yy}$$

$$\bar{x} = \sum_1^n \frac{x_i}{n} \quad ; \quad \bar{y} = \sum_1^n \frac{y_i}{n}$$

donde el intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para la biomasa \hat{B} est1 dado por la expresi3n:

$$\hat{B} \pm t_{1-\alpha/2} \times \hat{A} \times \sqrt{\hat{V}_i(\hat{R})}$$



Estratos agrupados (Wolter, 1985)

$$\hat{V}_2(\hat{R}) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{\hat{R}^2}{n(n-1)} (S_x^2 + S_y^2 - 2 S_{xy})$$

donde:

$$S_{xy} = \sum_1^{n-1} \frac{(x_i - x_{i+1})(y_i - y_{i+1})}{xy}$$

$$S_x^2 = S_{xx} ; S_y^2 = S_{yy}$$

El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para la biomasa, se estima por la expresión:

$$\hat{B} \pm t_{1-\alpha/2} \times \hat{A} \times \sqrt{\hat{V}_i(\hat{R})}$$

Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)

$$\hat{V}_3(\hat{R}) = \frac{1}{(G-1)} \sum_{i=1}^G (\hat{R}_i - \bar{\hat{R}})^2$$

$$\bar{\hat{R}} = \sum_{i=1}^G \frac{\hat{R}_i}{G}$$

donde \hat{R}_i es un estimador de razón obtenido de la i -ésima muestra de tamaño n seleccionada con reposición de la muestra original, y G representa la cantidad total de iteraciones bootstrap.



El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para el estimador de la biomasa, est1 dado por el percentil corregido (BC):

$$\hat{F}^{-1}\{\phi(2Z_o - Z_\alpha)\}$$

donde \hat{F}^{-1} es la funci3n inversa de la distribuci3n acumulada de $\hat{F}(\hat{R})$, definida por:

$$\hat{F}(\hat{R}) = \text{Prob}(\hat{R}_x \leq \hat{R}) \text{ y } Z_o = \phi^{-1}(\hat{F}(\hat{R}))$$

M3todo de las variables regionalizadas (Petitgas 1991)

Otro estimador de varianza de la biomasa utilizado, correspondi3 al m3todo intr3nseco propuesto por Petitgas (1991), quien aplica principios de geoestadística a la estimaci3n de varianza de datos pesqueros geogr1ficamente correlacionados, mediante la expresi3n:

$$\sigma_e^2 = 2 \bar{\gamma}(S, V) - \bar{\gamma}(V, V) - \bar{\gamma}(S, S)$$

donde, los t3rminos de la ecuaci3n se pueden representar mediante sus respectivos variogramas $(\gamma(h))$, y

$$\bar{\gamma}(S, S) = \frac{1}{n^2} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} \gamma(x_{\alpha} - x_{\beta})$$

$$\bar{\gamma}(S, V) = \frac{1}{nV} * \sum_{\alpha} \int_v \gamma(x_{\alpha} - y) dy$$

$$\bar{\gamma}(V, V) = \frac{1}{V^2} \int_{\alpha} \int_v \gamma(x - y) dx dy$$



siendo V el 1rea de distribuci3n del recurso en el 1rea de estudio, α y β los 1ndices de los intervalos b1sicos de muestreo y n el n1mero de muestras en V .

La varianza σ_e^2 depende de la estructura espacial a trav1s de tres factores geom1tricos: la geometr1a del campo para $\gamma(V,V)$; de la disposici3n entre los intervalos b1sicos de muestreo para $\gamma(S,S)$ y de la posici3n de la red de muestreo en el campo para $\gamma(S,V)$ (Petitgas y Prampart, 1993).

3.3.5 Varianza de la abundancia a la edad (Southward, 1976)

La varianza de la abundancia a la edad se determino a partir de:

$$\hat{N}_i = \hat{N}_t \times \hat{P}_i$$

donde, \hat{N}_t es el n1mero total de peces estimados por la evaluaci3n ac1stica, y:

$$\hat{P}_i = \sum_{j=1}^L l_j q_{ij}$$

donde, l_j es la proporci3n de peces que pertenecen al estrato de longitud "j" y L es n1mero de estratos de longitud

Luego, la varianza de \hat{P}_i y \hat{N}_i son:

$$\hat{V}(\hat{P}_i) = \sum_{j=1}^L \left(\frac{l_j^2 q_{ij} (1 - q_{ij})}{n_j - 1} + \frac{l_j (q_{ij} - \hat{P}_i)^2}{\hat{N}_t} \right)$$



$$\hat{V}(\hat{N}_i) = \hat{P}_i^2 \hat{V}(\hat{N}_i) + \hat{N}_i^2 \hat{V}(\hat{P}_i) - \hat{V}(\hat{N}_i) \hat{V}(\hat{P}_i)$$

El primer t3rmino de la expresi3n entre par3ntesis corresponde a la varianza dentro de los estratos de longitud y el segundo a la varianza entre los estratos de longitud.

3.3.6 Medida de precisi3n del estimado

Con el objeto de disponer de una medida de la precisi3n alcanzada en el estimado de biomasa, se utilizar3 el coeficiente de variaci3n y el porcentaje de error del estimado.

a) Coeficiente de variaci3n (Cv)

$$Cv = \frac{\sqrt{\hat{V}(\bar{x})}}{\bar{X}}$$

donde:

$\hat{V}(\bar{x})$ = varianza de la media

\bar{x} = media muestral

b) Porcentaje de error (E %)

$$E \% = \frac{t(1 - \frac{\alpha}{2}) \times \sqrt{\hat{V}(\hat{B})}}{\hat{B}} \times 100$$

$\hat{V}(\hat{B})$ = varianza de la biomasa.

\hat{B} = biomasa (t)

t = t de student

α = nivel de confianza de un 95%



3.3.7 Relaci3n longitud-TS y longitud-peso

a) Relaci3n longitud-TS

En cada lance de pesca se recolect3 datos de intensidad de blanco (TS) de jurel con el ecosonda SIMRAD ER-60, a fin de complementar la informaci3n obtenida en anteriores cruceros realizados en la zona centro-sur (1991 a 1998), y robustecer la relaci3n determinada en 1997 (C3rdova *et al.*, 1998). Sin embargo, las condiciones de agregaci3n del recurso no permiti3 contar con informaci3n de blancos individuales resueltos, al no encontrar zonas donde el recurso presentara un alto grado de dispersi3n en la columna de agua, raz3n por lo cual para este efecto, se consider3 la relaci3n de C3rdova *et al.*, 1998 para jurel y en anchoveta la determinada por Castillo *et al.*, 2008.

b)- Relaci3n longitud-peso

La relaci3n longitud peso se estima seg3n un ajuste de m3nimos cuadrados aplicado a la funci3n no lineal dada por la siguiente relaci3n:

$$\bar{p} = \beta_0 L^{\beta_1}$$

donde p es el peso de los ejemplares en gramos y L corresponde a la longitud horquilla en jurel y total para anchoveta en cm, β_0 y β_1 son los par3metros del modelo, siendo el primero el intercepto o la constante, y el segundo la pendiente o coeficiente de regresi3n.



3.4 Objetivo espec3fico 2.3. Determinar la distribuci3n del zooplancton en el 3rea y per3odo de estudio, con especial 3nfasis en los euf3usidos

3.4.1 Colecta de informaci3n

Las estaciones planct3nicas se realizaron sobre el track de navegaci3n ac3stico a 1, 5, 10, 20, 40, 70, 100 130, 170 y 200 mn de la costa.

Se realizaron pescas planct3nicas a trav3s de lances oblicuos diurnos y nocturnos con redes tipo Bongo de 65 cm de di3metro de boca y mallas de 300 μ m de abertura, provistas de medidores de flujo TSK calibrados, a objeto de poder determinar el volumen de agua filtrada en cada uno de los lances.

La calibraci3n de los fluj3metros utilizados durante el crucero, se realiz3 de acuerdo a la metodolog3a propuesta por Smith y Richardson (1979) y metodolog3a est3ndar del Instituto Nacional de Hidr3ulica de Chile, determinado las siguientes ecuaciones de calibraci3n:

- **B/C “Abate Molina” (TSK 4771):**

$$V = 0,15962547 \times N + 0,080532805$$

Donde V corresponde a la velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg, N al n3mero de revoluciones por segundo registrada en el fluj3metro y las constantes a y b son los coeficientes obtenidos del ajuste de una regresi3n lineal simple.



Se realizaron pescas planctónicas nocturnas a través de arrastres oblicuos, considerando una profundidad máxima de 200 m o 5 m sobre el fondo, en tanto que, para las pescas diurnas se consideró información de tipo complementaria, como es la profundidad de la capa de dispersión profunda que proporciona el equipo Simrad ER-60.

Las pescas planctónicas se realizaron calando la red a una velocidad aproximada de 0,3 m/s e izándola a 0,8 m/s, después de mantener una estabilización de 40 segundos a máxima profundidad.

Durante cada lance la velocidad del buque se mantuvo entre 1 y 3 nudos, dependiendo de las condiciones climáticas del momento y del estado del mar, de manera de mantener un ángulo aproximado del cable de 45° y 50°, con el viento a babor.

La profundidad real de muestreo fue corregida usando un ángulo promedio de todas las mediciones periódica cada 10 m, mediante un clinómetro manual y considerando un comportamiento lineal del cable, corrigiéndose la profundidad (p) según $p = L * \cos\phi$, donde L es el cable arreado y ϕ es el ángulo promedio.

3.4.2 Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas

Las muestras obtenidas en cada estación fueron fijadas inmediatamente después de extraídas de los copos colectores y almacenadas en frascos previamente etiquetados con una solución de formalina al 5% en agua de mar, neutralizada con tetraborato de sodio, para mantener así una óptima preservación de los organismos zooplanctónicos.



En el laboratorio y para los análisis cualitativo y cuantitativo del zooplancton se emplearon microscopios estereosc3picos, marca Nikon y Zeiss con aumentos de 8 a 40 veces. Para cada grupo zooplanct3nico presente se cuantific3 su abundancia. El conteo de los organismos poco abundantes se realiz3 sobre la muestra total, principalmente cuando se trat3 de la presencia del grupo de los euf3usidos, por ser un ítem importante en la alimentaci3n de jurel en la zona de estudio. En la cuantificaci3n de aquellos zooplancteres cuyas densidades fueron muy grandes, se utiliz3 para su subdivisi3n el submuestreador Folsom (Smith y Richardson, 1979; Boltovskoy, 1981 y Griffiths *et al.*, 1984).

La fracci3n de la muestra subdividida sobre la cual se realiz3 el recuento y clasificaci3n de los organismos, fue extrapolada posteriormente al total de la muestra analizada. La abundancia relativa del zooplancton cuantificado fue estandarizada y expresada en n3mero de individuos presentes en 1.000 m³ de agua de mar filtrada, su representaci3n gr3fica se realiz3 en base a la escala métrica log² que permite determinar clases de abundancia con valores equidistantes (Frontier, 1980), así como el software ad hoc SURFER 8.0.

En el análisis se determinaron los organismos zooplanct3nicos más abundantes en términos numéricos (frecuencia de ocurrencia y dominancia numérica), dando especial énfasis al grupo de los euf3usidos y los grupos que han sido componentes importantes del plancton a través del tiempo.

La separaci3n de las muestras consider3 el período entre 8:00 – 20:30 como diurno y entre las 20:31 – 7:59 como nocturno. La existencia de diferencias estadísticamente significativas entre la abundancia relativa media de los grupos de mayor dominancia, capturados en lances diurnos y nocturnos, se prob3 mediante el análisis no-paramétrico de Kruskal-Wallis, a un nivel de confianza del 95 %.



Los grupos zooplanctónicos se clasificaron en base al ordenamiento sistemático formulado por Bougis (1974) y Barnes (1986), utilizando como ayuda descriptiva para la determinación de los grupos los trabajos de Newell *et al.*, (1966), Vidal (1968), Arcos (1975), Boltovskoy (1981) y Palma y Kaiser (1993).

EL análisis consideró la constancia numérica o frecuencia de ocurrencia medida como la relación porcentual entre el número de muestras con presencia del grupo y las muestras totales, así como la dominancia numérica de los grupos que expresa la relación del número de ejemplares de un grupo respecto al total de individuos capturados en la zona de estudio. Su posterior clasificación fue de acuerdo a la escala propuesta por Bodenheimer (1955) (**Tabla 2**).

En este estudio se entenderá como; abundancia total relativa, al número total de individuos de un mismo grupo presentes en el total de estaciones; abundancia relativa media, a la suma de todos los individuos de cada grupo y el número total de estaciones y densidad, al número de individuos bajo una unidad de volumen (/1000 m³).

En el análisis de las comunidades zooplanctónica se utilizaron índices de riqueza de especie (Margalef), diversidad (Shannon y Weaver), uniformidad (Pielou y Sheldon) y similitud (Winer), descritos en Ludwing y Reynolds, 1988, los cuales han sido utilizados anteriormente en este estudio, permitiendo el análisis comparativo de sus resultados.



Tabla 2.
Clasificación de Bodenheimer (1955).

	CONSTANCIA	DOMINANCIA
Grupos accidentales	0 a 25%	0 a 2,5%
Grupos accesorios	25,1 a 50 %	2,6 a 5,0 %
Grupos constantes	50,1 a 100%	5,1 a 100%

a) Índice de riqueza de Margalef (Ludwing y Reynold, 1988)

$$R1 = \frac{S - 1}{Ln(n)}$$

donde,

- S = número total de especies presentes en la muestra
 n = número total de individuos de todas las especies presentes en la muestra

Este índice toma el valor de 0, si y sólo si, el número de especies en la muestra es 1. Su valor será máximo mientras mayor sea el número de especies totales de la muestra.

b) Índice diversidad Shannon y Weaver (Luwing y Reynolds, 1988)

$$H' = - \sum_{i=1}^{S^*} (pi \times Ln(pi))$$



donde,

p_i = abundancia proporcional

S^* = n3mero de especies presentes en la muestra.

El 3ndice es igual a 0, si y s3lo si, el n3mero de especies en la muestra es 1. Es m3ximo s3lo cuando todas las especies est3n representadas con el mismo n3mero de individuos en la muestra (distribuci3n uniforme).

c) 3ndice de uniformidad de Pielou (Ludwing y Reynolds, 1988)

$$E1 = \frac{H'}{\ln(S)}$$

donde,

H' = 3ndice de Shannon & Weaver

S = n3mero total de especies presentes en la muestra

Este 3ndice se mueve en un rango de valores de 0 a 1. Tienden a cero cuando las abundancias relativas de las especies divergen de la uniformidad y existe una m3xima dominancia de una especie o grupo. Tienden a 1 cuando todas las especies en una muestra son igualmente abundantes, aportan de igual forma a la diversidad de la muestra, indicando una m3xima uniformidad.

d) 3ndice similitud Winer (S3iz, 1980)

Este 3ndice permite agrupar a los individuos de acuerdo a su coexistencia, trabaja con el grado de asociaci3n entre las especies o grupos en el par de muestras (A, B) que se est3 analizando. Tiene un dominio entre 0 y 1, el valor 0 indica que el par de especies o grupos zooplanct3nicos no est3n presentes simult3neamente en ninguna



muestra y el valor 1, indica lo contrario, es decir, que siempre est3n presentes simult3neamente.

$$S_w = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

donde x e y son los valores de importancia de cada elemento en la condici3n A y B, respectivamente.

Para realizar las agrupaciones de las matrices de similitud de Winer, se elaboraron dendogramas de relaciones de similitud a trav3s de un m3todo de agrupamiento, utilizando el m3todo del promedio aritm3tico de pares no ponderado (UPGMA) descrito en Sneath y Sokal (1973) y C3rdova *et al*, 2003.

e) Comparaci3n de estructuras zooplanct3nicas

A objeto de comparar las distribuciones zooplanct3nicas asociadas a zonas, distancia a la costa y per3odo del d3a, para determinar si existen diferencias estad3sticamente significativas entre estas, se consider3 la distribuci3n multinomial para describir las distribuciones zooplanct3nicas en la poblaci3n de estudio, bajo la premisa que esta ha sido usada frecuentemente como un modelo en estudios ecol3gicos y/o biol3gico-pesqueros. Es as3 que, existen distintos procedimientos estad3sticos dise1ados para abordar la comparaci3n de distribuciones multinomiales (Saavedra *et al.*, 2003), siendo el modelamiento de la distribuci3n bajo un esquema modelo basado uno de ellos.

Bajo este enfoque se utiliza la teor3a asociada al uso de modelos lineales generalizados (GLM), realizando una generalizaci3n de la regresi3n log3stica para respuestas dicot3micas, denominada regresi3n log3stica nominal (Dobson, 2002).



Modelo que se utiliza cuando no existe un orden natural en las categorías de la variable respuesta, como ocurre para las estructuras zooplact3nicas. Una categoría se elige arbitrariamente como la categoría de referencia y las funciones de enlace est3n definidas por,

$$\log(\pi_j) = \log\left[\frac{\pi_j}{\pi_1}\right] = X_j^T \beta_j \quad \text{para } j=2, k, j$$

donde,

- π_j = representa la proporci3n de la j-3sima especie.
- β_j = vector de par3metros asociados a la j-3sima especie
- X_j = vector de covariables

Las ecuaciones logitos (j-1) se utilizan simult3neamente para estimar los par3metros β_j .

Esta generalizaci3n permite el uso de todas las herramientas de la inferencia existente para estos tipos de modelos, utilizando la distribuci3n muestral aproximada del estimador m3ximo verosímil para el contraste de hip3tesis.

3.4.3 Biomasa zooplanct3nica total

La medici3n de los bio-volúmenes como medida estimativa de la biomasa zooplanct3nica total, se realiz3 con posterioridad a la determinaci3n cuantitativa y taxon3mica del zooplancton, emple3ndose el m3todo de desplazamiento de volúmenes húmedos (Postel *et al.*, 2000). El volumen zooplanct3nico fue determinado dos veces en cada muestra, promediando la medici3n de ambas para el



resultado final. Se excluyeron de la medición los organismos cuyo volumen superó los 5 ml.

La abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Y = 1000 \times \frac{X}{W}$$

donde:

Y	=	ml de zooplancton en 1000 m³
X	=	ml de zooplancton
W	=	volumen de agua filtrada por la red (m³).

Donde el volumen de agua filtrada es determinado por la multiplicación del área del aro bongo (m), tiempo de arreado y virado (s) y la velocidad (m/s) obtenida desde la ecuación de calibración del TSK evaluada mediante el número de revoluciones registradas en el TSK durante el lance de plancton.

3.5 Objetivo específico 2.4. Determinar la composición de los principales ítems alimentarios del jurel en el área de estudio

3.5.1 Colecta de las muestras

Los estómagos se obtuvieron a partir de los muestreos biológicos con ejemplares recolectados en los lances con pesca, realizados por el PAM Eperva 64 durante la ejecución del crucero de evaluación y complementado con los obtenidos en los PAM Atacama V, Intrépido, Corpesca I y Eperva 66.



3.5.2 An3lisis de la informaci3n

El an3lisis del contenido estomacal de jurel se efectu3 en los laboratorios del Instituto de Fomento Pesquero, y consider3 la identificaci3n de los 3tems presa al nivel taxon3mico m3s bajo posible, seg3n su estado de digesti3n. El an3lisis del bolo alimenticio fue efectuado utilizando los m3todo gravimetrico, num3rico y de frecuencia de ocurrencia (Hyslop, 1980).

La importancia relativa de cada tax3n de presa en la dieta de jurel se analiz3 mediante los siguientes 3ndices:

a) 3ndice de Importancia Relativa

La importancia relativa de cada tax3n de presa se obtuvo mediante un 3ndice combinado, denominado 3ndice de Importancia Relativa estandarizado a 100% (%IIR) propuesto por Cort3s (1997), el cual es una modificaci3n al IIR descrito por Pinkas *et al.*, 1971. Este IIR estandarizado presenta como principal ventaja el permitir y facilitar la comparaci3n entre estudios dietarios, estim3ndose como:

$$\%IIR = 100 \left(IIR_i / \sum_i^n IIR \right)$$

donde,

$$IIR_i = [(N_i\% + P_i\%) \times F_i\%]$$

N = porcentaje en n3mero: recuento de cada tax3n de presa encontrado en los est3magos de la especie predador analizado.

P = porcentaje en peso de cada tax3n de presa, expresado en forma porcentual respecto del peso total de todos los taxa de presa.



- F = porcentaje de la frecuencia de aparición de cada taxón presa, expresado en forma porcentual.
- i = ítem presa $i = 1, 2, \dots, n$.

b) Índice de estrategia alimentaria

También se exploró con otros indicadores alimentarios relacionados con aspectos ecológicos, a fin de definir si en su alimentación es especialista o generalista, considerando para ello la amplitud del nicho a través del siguiente indicador (Amundsen *et al.*, 1996):

$$Pi = \left(\frac{\sum Si}{\sum Sti} \right) \times 100$$

Donde:

- Pi = abundancia específica de la presa i .
- Si = contenido estomacal (peso) compuesto por la presa i .
- Sti = contenido total de los estómagos en que la presa i estuvo presente.

Este índice permite reconocer la estrategia alimentaria de un depredador, al asociarse la alta diversidad en su dieta a un carácter generalista, mientras que una baja diversidad representa una estrategia alimentaria especialista o restringida.

c) Índice de Selectividad de Presas por Tamaño

El tamaño de las presas se determinó por medio del índice de selectividad de presas por tamaño, ISU, utilizado, por Ursin (1973)

$$U = \ln\left(\frac{W_i}{W_j}\right)$$



donde: w_i es el peso del depredador i ; w_j es el peso del taxón de presa j en el contenido estomacal de i . En este sentido, se considera que el valor promedio del índice ISU representa el tamaño medio entre predador y sus presas, y que la desviación estándar es una mediada relativa de selectividad, siendo inversamente proporcional a esta (Arancibia y Neira, 2002).

3.6 Objetivo específico 2.5.- Determinar la fauna acompañante y su importancia relativa en los lances de pesca de identificación

Para la determinación de la fauna acompañante y sus proporciones en la pesca de identificación, se aplicó la siguiente metodología.

3.6.1 Pesca de identificación

La unidad de muestreo fue el lance de pesca con cerco, el cual fue realizado en el PAM Eperva 64 durante el crucero evaluación. En cada lance de pesca se estimó la captura en peso y número obtenida para el total y por especie, para lo cual se consideró la estimación por llenado de bodega y el pesaje individual cuando fue posible (baja captura). Procedimiento que también fue aplicado en los muestreos complementarios realizados a bordo de naves de cerco Atacama V, Intrépido, Corpesca I y Eperva 66, durante el período de ejecución de este estudio.



3.6.2 Muestreo a las capturas de lances de cerco

3.6.2.1 Reconocimiento y proporci3n

Para determinar la fauna acompa1ante y sus proporciones en la pesca de identificaci3n, se procedi3 a separar por especie todos los ejemplares presentes en la captura del lance, efectuando este procedimiento sobre una muestra cuando la captura super3 los 300 Kg. Se registr3 en cada uno de ellos su peso y longitud total o de horquilla seg1n fue el caso.

La identificaci3n se efectu3 a trav3s de uso de antecedentes bibliogr1ficos como: Peque1o 1971, Retamal 1981, Hulley, 1984, y Krefst, 1984. Cuando la identificaci3n no fue posible a bordo, se tomaron fotograf1as y el ejemplar se conserv3 en formalina al 10 % con la informaci3n correspondiente para su posterior identificaci3n en tierra.

La estimaci3n de la captura de cada especie en peso, se obtuvo mediante la aplicaci3n del cociente entre el peso de la especie y peso total de la muestra, al estimado de captura total.

Proporci3n en peso:

$$\hat{P}_{sw} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} w_{si}}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i}$$

$$\hat{V}'(\hat{P}_{sw}) = \frac{1}{n} \frac{1}{\hat{w}^2} \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (w_{si} - \hat{P}_{sw} \times w_i)^2 \approx \frac{1}{n-1} \hat{P}_{sw} (1 - \hat{P}_{sw})$$



donde,

w_{si} = peso del ejemplar “i” de la especie “s” en la muestra

w_i = peso del total de especie en la muestra

n = tamaño de muestra de los ejemplares en peso

\bar{w} = peso promedio para el total de especies

y donde la proporción en peso de la fauna acompañante para el lance tiene la misma estructura

Proporción en número:

$$\hat{P}_s = \frac{n_s}{n}$$

$$\hat{V}(\hat{P}_s) = \frac{1}{n-1} \hat{P}_s (1 - \hat{P}_s)$$

donde,

n_s = número total de ejemplares de la especie “s” en la muestra

n = tamaño de muestra de los ejemplares en número

3.6.2.2 Muestreo de longitud

El muestreo de longitud se efectuó sobre una muestra de 100 ejemplares de jurel elegidos al azar, si el volumen de la muestra lo permite. Cada uno de los ejemplares se midió y clasificó por categoría de tamaños cada un centímetro, utilizando para tal efecto un lctiometro. Posteriormente, en cada categoría de tamaño, los ejemplares se clasifican por sexo (machos, hembras e indeterminados).



3.6.2.3 Muestreo biológico, otolitos y estómagos

Este tipo de muestreo es independiente del muestreo de longitud y consistió en seleccionar de cada lance al azar 50 ejemplares de jurel, sobre el cual se realizaron las siguientes mediciones: longitud horquilla, peso total, peso eviscerado, peso de gónada, sexo y estado de madurez. Además se extrajeron otolitos y se recolectaron estómagos, registrando toda la información en formularios de muestreo biológico, otolito y estómago. Asimismo, una solución diluida de 3 a 1 de formalina (formaldehído 37%) en 30 lts de agua de mar y 2,5 g de bórax en polvo, se utilizó para preservar las muestras de estómagos y material biológico que se consideró importante para su análisis en laboratorio en tierra.

3.6.3 Análisis de las capturas

La información de las distintas especies capturadas fue ordenada de manera decreciente, según su contribución a la captura total, para posteriormente estimar la importancia relativa (porcentaje en peso) de las especies capturadas en la prospección. A partir de esta información complementada con los datos registrados entre 2006 y 2010, se realizó un análisis de clusters mediante el uso de dendogramas, para lo cual se transformó la captura de cada especie en una variable binaria, generando una matriz dicotómica de ausencia /presencia para cada una de las especies por año.



3.7 Objetivo específico 2.6.- Determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio

A fin de determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio se aplicó la siguiente metodología

3.7.1 Diseño general de muestreo

Durante el crucero de investigación se realizaron 22 transectas con estaciones dispuestas en forma perpendicular a la costa, con 7 estaciones de muestreo situadas a 1, 5 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa, incorporando tres estaciones adicionales a 130, 170 y 200 mn en dos transectas ubicadas en el límite norte del área de estudio.

En cada una de las estaciones oceanográficas, se obtuvo registros verticales continuos de temperatura (°C) y salinidad (psu), desde la superficie hasta un máximo de 500 m de profundidad. Para lo anterior, se utilizó un CTD calibrado Sea Bird 19 plus V2 operado en forma auto contenido, lo cual permitió asegurar la obtención de información fidedigna durante el funcionamiento de la sonda oceanográfica utilizada en el estudio.

El número de estaciones de muestreo realizadas durante el crucero fueron 159, de 160 estaciones programadas, donde 1 estación no fue considerada en el análisis dado problema por condiciones de estado de mar (marejadas) que no permitió su realización por razones operativas y de seguridad de los operadores y equipos. Luego, más del 99% de las estaciones oceanográficas programadas fueron efectivamente realizadas durante el crucero.



Por 3ltimo, la **Tabla 3** resume la posici3n de cada una de las 22 transectas realizadas durante el estudio y el n3mero de estaciones de muestreo.

Tabla 3.

Posici3n de transectas y n3mero de estaciones oceanogr3ficas en el muestreo regular.

Transectas	Latitud (S)	N3mero Estaciones	Extensi3n (mn)	Fecha 5-100 mn
1*	18°25'	10	200	09/10-05-11
2	19°15'	10	200	08-05-11
3*	19°40'	7	100	07/09-05-11
4	20°05'	7	100	06/07-05-11
5	20°30'	7	100	06-05-11
6	20°55'	7	100	05-05-11
7	21°20'	7	100	04-05-11
8	21°45'	7	100	03-05-11
9	22°10'	7	90	02-05-11
10	22°35'	7	90	29-04-11
11	23°00'	7	90	28-04-11
12	23°25'	7	90	25-05-11
13	23°50'	7	90	26-04-11
14	24°15'	7	90	27-04-11
15	24°40'	7	90	21-04-11
16	25°05'	7	90	20-04-11
17	25°30'	7	90	19-04-11
18	25°55'	7	90	18-04-11
19	26°20'	7	90	17/18-04-11
20	26°45'	7	90	17-04-11
21	27°10'	7	90	16-04-11
22	27°35'	6	70	15-04-11

* = Transectas con limite oeste a 200 mn.



3.7.2 Análisis de las muestras y de la información

La información del CTD (temperatura y salinidad) del crucero se procesó de acuerdo a procedimientos estándares recomendados por el fabricante. Con los datos ya procesados se confeccionaron las cartas de distribución superficial de las variables temperatura, salinidad y densidad a nivel superficial.

A partir de los datos verticales se obtuvo información de la capa de mezcla (espesor), termoclina (espesor, temperatura en la base), profundidad de la isoterma de 15°C y su anomalía.

La metodología de cálculo de estas estructuras verticales (eg. capa de mezcla y termoclina), a partir de los datos obtenidos por el CTD consideró los siguientes criterios:

- Capa de mezcla: Se considera como espesor de la capa de mezcla, la profundidad de la capa de agua superficial hasta donde se presente una diferencia menor a 0,01 °C, 0,1 psu y 0,1 Kg/m³, en temperatura, salinidad y densidad, respectivamente, con los datos observados en el primer metro de la columna de agua. Los datos de observación de esta variable fueron los datos de CTD cada 1 metro.
- Termoclina: Se define como termoclina la capa de agua que presentó una variación de temperatura mayor o igual a 0,1°C/m. Los cálculos de gradiente para la definición de termoclina y el valor de gradiente máximo se obtuvo por diferencia de temperatura entre dos niveles consecutivos (cada un metro). El valor de gradiente promedio se obtuvo de los gradientes metro a metro que se registraron en la termoclina.



A nivel superficial se calculó anomalía en temperatura y salinidad, así como a nivel subsuperficial anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C. Anomalías que corresponden a la diferencia entre el valor observado y el promedio histórico, donde valores positivos indican una condición por sobre el promedio. El valor promedio histórico fue obtenido de promedios mensuales para abril y mayo (Reynolds, 1982; Blanco, 1996; Rojas y Silva 1996) y actualizado por IFOP hasta el 2002 según metodología indicada por Blanco *et al.*, (2001). En atención a que los datos de cruceros son de abril y mayo, los promedios históricos de estos dos meses fueron promediados para las tres variables y utilizado para obtener anomalías. Promedio históricos señalados que son calculados para el área de Arica a rada Paposos (25°S), y consideran una serie de cruceros que supera los 30 años en la zona norte de Chile.

Las anomalías registradas en el sector oceánico para temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de 15°C, con valores en $\pm 1^\circ\text{C}$, $\pm 0,1$ psu y ± 10 m, se considerarán no significativas o valor normal para la variable y mes. En el sector costero (primeras 20 mn), éste rango aumenta al doble, es decir $\pm 2^\circ\text{C}$ y $\pm 0,2$ psu y hasta ± 20 m, respectivamente. Para ambos sectores, el rango indicado corresponde al valor promedio de 1 desviación estándar asociado al promedio histórico de los datos de cada variable, señalando el rango de variación normal del sistema. El término “anomalía no significativa” y “anomalía significativa” no se aplicó en un sentido estricto de una prueba estadística, bastando para ello el definir un criterio que en este caso corresponde al indicado.

La determinación de la “condición de normalidad” de la zona de estudio hace uso de valores de anomalía señalados, junto con el análisis de las condiciones locales o de forzamiento remoto que se presentan en la zona al momento del crucero y que justifican las anomalías encontradas, discutiéndose la causa de la anomalía registrada.



Por otra parte, los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo recomendaciones de UNESCO (1981a); por conveniencia se anotan omitiendo el factor 10^{-3} y se les asigna la unidad de psu. El cálculo de la densidad fue realizado utilizando la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 (Millero y Poisson, 1981, UNESCO, 1981a, 1981b) y se presenta como sigma-t.

Las masas y cuerpos de agua presentes en las secciones analizadas fueron identificados sobre la base de diagramas T-S. El porcentaje de participación de las masas de agua en la mezcla, se calcularon mediante el método del triángulo de mezcla (Mamayev, 1975) y se representaron en forma gráfica como secciones verticales. Los valores tipo utilizados para las respectivas masas de aguas, fueron los indicados por Silva y Konow (1975).

3.7.3 Información meteorológica

En cada una de las estaciones oceanográficas se registró información meteorológica de carácter básico: temperatura del aire, presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas. Se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991). Los datos de viento fueron registrados con un anemómetro fijo marca Osaka Nunotani Seiki, y los datos corresponden al valor predominante observado durante la ejecución de la estación. Durante la navegación, se recopiló también información del viento en forma horaria que corresponde al valor predominante observado.



Los vientos horario medidos durante la navegaci3n fueron corregidos en forma vectorial, restándose el efecto de navegaci3n de la embarcaci3n de acuerdo a la siguiente expresi3n:

$$V_r = V_m - V_b$$

Donde:

- V_r = vector del viento real
- V_m = vector del viento medido durante la navegaci3n
- V_b = vector del viento relativo producido por la navegaci3n del buque

A partir de la informaci3n de viento horaria se determin3 el índice de surgencia (IS) instantáneo (Bakun 1973, 1975 y 1987) y el índice de turbulencia (IT), que corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento (Bakun y Parrish 1982), de acuerdo a las expresiones siguientes:

El Índice de Surgencia instantáneo expresado como transporte Ekman hacia el Oeste (M_x):

$$M_x = t_y / f(1)$$

donde:

- M_x = transporte de masa hacia el oeste
- t_y = coacci3n del viento sobre la superficie en la direcci3n norte-sur
- f = parámetro de Coriolis

siendo:

$$f = 2 \omega \text{sen}(L)$$

donde.

- ω = velocidad angular de la tierra
- L = latitud del lugar



y,:

$$t_y = r_a C_d v |W|$$

Donde,

r_a	=	densidad del aire (1.25 Kg/m ³)
C_d	=	coeficiente de arrastre (0,0013 sin dimensiones)
v	=	componente norte sur de la velocidad del viento
$ W $	=	magnitud de la velocidad del viento

El valor de C_d (coeficiente de arrastre) que se utiliz3 en los c3culos fue igual a 0,0013 de acuerdo a Bakun y Parrish, (1982). En tanto, el 3ndice de turbulencia (IT) que corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento (W^3) Bakun y Parrish (1982). A partir de los IS y IT individuales, se obtuvieron valores promedios costero y oce3nico (> 30 mn de la costa) dentro de cada grado de latitud, lo cuales fueron graficado como magnitud en barras y flecha sobre una carta que muestra la zona de estudio.

3.7.4 Informaci3n satelital

Las im3genes de Temperatura superficial del mar (TSM) y Clorofila fueron confeccionadas con datos obtenido del programa "Ocean Color Web" para la distribuci3n de datos del sat3lite MODIS-Aqua (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>), con una resoluci3n espacial de 4 x 4 km y resoluci3n temporal diaria variada. Sensores AVHRR a bordo del sat3lite obtienen la TSM para la primera capa del oce3no durante d3a y noche, mientras la clorofila corresponde a un valor integrado hasta el 20% de penetraci3n. Las im3genes se construyeron en base a promedios compuesto, esto es, el promedio por p3xel de la informaci3n disponible en un periodo de 8 d3as, lo cual permite im3genes que dan cuenta de su distribuci3n



espacial en mejores términos que para un día. Los promedios semanales fueron desde el 15 al 22 de abril, 23 al 30 de abril, 1 al 8 de mayo y del 9 al 16 de mayo del 2011.

Una limitante de esta información, es que la disponibilidad de imágenes esta condicionada por la nubosidad existente en la zona de estudio, ya que la forma de registro del sensor no realiza mediciones a través de las nubes.

Datos diarios del campo superficial de corrientes geostróficas fueron obtenidos del Centro de Datos de Oceanografía Satelital, Interpretación, Validación y Almacenamiento llamado AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), con una resolución espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ y temporal de cada un día, y distribuidos con un mes de desfase. Estos datos satelitales que son procesados combinando todos los satélites disponibles, usando una interpolación optima que toma en cuenta errores a lo largo de la longitud de onda (Ducet *et al.*, 2000), proporciona mapas más realistas que mejoran la descripción de la variabilidad de meso-escala del océano. De esta información se obtuvo una imagen diaria de anomalías del nivel medio del mar relativo a la superficie (flechas) en 4 días representativos durante el desarrollo del crucero, 15, 22 y 29 de abril, 6 de mayo del 2011.

A partir del programa “Ocean Color Web” que distribuye datos del satélite MODIS-Aqua (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>), se confeccionaron diagramas Hovmüller en 2D (latitud vs tiempo) para el área 18° a 28° S y entre el 2002 y 2011, tanto para el sector costero (primeras 20 mn) como oceánico (40 a 60 mn). Las anomalías de temperatura satelital se calcularon desde una señal anual definida como el promedio de cada mes entre julio 2002 a octubre 2011, la cual se resto a los datos mensuales de la serie. Para este periodo se confeccionó una serie con el promedio de anomalías de temperatura para el sector costero y oceánico, además de un promedio para la concentración de clorofila costera.



Para caracterizar la condición ambiental regional, se consideró el Índice Multivariado Ecuatorial (MEI), obtenido desde Earth System Research Laboratory (ESRL) y Climatic Prediction Center-National (CPC/NCEP), dependiente de la NOAA, el cual permite monitorear eventos El Niño/La Niña y diferentes fenómenos de mesoescala que pueden afectar la zona norte de Chile. Este índice combina la Presión a nivel del Mar, las Componentes Zonal y Meridional del viento, la TSM, la temperatura superficial del aire y la fracción total de nubosidad en la zona Ecuatorial y es obtenido de la página de Internet de la NOAA <http://www.cdc.noaa.gov>. Se construyó una serie con los rangos bimensuales del MEI y la categorización de los procesos ENOS ocurridos entre julio 2002 y octubre 2011, usando el decil, percentil 30 y quintil (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/rank.html>). Rangos del MEI provenientes de una serie entre 1950 y 2011.

3.7.5 Asociación espacial entre las condiciones oceanográficas y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio

Se efectuó un análisis espacial de la distribución y abundancia de jurel y las variables oceanográficas registradas a partir de la información generada en el crucero de prospección. La información comprende la prospección acústica con el valor de densidad del recurso y los registros de las estaciones bio-oceanográficas temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t), gradiente superficial térmico ($^{\circ}\text{C}/\text{mn}$) y salino (psu/mn), eufáusidos y larvas de eufáusidos ($\text{ind}/1000 \text{ m}^3$).

Para cada variable, antes mencionadas, se generaron archivos vectoriales compatibles con los Sistemas de Información Geográfico IDRISI for Windows (Eastman, 1995) y TNTmips (Microimages, 1997). Para realizar una descripción espacial de las variables acústicas y bio-oceanográficas se configuraron imágenes 2D, en los diferentes planos horizontales indicados en la **Tabla 4**.



Tabla 4.

Variables empleadas en el análisis cartográfico y tipo de datos.

VARIABLES	TIPO DATOS	PLANOS HORIZONTALES
Densidad del jurel (s_A)	Integrado:	en dos capas: 1ª: superficie a 25 m 2ª: 26 a 50 m
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Puntual:	en dos capas: 1ª: superficie a 25 m 2ª: 26 a 50 m
Salinidad (psu)	Puntual	en dos capas: 1ª: superficie a 25 m 2ª: 26 a 50 m
Densidad (σ_t)	Puntual	en dos capas: 1ª: superficie a 25 m 2ª: 26 a 50 m
Oxígeno (ml/L)	Puntual	en dos capas: 1ª: superficie a 25 m 2ª: 26 a 50 m
Gradiente térmico superficial	Puntual	
Capa de dispersión profunda (s_A)	Integrado	
Gradiente salino superficial	Puntual	
Eufáusidos (individuos/1000 m ³)	integrado	
L. Eufáusidos (individuos/1000 m ³)	Integrado	

Integrado: Valores sumados dentro del estrato en la columna de agua
 Puntual: Valores al nivel del estrato



La generación de imágenes implicó realizar previamente la georreferenciación de la costa y de la zona de estudio. Luego se crearon los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplaron, para cada variable, la georreferencia con sus respectivos datos. Posteriormente, se realizaron las interpolaciones, a través del método de Kriging, de dichos vectores, utilizando para las variables biológicas la distancia inversa al cuadrado, la cual fue usada para interpolar la densidad acústica mediante el programa Surfer 8.0

Con el propósito de relacionar y superponer diferentes imágenes es necesario que éstas tengan la misma escala espacial, resolución y cobertura geográfica. Con el módulo RESAMPLE del SIG se generaron en rasters, imágenes que tenían la misma cantidad de filas y columnas. De esta manera se crearon cartografías en rasters de 300 columnas (en el sentido E-W) y 600 filas (en el sentido N-S).

Por último, para facilitar el análisis visual, las imágenes fueron reclasificadas en clases de valores, los cuales se asociaron a diferentes colores. Para ello se utilizaron dos módulos: **a)** módulo HISTOGRAM, que permitió conocer y analizar la distribución de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas, y **b)** módulo RECLASS, que permitió reclasificar los valores de las celdas de una imagen.

3.7.5.1 Análisis de las relaciones entre la distribución de jurel y las variables oceanográficas

Con el SIG mencionado se realizó un análisis cartográfico para detectar la posible asociación entre la distribución del jurel y las variables bio-oceanográficas, para lo cual se emplearon los siguientes enfoques: **a)** se efectuó un análisis espacial y visual de la información realizando la cartografía de las variables y explorando las asociaciones a través de tablas de crostabulación, entre los planos de densidad



del jurel y las variables ambientales, **b)** se determinaron rangos 3ptimos de preferencia de la especie en relaci3n dichos par3metros mediante tablas de crostabulaci3n y **c)** determinaci3n del 3ndice de ocupaci3n (IOC).

a) 3ndice de Cramer

Para determinar la asociaci3n entre la distribuci3n del recurso y las variables ambientales, se aplic3 una tabulaci3n cruzada o tabla de contingencia entre las variables analizadas, asimismo, la existencia de asociaci3n se realiz3 por medio de la prueba χ^2 (Chi-cuadrado). Las hip3tesis a probar:

H_0 = No hay asociaci3n entre densidad (especie) y variable oceanogr3fica.

H_1 = S3 hay asociaci3n entre densidad (especie) y variable oceanogr3fica.

La estadística de prueba est3 dada por:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{O_{ij} - E_{ij}}{E_{ij}}^2 \rightarrow \chi^2_{c-1, r-1}$$

Donde:

O_{ij} = N3mero de p3xeles observados de la categor3a (i, j) .

E_{ij} = N3mero de p3xeles esperados de la categor3a (i, j) .

El n3mero de p3xeles esperado corresponde al valor que deber3 darse seg3n lo establecido en la hip3tesis nula, asumiendo que esta es verdadera. La estadística de prueba se distribuye como una Chi-cuadrado con $(c-1)(r-1)$ grados de libertad. El criterio de "aceptaci3n o de rechazo" de la hip3tesis Nula est3 dado por:



Rechace la hip3tesis nula si $\chi^2_{\text{calculado}} > \chi^2_{\text{tabla (c-1,r-1)}}$, al nivel de significaci3n " α " (igual a 0,05 por ejemplo).

Una vez determinada la existencia de asociaci3n entre las variables, se cuantifica el grado de asociaci3n por medio del *índice V Cramer* (Aguilera, 2001), cuyo rango de variaci3n se encuentra entre 0 y "+1". Valores destacados del *índice* que corresponden a:

- "0" = indica que no existe asociaci3n entre las variables;
- "1" = indica que las variables presentan una asociaci3n perfecta.

Por cierto que la proximidad al valor "0" es un antecedente de no asociaci3n entre las variables o que el recurso se localiz3 en un estrecho rango de las variables ambientales, adem3s constituye un antecedente de concentraci3n del recurso. Por el contrario, una proximidad a "+1" es una presunci3n de alta asociaci3n entre las variables y de que el recurso posee una alta cobertura espacial y se distribuy3 en un amplio rango de la variable ambiental.

b) Rangos preferenciales

Los rangos de preferencia de la especie en relaci3n a las variables oceanogr3ficas, se generaron con los gr3ficos con la frecuencia (n3mero de celdas) de la distribuci3n de la especie con respecto a dichas variables mediante tablas de crostabulaci3n. Con lo anterior, tambi3n se determinaron rangos 3ptimos de preferencia de la especie en relaci3n dichos par3metros ambientales.



c) Índice de ocupación (IOC)

Asimismo, a la cartografía reclasificada de la distribución de la especie se le determinó el índice de ocupación (IOC) por categoría de clases, definido como el cociente entre el número de píxeles de la categoría de abundancia y el número total de píxeles con registro de la especie.

$$IOC_i = \frac{NC_i}{NT}$$

$$IOCP_i = \frac{NC_i}{NP}$$

donde:

- IOC_i = Índice de Ocupación Total de la categoría “i”.
- IOCP_i = Índice de Ocupación Positivo de la categoría “i”.
- NC_i = N° de píxeles categoría “i”.
- NT = N° píxeles totales.
- NP = N° píxeles positivos totales.



4. RESULTADOS

4.1 Objetivo específico 2.1 Determinar la distribución espacial y batimétrica del jurel en el área de estudio

4.1.1 Calibración electroacústica

Los resultados de la calibración electroacústica efectuada al ecosonda científico SIMRAD ER-60, realizada a bordo del PAM Eperva 64 para la frecuencia de trabajo 38 Khz en Mejillones, indica una ganancia del transductor para TS y s_v de 24,83 para un pulso de 1024 (μS), lo cual fue menor a lo establecido por diseño por su fabricante (26,0), lo cual se explica por la performance del sistema (transductor).

4.1.2 Distribución geográfica del recurso

El jurel estuvo presente en la zona de estudio, registrando principalmente las mayores concentraciones desde caleta Patillo a punta Gualaguala y entre Taltal a puerto Caldera (Figura 4a). La zona de estudio, en general se caracterizó por ecogramas con agregaciones esporádicas y bajos valores de integración asociados a bacaladillo en superficie, mientras los peces mictófidios concentraron su abundancia entre Antofagasta y el límite norte de la zona de estudio.

En la zona de estudio, las mayores densidades de jurel se detectaron tanto al norte como al sur de Antofagasta y hasta las 70 mn de la costa, registrando de norte a sur el predominio de densidades en el rango más bajo (1 a 75 tmn^2). En este sentido, el recurso presentó cinco focos principales, dos ubicado al norte de



Antofagasta y tres al sur. Al norte, el primero se ubicó frente a pabellón de Pica ($20^{\circ} 48'S$) entre 5 a 20 mn de costa, el que representó alrededor de un 13,7% de la densidad acústica total, en tanto un segundo foco de mayor concentración del recurso, entre norte de punta Blanca ($22^{\circ} S$) y punta Guasilla ($22^{\circ} 35'S$) desde 5 a 25 de costa, alcanzó el 40,9% de la energía total. Al sur, los tres restantes reúnen el 45,4% de la densidad acústica total, con un 15,7% frente a Taltal entre 5 a 15 mn de costa, un 26,1% entre Chañaral y punta Obispo desde 1 a 25 mn de costa, y un 3,6% para el último más oceánico ubicado entre las 55 a 70 mn de costa, de Taltal a norte de Caldera (**Figura 4a**).

La distribución de jurel en el presente crucero es más costera que la reportada en noviembre del 2007 y 2008, periodo en que hubo una distribución hacia el sector oceánico frente a la península de Mejillones, pero mantiene una similitud con lo observado en abril-mayo del 2010. Para anchoveta su distribución fue más costera con un predominio de altos valores de densidad y altas concentraciones de preferencia en las primeras millas, exceptuando al norte donde alcanzó las 70 mn (Figura 4b), en tanto caballa estuvo asociada principalmente a la distribución de jurel dado la mezcla entre ambas especies observada recurrentemente en la zona de estudio (Figura 4c).

4.1.3 Descripción estructuras espaciales

4.1.3.1 Índice de presencia (IC) densidad (ID) y Pennington

Para el área total el índice de presencia (IC) y densidad (ID) fue de 1,96 % y 448,12 t/mn², valores que son similares a los registrados en abril-mayo del 2010 (IC= 2,0% y ID=443,34 t/mn²), pero bastante distinto a los registrados en la zona



durante noviembre del 2009 (IC= 0,40% y ID=41,76 t/mn²), donde la biomasa alcanzó solo 18.742 toneladas. En este sentido, los IC y ID obtenidos en abril-mayo están asociados a altos volúmenes de biomasa (2010= 440.358 t, y 2011= 432934 t), lo que refleja por una parte mayor disponibilidad (ID) del recurso, en tanto el IC indica una distribución bastante gregaria del jurel en la zona de estudio.

Este año la media de Pennington que refunde los IC e ID, muestra en la distribución espacial del recurso una concentración del jurel en las primeras 100 mn de la costa en la zona de estudio, de manera distinta a lo registrado en primavera del 2007 y 2008, donde las biomasa fueron altas (272.600 y 258.836 t) y el recurso se agrupó mayoritariamente sobre las 100 mn. En este sentido, este crucero de abril-mayo presentó un elevado índice de Pennington (86 m²/mn²), al igual que el 2010 para el mismo periodo (82 m²/mn²), evidenciando notoriamente en los dos últimos años una mayor disponibilidad del recurso en el área prospectada (**Figura 5**).

4.1.3.2 Correlogramas

El análisis de los correlogramas por transectas muestra un tamaño de 1 mn para las macroestructuras, lo cual coincide con lo observado durante la evaluación en abril-mayo del año pasado (**Figura 6**). Similitud que se explica por el tipo de distribución espacial presente en estos años, donde las densidades de jurel predominantes fueron bajas con incrementos de abundancia, que generaron zonas de distribución bastante gregaria en la zona de estudio. Este año no se observó el foco de abundancia amplio ubicado al sur de Antofagasta el 2010, que concentró el 51% de la densidad acústica y explicó el 2010 un tamaño mayor de las macroestructuras (8 mn) en la zona de estudio.



4.1.3.3 Variogramas

Se ajustó al variograma un modelo esférico para el sector que comprende las primeras 100 mn, con un sill de $10.8E+06$, nugget de $6,6E+06$ y rango de 1 mn para la zona al norte de Antofagasta (ejemplares pequeños), en tanto hacia el sur se registró un sill de $5,3E+06$ en un rango de 1 mn (ejemplares grandes) (**Figura 7**).

4.1.4 Distribución batimétrica del recurso

En la zona de estudio el jurel se ubicó entre los 10 a 67 m de profundidad, agrupándose mayoritariamente el 99% de sus agregaciones entre 10 y 40 m (**Figura 8**), coincidiendo con lo registrado durante abril del 2002, noviembre del 2006 al 2009 y abril-mayo del 2010, donde su distribución batimétrica fue unimodal con más del 89% de sus agregaciones entre la superficie y los primeros 30 m. Luego, se mantiene el patrón registrado en las evaluaciones acústicas realizadas en la zona entre 1985 a 1995 (Castillo *et al.*, 1985-1988; Córdova *et al.*, 1989-1991 y Castillo *et al.*, 1992-1995), donde el jurel fue detectado asociado a la superficie, compartiendo este estrato en el sector costero, con recurso pelágicos como sardina (0-60 m) y anchoveta (0-40 m).

Esta distribución superficial del recurso en el área norte del país, difiere de lo registrado en la zona centro-sur, donde el recurso es más abundante y presenta distribuciones unimodales o bimodales centradas a una mayor profundidad.



4.2 Objetivo espec3fico 2.2 Determinar la abundancia (en n3mero) y la biomasa total (en peso) del recurso jurel en el 3rea de estudio

4.2.1 Estructura de tallas

La cuantificaci3n de la biomasa a la talla consider3 la informaci3n de tama1o proveniente del PAM Eperva 64, en atenci3n a simultaneidad entre el registro ac3stico y la ejecuci3n de lances de pesca, adem3s de la representatividad como distribuci3n de tama1o en el 3rea prospectada, al cubrir estos la totalidad de la distribuci3n espacial del recurso en la zona de estudio.

Al relacionar la estructura de talla del jurel con la latitud se aprecia un importante aumento de la proporci3n de individuos reclutas al avanzar hacia el norte del 3rea de estudio, variando desde valores de 2 a 30% en la zona sur hasta un 100% de reclutas en la zona norte (**Figura 9**). En este sentido, se identificaron dos zonas en atenci3n a que:

- En la zona 1 (Iquique a Mejillones) se mantiene el predominio de una distribuci3n bimodal y pr3cticamente exclusiva de reclutas (BTML= 96,83%), con moda principal en 19 cm, secundaria en 25 cm y una amplitud en la distribuci3n de 16 a 31 cm, con talla media de 20,11 cm y peso medio de 96,04 gr.
- En la zona 2 (norte Taltal a Caldera), tambi3n se observa una distribuci3n de jurel bimodal, con ejemplares en un rango que va desde 23 a 37 cm, con moda principal en 25 y secundaria en 30 cm, donde la talla media de 26,57 cm esta asociada a peso de 206,96 gr. En este sector baja a 56,53% los ejemplares muestreados pertenecen al segmento recluta (< 26 cm de LH).



Luego, se realiz3 la prueba estadística DHG (d3cima de heterogeneidad generalizada, $\alpha = 0,05$), con el objetivo de verificar las divisiones establecidas en el 3rea total de estudio, obtenidas a partir de la estratificaci3n de las estructuras de talla de jurel observadas en los lances de identificaci3n (Eperva 64) realizados en el crucero de evaluaci3n, determinando el rechazo a la homogeneidad de las estructuras de tallas con la latitud, al exceder los $X^2_{(calculados)}$ (1,04 a 36.51) del $X^2_{(crítico)}$ (38). (**Tabla 5**), estableciendo para el 3rea una zona 1 formada por ejemplares de menor tama1o (<23 cm) y otra zona 2 asociadas a ejemplares mayores (>24 cm), ubicada al norte y sur de Antofagasta (**Figura 9**).

Tabla 5.

Comparaci3n de la estructura de talla zona 1 (norte Antofagasta) y zona 2 (sur Antofagasta) para jurel. PAM Eperva 64, mediante DHG ($\alpha=0,05$). Crucero jurel abril-mayo 2011.

Parámetros del análisis	$X^2_{crítico} =$ N° de categorías= Z= Grupos= np=	32 21 1.64485 2 533
Zona	X^2 calculado	Ho
Sur de Antofagasta	65,39	R
Norte de Antofagasta	163,18	R
% APROBACI3N		0,00

H_0 = La estructura de talla de cada lance es "similar" a la estructura de talla generada por el total de lances.

NR = No se rechaza hip3tesis de homogeneidad



Este a1o, a diferencia de noviembre del 2008 (16 a 21 cm) y 2009 (16 a 33m) se registr3 una estructura de talla m3s amplia (16 a 37 cm de longitud horquilla), con una participaci3n mayor de ejemplares m3s grande, al concentrar el 61,4 % de los individuos entre los 21 a 36 cm y registrar una talla media de 23,08 cm. Este aumento del grupo de tallas predominantes entre a1os, se explica por la extensi3n hacia el sur del 3rea de estudio, al coincidir el rango de talla con lo registrado en ejemplares de jurel (14-36 cm) capturados para el mismo periodo y zona el 2010, adem3s de ratificar el patr3n espacial de distribuci3n de tallas, caracterizado por ejemplares menores al norte y mayores al sur de Antofagasta, observado el 2010 y 2011.

4.2.2 Mediciones de TS “in situ”

Las condiciones generales observadas durante el desarrollo del crucero, no permiti3 realizar mediciones de TS “in situ” dado el alto grado de contagio del jurel en la zona de estudio ($IC= 1,96\%$ $ID= 448,12\ t/mn^2$), lo cual no satisface lo requerido en cuanto a una distribuci3n con alta dispersi3n y la detecci3n de blancos resueltos (peces individuales). Luego, dado la carencia de registros v3lidos para determinar la relaci3n fuerza de blanco (TS) y longitud horquilla, se aplic3 la relaci3n $TS = 20,11 * \text{Log}(L) - 68,67$ establecida para el recurso jurel por C3rdova *et al.*, 1998, a partir de informaci3n recolectada (14 a 58 cm LH) durante los cruceros de evaluaci3n ac3stica realizados entre 1991 -1994 y 1997 en la zona centro-sur del pa3s.

Para estimar la abundancia y biomasa de anchoveta se aplic3 la ecuaci3n ajustada por Castillo *et al.*, (2008) $TS = -74,61 + 20,95 \text{Log}(L)$, correspondiente a una compilaci3n de las relaciones TS-L de anchoveta en la zona norte desde los a1os 1996 al 2008.



4.2.3 Relación longitud-peso

En atención a que la información colectada en el crucero proviene de ejemplares machos y hembras, las regresiones establecidas en cada una de ellas fueron analizadas (**Tabla 6**), aplicando una d cima de comparación para varias relaciones lineales simultáneas, estableciendo la no existencia de diferencias significativas entre sí, al obtener un F calculado (3,65) inferior al F crítico de tabla (3,69) con un 95% de confianza. Resultado que permite refundir la información en una sola base de datos para la zona prospectada

En este sentido, en la **Tabla 6** se presentan los parámetros y estadística de las regresiones lineales longitud-peso y los parámetros resultantes para las funciones de crecimiento asimétrico, calculados para la zona de estudio. La **Figura 10** grafica los datos utilizados con sus modelos correspondientes. En ella se observa que el modelo describe adecuadamente la relación longitud-peso.

Tabla 6.

Parámetros y estadística básica de la relación $w = a * L^b$ para zona de estudio.

	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL
N� de observaciones	461	420	881
LOG (K)	-1,59410	-1,47080	-1,53360
A	0,02546	0,03382	0,02926
B	2,74646	2,65675	2,70254
ERROR EST. (LOGK)	0,03457	0,05052	0,02999
ERROR EST. B	0,02628	0,03877	0,02290
R²	0,96	0,92	0,94



La no existencia de diferencias en las tasas de crecimiento en peso por sexo, permite determinar una regresión única para la cuantificación de jurel.

Para anchoveta la relación longitud-peso utilizada fue $P = 0,0085 L^{2,9542}$ (N=1.449; $r^2 = 0,77$).

4.2.4 Biomasa y abundancia de jurel

4.2.4.1 Biomasa total

La biomasa de jurel estimada para la zona de estudio, aplicando los métodos de Hansen *et al.*, 1954, Wolter (1985), Bootstrap (Robotham y Castillo, 1990) y de Variables Regionalizadas (Petitgas, 1991) se entrega en la **Tabla 7**. Asimismo, de manera complementaria la biomasa de anchoveta estimada a través de un muestreo menos intenso se entrega en la **Tabla 8**.

La biomasa estimada por los diferentes métodos para ambas especies no presenta diferencias relevantes entre ellas, al registrar variaciones inferiores a 2,6% en jurel y 6,9 % para anchoveta.

4.2.4.2 Abundancia y biomasa a la talla

La abundancia numérica y biomasa en peso a la talla obtenida a partir del estimado de abundancia acústico para los distintos métodos aplicados, se entrega para jurel y anchoveta en la zona de estudio en las **Tablas 9 a 10**.



En este estudio, la biomasa de jurel cuantificada (432.935 t) durante el periodo de abril-mayo, no presenta diferencias importantes con lo evaluado para el mismo periodo el 2010 (440.358 t), pero si es notoriamente superior a los volúmenes cuantificados en noviembre del 2007 (272.600 t) y 2008 (258.835 t), lo cual se acentúa respecto al 2009 donde la biomasa alcanzó solo 18.457 t, señalando un fuerte aumento en la biomasa y abundancia del recurso, lo cual sugiere para abril-mayo una mayor disponibilidad del recurso en la zona prospectada. En este sentido, los resultados de las dos últimas cuantificaciones pudieran estar enmascarados por la extensión hasta Caldera del límite sur del área de estudio, respecto del alcanzado el 2007 (Antofagasta) y norte Taltal (2008), al coincidir el patrón espacial de la distribución de jurel del 2008, 2010 y 2011, dado la ubicación de las mas altas concentraciones en el extremo sur durante el 2008, sugiriendo una notoria proyección de estas agregaciones que sobrepasaban el extremo sur del área de estudio.



Tabla 7.
Biomasa (toneladas) de jurel a la talla por subzona según los métodos Conglomerados, Bootstrap y Geoestadístico. Abril-mayo 2011.

Talla	Conglomerados			Bootstrap			Geoestadístico		
	Arica-Antof.	Antof Caldera	Total	Arica Antof.	Antof-Caldera	Total	Arica Antof	Antof Caldera	Total
	Zona 1	Zona 2		Zona 1	Zona 2		Zona 1	Zona 2	
15.0									
16.0	1326,3		1326,3	1303,7		1303,7	1365,9		1365,9
17.0	10731,2		10731,2	10548,4		10548,4	11052,1		11052,1
18.0	21644,0		21644,0	21275,4		21275,4	22291,3		22291,3
19.0	26088,8		26088,8	25644,5		25644,5	26869,0		26869,0
20.0	12991,6		12991,6	12770,3		12770,3	13380,1		13380,1
21.0	4431,9		4431,9	4356,4		4356,4	4564,5		4564,5
22.0	1614,1		1614,1	1586,6		1586,6	1662,4		1662,4
23.0									
24.0	24808,4	20357,2	45165,6	24385,9	19905,3	44291,2	25550,4	20881,9	46432,3
25.0	41078,4	91482,7	132561,2	40378,8	89452,0	129830,8	42307,0	93840,6	136147,6
26.0	9592,6	69412,7	79005,3	9429,2	67871,9	77301,1	9879,5	71201,8	81081,2
27.0	656,4	17161,4	17817,8	645,2	16780,4	17425,7	676,0	17603,7	18279,7
28.0		3889,9	3889,9		3803,5	3803,5		3990,1	3990,1
29.0	689,6	6583,3	7273,0	677,9	6437,2	7115,1	710,3	6753,0	7463,3
30.0		22929,5	22929,5		22420,5	22420,5		23520,5	23520,5
31.0	722,2	19546,0	20268,1	709,9	19112,1	19821,9	743,8	20049,7	20793,5
32.0		8990,8	8990,8		8791,3	8791,3		9222,6	9222,6
33.0		2040,9	2040,9		1995,6	1995,6		2093,5	2093,5
34.0		1562,6	1562,6		1527,9	1527,9		1602,9	1602,9
35.0		0,0			0,0			0,0	
36.0		541,9	541,9		529,8	529,8		555,8	555,8
37.0		552,2	552,2		540,0	540,0		566,5	566,5
38.0									
39.0									
40.0									
Total	156.375,5	265.051,1	421.426,6	153.712,3	259.167,4	432.934,9	161.052,3	271.882,6	432.934,9
Reclutas(<26)	144.714,7	111.839,9	256.554,6	142.250,1	109.357,3	251.607,4	149.042,8	114.722,5	263.765,3
% Reclutas	92,5	42,2	60,9	92,5	42,2	60,9	92,5	42,2	60,9
Área (mn²)	2160,0	5400,0	7560,0	2160,0	5400,0	7560,0	2160,0	5400,0	7560,0
p (t/mn²)	72,4	49,1	55,7	71,2	48,03	54,6	74,6	50,3	57,3
% Total	37,1	62,9	100,0	37,2	62,8	100,0	37,2	62,8	100,0

En relación a la biomasa de anchoveta (539.312 t), su volumen se encuentra por sobre lo cuantificado entre abril-mayo del 2010 (384.641 t), en el marco de este estudio, superando notablemente el límite superior del rango de valores alcanzados en las evaluaciones de anchoveta realizadas durante los meses de noviembre-diciembre entre Arica y Antofagasta (122.252-340.000 t). No obstante, este volumen de biomasa debe ser considerado con precaución dado la información proveniente de un muestreo dirigido a jurel y no tan intenso como lo requerido para anchoveta.



Tabla 8.

Biomasa (toneladas) de anchoveta segun los metodos de Conglomerados, Bootstrap y Geoestadístico. Abril-mayo 2011.

Talla	Conglomerado						Bootstrap						Geoestadístico					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total
10.0	135.6	6.6	6.6	5.0	3.8	157.5	126.8	5.9	6.2	4.3	3.4	146.6	129.2	6.9	7.3	5.5	3.9	152.8
10.5																		
11.0																		
11.5																		
12.0	792.9	38.7	38.6	29.0	22.0	921.2	741.3	34.5	36.4	25.2	20.1	857.6	755.7	40.1	42.8	31.9	22.9	893.4
12.5	1149.7	56.1	55.9	42.1	31.9	1335.8	1074.9	50.0	52.8	36.5	29.2	1243.5	1095.7	58.2	62.0	46.2	33.3	1295.4
13.0	7304.6	356.5	355.4	267.2	202.9	8486.7	6829.3	317.9	335.4	232.1	185.6	7900.3	6961.7	369.5	393.9	293.8	211.4	8230.3
13.5	18600.1	907.9	905.1	680.4	516.7	21610.2	17389.8	809.5	854.1	591.0	472.6	20116.9	17726.9	940.9	1003.0	748.2	538.3	20957.3
14.0	59562.8	2907.4	2898.4	2178.9	1654.6	69202.1	55687.0	2592.2	2735.1	1892.5	1513.4	64420.2	56766.7	3012.9	3212.0	2395.9	1723.6	67111.2
14.5	90866.3	4435.3	4421.6	3324.1	2524.2	105571.5	84953.5	3954.6	4172.5	2887.2	2308.8	98276.5	86600.6	4596.4	4900.0	3655.1	2629.5	102381.6
15.0	113722.3	5551.0	5533.8	4160.2	3159.1	132126.4	106322.2	4949.3	5222.0	3613.4	2889.5	122996.4	108383.7	5752.6	6132.5	4574.5	3290.9	128134.2
15.5	98793.7	4822.3	4807.4	3614.1	2744.4	114781.9	92365.1	4299.6	4536.5	3139.1	2510.2	106850.4	94155.9	4997.4	5327.5	3974.0	2858.9	111313.7
16.0	56448.3	2755.3	2746.8	2065.0	1568.1	65583.6	52775.1	2456.7	2592.0	1793.6	1434.3	61051.7	53798.4	2855.4	3044.0	2270.6	1633.5	63601.9
16.5	23768.0	1160.2	1156.6	869.5	660.3	27614.5	22221.4	1034.4	1091.4	755.2	603.9	25706.3	22652.3	1202.3	1281.7	956.1	687.8	26780.1
17.0	6845.1	334.1	333.1	250.4	190.2	7952.8	6399.7	297.9	314.3	217.5	173.9	7403.3	6523.7	346.3	369.1	275.3	198.1	7712.5
17.5	438.6	21.4	21.3	16.0	12.2	509.6	410.1	19.1	20.1	13.9	11.1	474.4	418.0	22.2	23.7	17.6	12.7	494.2
18.0	224.7	11.0	10.9	8.2	6.2	261.0	210.1	9.8	10.3	7.1	5.7	243.0	214.1	11.4	12.1	9.0	6.5	253.1
Total	478652.	23363.8	23291.7	17510.0	13296.6	556114.	447506.1	20831.5	21979.1	15208.7	12161.8	517687.1	456182.8	24212.3	25811.6	19253.8	13851.3	539311.8
Reclutas(<26)	135.5	6.6	6.6	4.9	3.7	157.5	126.8	5.9	6.2	4.3	3.4	146.6	129.2	6.9	7.3	5.5	3.9	152.8
% Reclutas	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Área (mn²)	3,429.00	648.00	432.00	468.00	252.00	5,462.40	3429.0	648.0	432.0	468.0	252.0	5462.4	2736.0	648.0	432.0	468.0	252.0	4769.4
ρ (t/mn²)	139.6	36.1	53.9	37.4	52.8	101.8	130.5	32.1	50.9	32.5	48.3	94.8	166.7	37.4	59.7	41.1	55.0	113.1
% Total	86.1	4.2	4.2	3.1	2.4	100.0	86.4	4.0	4.2	2.9	2.3	100.0	84.6	4.5	4.8	3.6	2.6	100.0

Zona1 = Arica-pta Junin; Zona 2= Iquique-cta Chipana; Zona 3 = pta Blanca-pta Guasilla; Zona 4= cta Errazuriz-sur pta Coloso y Zona 5= Chañaral-Caldera



Tabla 9.

Abundancia (millones de ejemplares) de jurel a la talla por subzona según los métodos Conglomerados, Bootstrap y Geoestadístico. Abril –mayo del 2011.

Talla	Conglomerados			Bootstrap			Geoestadístico		
	Arica Antof.	Antof. Caldera	Total	Arica Antof.	Antof. Caldera	Total	Arica Antof.	Antof. Caldera	Total
	Zona 1	Zona 2		Zona 1	Zona 2		Zona 1	Zona 2	
15.0									
16.0	25,2		25,2	24,8		24,8	26,0		26,0
17.0	173,3		173,3	170,4		170,4	178,5		178,5
18.0	299,6		299,6	294,5		294,5	308,5		308,5
19.0	312,0		312,0	306,7		306,7	321,3		321,3
20.0	135,3		135,3	133,0		133,0	139,3		139,3
21.0	40,4		40,4	39,8		39,8	41,7		41,7
22.0	13,0		13,0	12,8		12,8	13,4		13,4
23.0									
24.0	157,8	129,5	287,3	155,1	126,6	281,7	162,5	132,8	295,4
25.0	234,0	521,1	755,1	230,0	509,6	739,6	241,0	534,6	775,6
26.0	49,1	355,6	404,8	48,3	347,7	396,1	50,6	364,8	415,4
27.0	3,0	79,4	82,4	3,0	77,6	80,6	3,1	81,4	84,6
28.0		16,3	16,3		16,0	16,0		16,7	16,7
29.0	2,6	25,1	27,7	2,6	24,6	27,1	2,7	25,8	28,5
30.0		79,8	79,8		78,0	78,0		81,9	81,9
31.0	2,3	62,3	64,6	2,3	60,9	63,1	2,4	63,9	66,2
32.0		26,3	26,3		25,7	25,7		27,0	27,0
33.0		5,5	5,5		5,4	5,4		5,6	5,6
34.0		3,9	3,9		3,8	3,8		4,0	4,0
35.0		0,0			0,0			0,0	
36.0		1,2	1,2		1,1	1,1		1,2	1,2
37.0		1,1	1,1		1,1	1,1		1,1	1,1
38.0									
39.0									
40.0									
Total	1.447,78	1.307,03	2.754,82	1423,1	1278,0	2701,1	1491,1	1340,7	2831,8
Reclutas(<26)	1.390,7	650,6	2.041,3	1367,0	636,2	2003,2	1432,3	667,4	2099,6
% Reclutas	96,1	49,8	74,1	96,1	49,8	74,2	96,1	49,8	74,1
Área (mn²)	2.160,0	5.400,0	7.560,0	2160,0	5400,0	7560,0	2160,0	5400,0	7560,0
p (n^o/mn²)	0,7	0,2	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7	0,2	0,4
% Total	52,6	47,4	100,0	52,7	47,3	100,0	52,7	47,3	100,0



Tabla 10.

Abundancia (millones de ejemplares) de anchoveta segun los metodos de Conglomerados, Bootstrap y Geoestadístico. Abril-mayo 2011.

Talla	Conglomerado						Bootstrap						Geoestadístico						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total	
10.0	17.7	0.9	0.9	0.6	0.5	20.6	16.6	0.8	0.8	0.6	0.5	19.2	16.9	0.9	1.0	0.7	0.5	20.0	
10.5																			
11.0																			
11.5																			
12.0	60.5	3.0	2.9	2.2	1.7	70.3	56.6	2.6	2.8	1.9	1.5	65.4	57.7	3.1	3.3	2.4	1.8	68.2	
12.5	77.7	3.8	3.8	2.8	2.2	90.3	72.7	3.4	3.6	2.5	2.0	84.1	74.1	3.9	4.2	3.1	2.2	87.6	
13.0	439.9	21.5	21.4	16.1	12.2	511.1	411.3	19.1	20.2	14.0	11.2	475.8	419.3	22.3	23.7	17.7	12.7	495.7	
13.5	1,002.0	48.9	48.8	36.7	27.8	1,164.1	936.8	43.6	46.0	31.8	25.5	1,083.7	955.0	50.7	54.0	40.3	29.0	1,129.0	
14.0	2,881.8	140.7	140.2	105.4	80.1	3,348.2	2,694.3	125.4	132.3	91.6	73.2	3,116.8	2,746.5	145.8	155.4	115.9	83.4	3,247.0	
14.5	3,963.4	193.5	192.9	145.0	110.1	4,604.8	3,705.5	172.5	182.0	125.9	100.7	4,286.6	3,777.4	200.5	213.7	159.4	114.7	4,465.7	
15.0	4,487.6	219.0	218.4	164.2	124.7	5,213.9	4,195.6	195.3	206.1	142.6	114.0	4,853.6	4,277.0	227.0	242.0	180.5	129.9	5,056.4	
15.5	3,538.6	172.7	172.2	129.4	98.3	4,111.3	3,308.3	154.0	162.5	112.4	89.9	3,827.2	3,372.5	179.0	190.8	142.3	102.4	3,987.1	
16.0	1,840.9	89.9	89.6	67.3	51.1	2,138.8	1,721.1	80.1	84.5	58.5	46.8	1,991.0	1,754.4	93.1	99.3	74.0	53.3	2,074.2	
16.5	707.8	34.5	34.4	25.9	19.7	822.3	661.7	30.8	32.5	22.5	18.0	765.5	674.5	35.8	38.2	28.5	20.5	797.4	
17.0	186.6	9.1	9.1	6.8	5.2	216.8	174.5	8.1	8.6	5.9	4.7	201.8	177.9	9.4	10.1	7.5	5.4	210.3	
17.5	11.0	0.5	0.5	0.4	0.3	12.8	10.3	0.5	0.5	0.3	0.3	11.9	10.5	0.6	0.6	0.4	0.3	12.4	
18.0	5.2	0.3	0.3	0.2	0.1	6.0	4.8	0.2	0.2	0.2	0.1	5.6	4.9	0.3	0.3	0.2	0.1	5.8	
Total	19220.7	938.20	935.30	703.13	533.94	22331.3	17970.0	836.5	882.6	610.7	488.4	20788.2	18318.4	972.3	1036.5	773.2	556.2	21656.6	
Reclutas (<26)	17.7	0.9	0.9	0.6	0.5	20.6	16.6	0.8	0.8	0.6	0.5	19.2	16.9	0.9	1.0	0.7	0.5	20.0	
% Reclutas	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
Área (mn²)	3,429.0	648.0	432.0	468.0	252.0	5,229.0	3,429.0	648.0	432.0	468.0	252.0	5,229.0	3,429.0	648.0	432.0	468.0	252.0	5,229.0	
¶ (nº/mn²)	5.6	1.4	2.2	1.5	2.1	4.3	5.2	1.3	2.0	1.3	1.9	4.0	5.3	1.5	2.4	1.7	2.2	4.1	
% Total	86.1	4.2	4.2	3.1	2.4	100.0	86.4	4.0	4.2	2.9	2.3	100.0	84.6	4.5	4.8	3.6	2.6	100.0	

Zona1 = Arica-pta Junin; Zona 2= Iquique-cta Chipana; Zona 3 = pta Blanca-pta Guasilla; Zona 4= cta Errazuriz-sur pta Coloso y Zona 5= Chañaral-Caldera a



4.2.5 Abundancia a la edad

La clave talla - edad para el crucero, se determinó a partir de la lectura de 214 pares de otolitos seleccionados desde un total de 410 otolitos recolectados en 7 lances del Eperva 64 y 15 lances muestreados en los barcos de la flota cerquera del norte (PAM Aventurero, Corpesca I y Tornado).

La composición de ejemplares por grupo de edad (GE) estuvo formada por 7 edades (II a VIII) en la zona de estudio (1-100 mn), amplitud que se asemeja a la registrada en abril-mayo del 2010, exceptuando para este año la presencia de GE VIII y una estructura etaria sostenida principalmente por el grupo de edad IV y II (1.429 1.671 millones de ejemplares y 764 millones de ejemplares, **Tabla 11**), la cual difiere de lo observado el 2010 donde la mayor abundancia correspondió al GE IV con un 71% (1.672 millones de ejemplares). Resultados que indican para el stock de jurel la mantención una estructura de edad reducida, donde prevalecen ejemplares juveniles y que se manifiestan en una mayor participación de ejemplares bajo la talla mínima legal (74%), respecto al 2010 (53%).

En este sentido, es importante destacar que la estructura de edad registrada durante el crucero es similar a la obtenida desde información de la flota industrial del norte (predominio edades II y IV), ratificando la presencia de ejemplares de menor tamaño durante el crucero en la zona de estudio. Es importante destacar que la zona prospectada a través de los años, se ha caracterizado por la alta presencia de ejemplares juveniles registrando una estructura etaria menor que la zona centro sur, razón por lo cual se puede considerar que hay complementariedad entre ambas zonas.

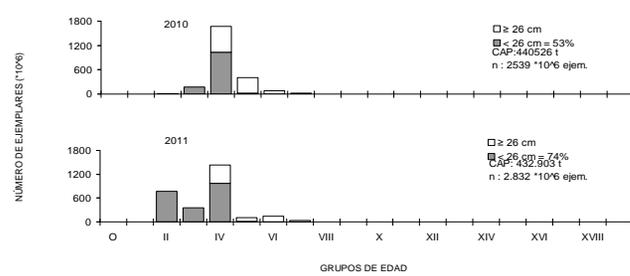


Tabla 11.

Composici3n en n3mero (millones de ejemplares) por grupo de edad en la biomasa estimada de jurel para el sector 1-100 mn.

TABLA 1. COMPOSICI3N EN N3MERO POR GRUPO DE EDAD EN EL CRUCERO DE EVALUACI3N HIDROAC3STICA DE JUREL ENTRE LA XV, y III REGIONES ABRIL 2011

TALLAS (cm)	FREC. (Unidades)	GRUPOS DE EDAD																				
		O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
5,0																						
6,0																						
7,0																						
8,0																						
9,0																						
10,0																						
11,0																						
12,0																						
13,0																						
14,0																						
15,0																						
16,0	25.992.459			25.992.459																		
17,0	178.526.863			178.526.863																		
18,0	308.537.577			308.537.577																		
19,0	321.340.397			160.670.199	160.670.199																	
20,0	139.306.093			69.653.047	69.653.047																	
21,0	41.651.966			20.825.983	20.825.983																	
22,0	13.377.660			8.918.440	8.918.440	4.459.220																
23,0																						
24,0	295.351.121			42.193.017	239.093.764	14.064.339																
25,0	775.561.123			48.472.570	727.088.552																	
26,0	415.425.361				390.985.575	24.436.786																
27,0	84.575.934				66.074.948	18.500.986																
28,0	16.733.183				1.338.655	14.055.874	1.338.655															
29,0	28.466.551					18.977.701	9.488.850															
30,0	81.827.958					68.214.965																
31,0	66.230.372						13.642.993															
32,0	26.959.883							49.672.779	16.557.593													
33,0	5.631.532							2.413.514	3.218.018													
34,0	3.977.511							568.216	3.409.295													
35,0																						
36,0	1.181.850																				1.181.850	
37,0	1.118.483																				1.118.483	
38,0																						
39,0																						
40,0																						
41,0																						
42,0																						
43,0																						
44,0																						
45,0																						
46,0																						
47,0																						
48,0																						
49,0																						
50,0																						
51,0																						
52,0																						
53,0																						
54,0																						
55,0																						
56,0																						
57,0																						
58,0																						
59,0																						
60,0																						
61,0																						
62,0																						
63,0																						
64,0																						
65,0																						
66,0																						
TOTAL	2.831.803.877			764.206.128	350.733.256	1.429.043.715	103.678.678	144.140.001	37.701.786	2.300.334												
PORCENTAJE	100,00			26,99	12,39	50,46	3,66	5,09	1,33	0,08												
L.P.R.(cm)	23,2			18,2	20,8	25,2	27,3	30,5	31,8	36,5												
VARIANZA	15,434			1,160	5,320	0,625	3,444	0,76	0,86	0,250												
PESO PR.(g)	153			75	110	180	224	301	338	488												
PESO (t)	432.903			57.112	38.631	256.891	23.227	43.385	12.734	1.122												
PORCENTAJE	100,00			13,19	8,92	59,30	5,37	10,02	2,94	0,26												





4.2.6 Precisión de los estimados de biomasa y abundancia

4.2.6.1 Varianza de la biomasa total

A fin de comparar los métodos utilizados en la cuantificación, se determinó el coeficiente de variación (CV) por cuanto estandariza la varianza registrada en un grupo de datos, permitiendo evaluar los diferentes estimadores de varianza aplicados en el estudio.

La varianza por si sola, no es posible de aplicar, por cuanto sólo representa la dispersión dentro de un grupo de datos, no siendo correcto su uso. Luego, se entrega la varianza de manera referencial.

Los estimados de varianza, coeficientes de variación y error del estimado, obtenidos mediante la aplicación de los diferentes métodos propuestos se entregan para jurel en las **Tablas 12 y 13**, mientras que anchoveta en las **Tablas 14 y 15**.

El método de variables regionalizada presenta el coeficiente de variación más bajo respecto a los otros metodos, tanto para la biomasa y la abundancia en número, indicando con ello una mayor precisión relativa para el estimado de abundancia de ambas especies en la zona de estudio. En este sentido, el estimador por conglomerado presenta los mayores valores, siendo este tipo de resultados característico en las evaluaciones acústicas realizadas en la zona de estudio y centro sur del país. El nivel de precisión alcanzado este año (CV) en el método geoestadístico, se encuentra en el marco de lo registrado en anteriores evaluaciones efectuadas en la zona en abril del 2002 y noviembre del 2006 al 2009 (15,31 9,78, 12,35, 11,22 y 12,54%) (Córdova *et al.*, 2002, Córdova *et al.*, 2007-2009 y 2010), así como las realizadas durante invierno entre el periodo 1997-2009 en la zona centro sur (Córdova *et al.*, 1997 al 2011).



Este año, los resultados indican para jurel (CV) valores levemente superiores a lo registrado en anchoveta, lo cual se sustenta por una distribución espacial de la abundancia de anchoveta menos gregaria que lo registrado en años anteriores.

Tabla 12.

Varianzas de la biomasa de jurel por talla y subzona según el método de estimación.
Abril-mayo 2011.

Talla	C. aleatorios			C. sistemáticos			Bootstrap			Geoestadístico		
	Arica	Antof.	Total									
	Antof.	Caldera										
	Zona 1	Zona 2										
15,0												
16,0	9,26E+05		9,26E+05	3,97E+05		3,97E+05	4,24E+05		4,24E+05	5,68E+05		5,68E+05
17,0	5,13E+07		5,13E+07	1,06E+07		1,06E+07	1,33E+07		1,33E+07	2,25E+07		2,25E+07
18,0	2,04E+08		2,04E+08	3,64E+07		3,64E+07	4,78E+07		4,78E+07	8,53E+07		8,53E+07
19,0	2,95E+08		2,95E+08	4,99E+07		4,99E+07	6,68E+07		6,68E+07	1,21E+08		1,21E+08
20,0	7,37E+07		7,37E+07	1,32E+07		1,32E+07	1,73E+07		1,73E+07	3,08E+07		3,08E+07
21,0	8,87E+06		8,87E+06	2,03E+06		2,03E+06	2,48E+06		2,48E+06	4,05E+06		4,05E+06
22,0	1,42E+06		1,42E+06	6,59E+05		6,59E+05	6,94E+05		6,94E+05	9,09E+05		9,09E+05
23,0			0,00E+00			0,00E+00			0,00E+00			0,00E+00
24,0	2,71E+08	2,56E+08	5,27E+08	5,21E+07	1,35E+08	1,87E+08	6,70E+07	7,71E+07	1,44E+08	1,16E+08	6,67E+07	1,83E+08
25,0	7,35E+08	5,09E+09	5,83E+09	1,29E+08	2,58E+09	2,71E+09	1,70E+08	1,41E+09	1,58E+09	3,05E+08	1,17E+09	1,48E+09
26,0	4,28E+07	2,93E+09	2,98E+09	1,14E+07	1,49E+09	1,50E+09	1,34E+07	8,16E+08	8,29E+08	2,08E+07	6,82E+08	7,03E+08
27,0	4,30E+05	1,81E+08	1,82E+08	4,30E+05	9,56E+07	9,60E+07	4,16E+05	5,50E+07	5,54E+07	4,56E+05	4,77E+07	4,81E+07
28,0		9,90E+06	9,90E+06		5,92E+06	5,92E+06		3,97E+06	3,97E+06		3,77E+06	3,77E+06
29,0	4,75E+05	2,74E+07	2,79E+07	4,75E+05	1,53E+07	1,57E+07	4,59E+05	9,42E+06	9,88E+06	5,04E+05	8,55E+06	9,05E+06
30,0		3,22E+08	3,22E+08		1,66E+08	1,66E+08		9,28E+07	9,28E+07		7,88E+07	7,88E+07
31,0	5,21E+05	2,35E+08	2,35E+08	5,21E+05	1,22E+08	1,23E+08	5,04E+05	6,88E+07	6,93E+07	5,53E+05	5,88E+07	5,94E+07
32,0		5,06E+07	5,06E+07		2,75E+07	2,75E+07		1,65E+07	1,65E+07		1,47E+07	1,47E+07
33,0		2,93E+06	2,93E+06		1,98E+06	1,98E+06		1,50E+06	1,50E+06		1,51E+06	1,51E+06
34,0		1,80E+06	1,80E+06		1,31E+06	1,31E+06		1,04E+06	1,04E+06		1,07E+06	1,07E+06
35,0		0,00E+00	0,00E+00									
36,0		2,94E+05	2,94E+05		2,94E+05	2,94E+05		2,81E+05	2,81E+05		3,09E+05	3,09E+05
37,0		3,05E+05	3,05E+05		3,05E+05	3,05E+05		2,91E+05	2,91E+05		3,21E+05	3,21E+05
39,0												
38,0												
40,0												
Total	1,69E+09	9,11E+09	1,08E+10	3,07E+08	4,65E+09	4,95E+09	4,01E+08	2,55E+09	2,95E+09	7,09E+08	2,13E+09	2,84E+09
Reclutaa	1,64E+09	5,35E+09	6,99E+09	2,94E+08	2,72E+09	3,01E+09	3,86E+08	1,48E+09	1,87E+09	6,87E+08	1,24E+09	1,92E+09
% CV	0,2627	0,3602	0,2466	0,1120	0,2572	0,1670	0,1302	0,1948	0,1315	0,1653	0,1699	0,1232
Error	43,2	59,3	40,6	18,4	42,3	27,5	21,4	32,1	21,6	27,2	28,0	20,3



Tabla 13.

Varianzas de la abundancia de jurel por talla y subzona según el método de estimación.
Abril-mayo 2011.

Talla	C. aleatorios			C. sistemáticos			Bootstrap			Geostatístico		
	Arica	Antof.	Total									
	Antof.	Caldera										
	Zona 1	Zona 2										
15,0												
16,0	3,36E+14		3,36E+14	1,44E+14		1,44E+14	1,5373E+		1,5373E+	2,062E+1		2,062E+1
17,0	1,34E+16		1,34E+16	2,77E+15		2,77E+15	3,4789E+		3,4789E+	5,889E+1		5,889E+1
18,0	3,92E+16		3,92E+16	6,97E+15		6,97E+15	9,1770E+		9,1770E+	1,635E+1		1,635E+1
19,0	4,23E+16		4,23E+16	7,14E+15		7,14E+15	9,5603E+		9,5603E+	1,734E+1		1,734E+1
20,0	8,00E+15		8,00E+15	1,43E+15		1,43E+15	1,8804E+		1,8804E+	3,344E+1		3,344E+1
21,0	7,40E+14		7,40E+14	1,69E+14		1,69E+14	2,0684E+		2,0684E+	3,383E+1		3,383E+1
22,0	9,17E+13		9,17E+13	4,27E+13		4,27E+13	4,4933E+		4,4933E+	5,889E+1		5,889E+1
23,0			0,00E+00			0,00E+00			0,0000E+			0,000E+0
24,0	1,10E+16	1,04E+16	2,13E+16	2,11E+15	5,44E+15	7,56E+15	2,7111E+	3,1205E+	5,8316E+	4,705E+1	2,698E+1	7,404E+1
25,0	2,39E+16	1,65E+17	1,89E+17	4,17E+15	8,38E+16	8,80E+16	5,5198E+	4,5597E+	5,1117E+	9,898E+1	3,798E+1	4,788E+1
26,0	1,12E+15	7,70E+16	7,82E+16	3,01E+14	3,92E+16	3,95E+16	3,5300E+	2,1424E+	2,1777E+	5,480E+1	1,791E+1	1,845E+1
27,0	9,22E+12	3,90E+15	3,91E+15	9,22E+12	2,05E+15	2,06E+15	8,9121E+	1,1821E+	1,1910E+	9,784E+1	1,025E+1	1,034E+1
28,0		1,74E+14	1,74E+14		1,04E+14	1,04E+14		6,9867E+	6,9867E+		6,637E+1	6,637E+1
29,0	6,92E+12	3,99E+14	4,06E+14	6,92E+12	2,22E+14	2,29E+14	6,6856E+	1,3722E+	1,4390E+	7,339E+1	1,245E+1	1,318E+1
30,0		3,90E+15	3,90E+15		2,01E+15	2,01E+15		1,1245E+	1,1245E+		9,546E+1	9,546E+1
31,0	5,29E+12	2,38E+15	2,39E+15	5,29E+12	1,24E+15	1,24E+15	5,1125E+	6,9785E+	7,0296E+	5,612E+1	5,965E+1	6,022E+1
32,0		4,33E+14	4,33E+14		2,35E+14	2,35E+14		1,4129E+	1,4129E+		1,259E+1	1,259E+1
33,0		2,12E+13	2,12E+13		1,44E+13	1,44E+13		1,0833E+	1,0833E+		1,090E+1	1,090E+1
34,0		1,11E+13	1,11E+13		8,04E+12	8,04E+12		6,4036E+	6,4036E+		6,593E+1	6,593E+1
35,0		0,00E+00	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00		0,0000E+	0,0000E+		0,000E+0	0,000E+0
36,0		1,33E+12	1,33E+12		1,33E+12	1,33E+12		1,2692E+	1,2692E+		1,397E+1	1,397E+1
37,0		1,19E+12	1,19E+12		1,19E+12	1,19E+12		1,1367E+	1,1367E+		1,251E+1	1,251E+1
39,0												
38,0												
40,0												
Total	1,40E+17	2,64E+17	4,04E+17	2,53E+16	1,34E+17	1,60E+17	3,311E+1	7,351E+1	1,066E+1	5,870E+1	6,150E+1	1,202E+1
Reclutas	1,39E+17	1,76E+17	3,14E+17	2,50E+16	8,93E+16	1,14E+17	3,273E+1	4,872E+1	8,145E+1	5,813E+1	4,068E+1	9,881E+1
% CV	0,2585	0,3930	0,2307	0,1098	0,2805	0,1450	0,1279	0,2122	0,1209	0,1625	0,1850	0,1224
Error	42,5	64,7	38,0	18,1	46,2	23,9	21,0	34,9	19,9	26,7	30,4	20,2



Tabla 14.

Varianza de la Biomasa de anchoveta, según métodos de Conglomerados, Bootstrap y Geoestadístico. Abril-mayo 2011.

Talla	Conglomerados aleatorios						Conglomerados sistemáticos					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total
10.0	1.79E+04	4.26E+01	4.24E+01	2.39E+01	1.38E+01	1.80E+04	1.79E+04	4.26E+01	4.24E+01	2.39E+01	1.38E+01	1.80E+04
10.5												
11.0												
11.5												
12.0	3.41E+05	1.22E+03	1.70E+03	7.82E+02	3.55E+02	3.45E+05	1.51E+05	4.38E+02	1.71E+03	2.17E+02	1.86E+02	1.54E+05
12.5	6.80E+05	2.55E+03	3.63E+03	1.64E+03	7.31E+02	6.88E+05	2.49E+05	7.69E+02	3.65E+03	3.66E+02	3.48E+02	2.54E+05
13.0	2.39E+07	1.00E+05	1.49E+05	6.60E+04	2.80E+04	2.42E+07	4.04E+06	1.77E+04	1.50E+05	6.94E+03	1.03E+04	4.23E+06
13.5	1.52E+08	6.47E+05	9.73E+05	4.27E+05	1.80E+05	1.54E+08	2.17E+07	1.05E+05	9.80E+05	3.91E+04	6.42E+04	2.28E+07
14.0	1.55E+09	6.62E+06	9.99E+06	4.38E+06	1.84E+06	1.57E+09	2.01E+08	1.03E+06	1.00E+07	3.73E+05	6.45E+05	2.13E+08
14.5	3.60E+09	1.54E+07	2.32E+07	1.02E+07	4.29E+06	3.65E+09	4.60E+08	2.38E+06	2.34E+07	8.58E+05	1.49E+06	4.88E+08
15.0	5.64E+09	2.41E+07	3.64E+07	1.59E+07	6.72E+06	5.72E+09	7.16E+08	3.71E+06	3.66E+07	1.33E+06	2.34E+06	7.60E+08
15.5	4.26E+09	1.82E+07	2.75E+07	1.20E+07	5.07E+06	4.32E+09	5.43E+08	2.81E+06	2.76E+07	1.01E+06	1.77E+06	5.76E+08
16.0	1.39E+09	5.95E+06	8.97E+06	3.93E+06	1.65E+06	1.41E+09	1.82E+08	9.29E+05	9.03E+06	3.37E+05	5.81E+05	1.93E+08
16.5	2.48E+08	1.05E+06	1.59E+06	6.98E+05	2.94E+05	2.52E+08	3.50E+07	1.70E+05	1.60E+06	6.34E+04	1.04E+05	3.70E+07
17.0	2.12E+07	8.81E+04	1.31E+05	5.80E+04	2.46E+04	2.15E+07	3.90E+06	1.63E+04	1.32E+05	6.55E+03	9.30E+03	4.06E+06
17.5	1.38E+05	4.08E+02	4.98E+02	2.47E+02	1.24E+02	1.39E+05	1.01E+05	2.56E+02	5.00E+02	1.38E+02	9.14E+01	1.02E+05
18.0	5.04E+04	1.20E+02	1.19E+02	6.75E+01	3.89E+01	5.07E+04	5.04E+04	1.20E+02	1.19E+02	6.75E+01	3.89E+01	5.07E+04
Total	1.69E+10	7.22E+07	1.09E+08	4.78E+07	2.01E+07	1.71E+10	2.16E+09	1.11E+07	1.09E+08	4.03E+06	7.02E+06	2.30E+09
Reclutas	1.79E+04	4.26E+01	4.24E+01	2.39E+01	1.38E+01	1.80E+04	1.79E+04	4.26E+01	4.24E+01	2.39E+01	1.38E+01	1.80E+04
% CV	0.2716	0.3639	0.4483	0.3950	0.3373	0.2355	0.0973	0.1431	0.4498	0.1148	0.1994	0.0863
Error	44.7	59.9	73.8	65.0	55.5	38.8	16.0	23.6	74.0	18.9	32.8	14.2

Talla	Bootstrap						Geoestadístico					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total
10.0	1.56E+04	3.39E+01	3.77E+01	1.80E+01	1.15E+01	1.57E+04	1.62E+04	4.58E+01	5.20E+01	2.89E+01	1.49E+01	1.64E+04
10.5												
11.0												
11.5												
12.0	1.39E+05	4.00E+02	8.64E+02	1.92E+02	1.35E+02	1.40E+05	1.30E+05	4.31E+02	4.23E+02	2.37E+02	1.80E+02	1.31E+05
12.5	2.33E+05	7.28E+02	1.76E+03	3.41E+02	2.45E+02	2.36E+05	2.09E+05	7.35E+02	6.85E+02	3.85E+02	3.30E+02	2.11E+05
13.0	4.26E+06	1.94E+04	6.55E+04	8.24E+03	6.50E+03	4.36E+06	2.90E+06	1.49E+04	9.98E+03	5.72E+03	9.02E+03	2.94E+06
13.5	2.37E+07	1.18E+05	4.20E+05	4.92E+04	3.96E+04	2.4E+07	1.46E+07	8.54E+04	5.14E+04	2.96E+04	5.52E+04	1.48E+07
14.0	2.25E+08	1.18E+06	4.29E+06	4.85E+05	3.94E+05	2.31E+08	1.30E+08	8.23E+05	4.64E+05	2.69E+05	5.51E+05	1.32E+08
14.5	5.18E+08	2.74E+06	9.98E+06	1.12E+06	9.13E+05	5.33E+08	2.96E+08	1.89E+06	1.05E+06	6.14E+05	1.27E+06	3.01E+08
15.0	8.08E+08	4.28E+06	1.56E+07	1.75E+06	1.42E+06	8.31E+08	4.61E+08	2.96E+06	1.64E+06	9.55E+05	1.99E+06	4.68E+08
15.5	6.12E+08	3.24E+06	1.18E+07	1.32E+06	1.07E+06	6.29E+08	3.50E+08	2.24E+06	1.24E+06	7.25E+05	1.51E+06	3.56E+08
16.0	2.04E+08	1.06E+06	3.85E+06	4.37E+05	3.55E+05	2.09E+08	1.18E+08	7.43E+05	4.21E+05	2.44E+05	4.96E+05	1.20E+08
16.5	3.85E+07	1.93E+05	6.86E+05	8.00E+04	6.45E+04	3.95E+07	2.36E+07	1.38E+05	8.29E+04	4.79E+04	9.00E+04	2.39E+07
17.0	4.05E+06	1.76E+04	5.78E+04	7.55E+03	5.91E+03	4.14E+06	2.87E+06	1.39E+04	9.80E+03	5.59E+03	8.17E+03	2.91E+06
17.5	8.98E+04	2.13E+02	3.18E+02	1.09E+02	7.25E+01	9.06E+04	9.05E+04	2.67E+02	2.91E+02	1.62E+02	9.52E+01	9.14E+04
18.0	4.40E+04	9.55E+01	1.06E+02	5.09E+01	3.25E+01	4.43E+04	4.58E+04	1.29E+02	1.46E+02	8.16E+01	4.22E+01	4.62E+04
Total	2.44E+09	1.28E+07	4.68E+07	5.27E+06	4.28E+06	2.50E+09	1.40E+09	8.91E+06	4.99E+06	2.89E+06	5.99E+06	1.42E+09
Reclutas	1.56E+04	3.39E+01	3.77E+01	1.80E+01	1.15E+01	1.57E+04	1.62E+04	4.58E+01	5.20E+01	2.89E+01	1.49E+01	1.64E+04
% CV	0.1104	0.1722	0.3113	0.1509	0.1703	0.0968	0.0821	0.1233	0.0865	0.0884	0.1768	0.0700
Error	18.2	28.3	51.2	24.8	28.0	15.9	13.5	20.3	14.2	14.6	29.1	11.5

Zona1 = Arica-pta Junin; Zona 2= Iquique-cta Chipana; Zona 3 = pta Blanca-pta Guasilla;
 Zona 4= cta Errazuriz-sur pta Coloso y Zona 5= Chañaral-Caldera



Tabla 15.
 Varianza de la abundancia de anchoveta, según métodos de Conglomerados,
 Bootstrap y Geoestadístico. Abril-mayo 2011.

Talla	Conglomerados aleatorios						Conglomerados sistemáticos					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total
10.0	3.14E+14	7.48E+11	7.44E+11	4.205E+1	2.42E+11	3.164E+1	3.14E+14	7.48E+11	7.44E+11	4.20E+11	2.42E+11	3.16E+14
10.5												
11.0												
11.5												
12.0	2.00E+15	7.20E+12	9.98E+12	4.598E+1	2.08E+12	2.030E+1	8.89E+14	2.57E+12	1.00E+13	1.27E+12	1.09E+12	9.04E+14
12.5	3.11E+15	1.17E+13	1.66E+13	7.559E+1	3.35E+12	3.158E+1	1.14E+15	3.52E+12	1.67E+13	1.68E+12	1.60E+12	1.16E+15
13.0	8.67E+16	3.63E+14	5.43E+14	2.397E+1	1.01E+14	8.803E+1	1.46E+16	6.44E+13	5.47E+14	2.51E+13	3.75E+13	1.53E+16
13.5	4.42E+17	1.87E+15	2.82E+15	1.242E+1	5.23E+14	4.489E+1	6.29E+16	3.05E+14	2.84E+15	1.13E+14	1.86E+14	6.64E+16
14.0	3.63E+18	1.55E+16	2.34E+16	1.027E+1	4.31E+15	3.683E+1	4.70E+17	2.41E+15	2.35E+16	8.73E+14	1.51E+15	4.99E+17
14.5	6.85E+18	2.93E+16	4.42E+16	1.942E+1	8.16E+15	6.958E+1	8.75E+17	4.52E+15	4.45E+16	1.63E+15	2.85E+15	9.29E+17
15.0	8.78E+18	3.76E+16	5.67E+16	2.489E+1	1.04E+16	8.916E+1	1.11E+18	5.79E+15	5.71E+16	2.08E+15	3.64E+15	1.18E+18
15.5	5.46E+18	2.33E+16	3.52E+16	1.548E+1	6.50E+15	5.546E+1	6.97E+17	3.60E+15	3.55E+16	1.30E+15	2.27E+15	7.40E+17
16.0	1.48E+18	6.33E+15	9.54E+15	4.190E+1	1.76E+15	1.504E+1	1.93E+17	9.88E+14	9.61E+15	3.58E+14	6.17E+14	2.05E+17
16.5	2.20E+17	9.37E+14	1.41E+15	6.196E+1	2.61E+14	2.238E+1	3.11E+16	1.51E+14	1.42E+15	5.62E+13	9.28E+13	3.28E+16
17.0	1.57E+16	6.55E+13	9.76E+13	4.316E+1	1.83E+13	1.600E+1	2.90E+15	1.21E+13	9.83E+13	4.87E+12	6.92E+12	3.02E+15
17.5	8.64E+13	2.56E+11	3.12E+11	1.551E+1	7.77E+10	8.727E+1	6.34E+13	1.60E+11	3.13E+11	8.67E+10	5.73E+10	6.41E+13
18.0	2.67E+13	6.37E+10	6.33E+10	3.582E+1	2.06E+10	2.695E+1	2.67E+13	6.37E+10	6.33E+10	3.58E+10	2.06E+10	2.69E+13
Total	2.69E+19	1.15E+17	1.74E+17	7.641E+1	2.739E+1	5.43E+19	3.46E+18	1.78E+16	1.75E+17	6.45E+15	1.12E+16	3.67E+18
Reclutas	3.14E+14	7.48E+11	7.44E+11	4.205E+1	3.164E+1	6.30E+14	3.14E+14	7.48E+11	7.44E+11	4.20E+11	2.42E+11	3.16E+14
% CV	0.2703	0.3622	0.4462	0.3931	0.2344	0.3300	0.0969	0.1425	0.4477	0.1142	0.1984	0.0859
Error	44.5	59.6	73.4	64.7	38.6	54.3	15.9	23.5	73.7	18.8	32.7	14.1

Talla	Bootstrap						Geoestadístico					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total
10.0	2.74E+14	5.95E+11	6.62E+11	3.17E+11	2.02E+11	2.76E+14	2.85E+14	8.04E+11	9.13E+11	5.08E+11	2.63E+11	2.87E+14
10.5												
11.0												
11.5												
12.0	8.18E+14	2.34E+12	5.07E+12	1.13E+12	7.93E+11	8.28E+14	7.64E+14	2.53E+12	2.48E+12	1.39E+12	1.06E+12	7.72E+14
12.5	1.07E+15	3.33E+12	8.07E+12	1.56E+12	1.12E+12	1.08E+15	9.61E+14	3.37E+12	3.14E+12	1.76E+12	1.51E+12	9.71E+14
13.0	1.54E+16	7.06E+13	2.37E+14	2.98E+13	2.36E+13	1.58E+16	1.05E+16	5.40E+13	3.62E+13	2.07E+13	3.27E+13	1.06E+16
13.5	6.90E+16	3.45E+14	1.22E+15	1.42E+14	1.15E+14	7.08E+16	4.25E+16	2.48E+14	1.49E+14	8.61E+13	1.60E+14	4.32E+16
14.0	5.28E+17	2.77E+15	1.00E+16	1.13E+15	9.23E+14	5.43E+17	3.05E+17	1.92E+15	1.08E+15	6.30E+14	1.29E+15	3.10E+17
14.5	9.86E+17	5.21E+15	1.90E+16	2.13E+15	1.73E+15	1.01E+18	5.64E+17	3.60E+15	2.01E+15	1.16E+15	2.43E+15	5.74E+17
15.0	1.25E+18	6.67E+15	2.43E+16	2.73E+15	2.22E+15	1.29E+18	7.17E+17	4.61E+15	2.55E+15	1.48E+15	3.11E+15	7.29E+17
15.5	7.85E+17	4.15E+15	1.51E+16	1.70E+15	1.38E+15	8.08E+17	4.49E+17	2.87E+15	1.60E+15	9.30E+14	1.93E+15	4.57E+17
16.0	2.17E+17	1.13E+15	4.10E+15	4.65E+14	3.77E+14	2.23E+17	1.26E+17	7.90E+14	4.48E+14	2.60E+14	5.28E+14	1.28E+17
16.5	3.41E+16	1.71E+14	6.09E+14	7.10E+13	5.72E+13	3.51E+16	2.09E+16	1.22E+14	7.35E+13	4.24E+13	7.98E+13	2.12E+16
17.0	3.01E+15	1.31E+13	4.30E+13	5.62E+12	4.39E+12	3.08E+15	2.14E+15	1.03E+13	7.29E+12	4.16E+12	6.08E+12	2.16E+15
17.5	5.63E+13	1.33E+11	1.99E+11	6.89E+10	4.54E+10	5.67E+13	5.67E+13	1.67E+11	1.82E+11	1.01E+11	5.96E+10	5.72E+13
18.0	2.33E+13	5.07E+10	5.64E+10	2.70E+10	1.72E+10	2.35E+13	2.43E+13	6.84E+10	7.78E+10	4.33E+10	2.24E+10	2.45E+13
Total	3.90E+18	2.05E+16	7.47E+16	8.42E+15	6.84E+15	4.01E+18	2.24E+18	1.42E+16	7.98E+15	4.63E+15	9.58E+15	2.28E+18
Reclutas	2.74E+14	5.95E+11	6.62E+11	3.17E+11	2.02E+11	2.76E+14	2.85E+14	8.04E+11	9.13E+11	5.08E+11	2.63E+11	2.87E+14
% CV	0.1099	0.1714	0.3099	0.1503	0.1695	0.0963	0.0818	0.1228	0.0862	0.0881	0.1760	0.0697
Error	18.1	28.2	51.0	24.7	27.9	15.9	13.5	20.2	14.2	14.5	29.0	11.5

Zona 1 = Arica-pta Junin; Zona 2= Iquique-cta Chipana; Zona 3 = pta Blanca-pta Guasilla;
 Zona 4= cta Errazuriz-sur pta Coloso y Zona 5= Chañaral-Caldera



4.3 Objetivo específico 2.3.- Determinar la distribución del zooplancton en el área y período de estudio, con especial énfasis en los eufáusidos

La distribución y composición del zooplancton se presenta separado para el período diurno y nocturno, de acuerdo a la información de 72 estaciones diurnas y 87 nocturnas.

4.3.1 Composición y abundancia del zooplancton

El análisis de composición y abundancia del zooplancton muestra la presencia de 28 grupos zooplanctónicos en el día y también durante la noche (**Tabla 16**), registrando la densidad promedio de los individuos capturados por zona, una variabilidad menor durante el periodo nocturno (**Tabla 17**).

En la zona de estudio, el plancton diurno y nocturno estuvo compuesto mayoritariamente por organismos holoplanctónicos (61%) donde la mayoría correspondió al grupo crustáceo. Las principales abundancia relativas fueron para copépodos con una dominancia de 93,14 y 89,75% clasificando como grupo dominante, seguido por quetognatos y apendicularias con porcentajes de dominancia mayores a un 1,09% estableciéndose como grupos accidentales, los que junto a copépodos representan el 96% del zooplancton recolectado (**Tabla 16**). Los grupos larvas de bivalvos, larvas de gastrópodos, estomatópodos y trocósfora, presentan en el día y noche los valores más bajo de dominancia (< 0.02 %) (**Tabla 16**).

Para el resto de los grupos que representan solo el 2,4 % para el día y 3,5% de la abundancia para la noche, registran densidades que fluctuaron entre 6 a 1.327 individuos/1000 m³ (día) y 4 a 2.331 individuo/1000³ (noche).



Tanto de día como de noche se mantienen los grupos numéricamente más importantes, apreciando diferencias entre ambos períodos, tanto en el número de individuo total y densidades medias, donde los datos colectados en horas diurnas y nocturnas no presentan gran similitud (**Tabla 16**).

Tabla 16.

Grupos zooplanctónicos presentes durante las pescas diurnas y nocturnas entre 1- 200 mn.

Día (t)	SUMA	N	MIN	MAX	MEDIA t	VMEDIA	%FO	Clase	%DN	Clase
Copépodos	30262608	72	8804	4210526	420314	758987	100.00	CONSTANTE	93.14	DOMINANTE
Quetognatos	850541	70	482	61593	11813	10771.1	97.22	CONSTANTE	2.62	ACCESORIO
Apendicularias	353452	70	99	107598	4909	13118.4	97.22	CONSTANTE	1.10	ACCIDENTAL
Nauplius	190212	4	75	134498	2642	16103.3	19.44	CONSTANTE	0.59	ACCIDENTAL
Poliquetos	123823	70	49	40012	1720	4719.28	97.22	CONSTANTE	0.38	ACCIDENTAL
Larvas	122138	69	46	15448	1696	2778.32	95.83	CONSTANTE	0.37	ACCIDENTAL
Ostrácodos	95509	69	75	6930	1327	1341.74	95.83	CONSTANTE	0.29	ACCIDENTAL
Larvas	87347	59	92	13006	1213	2262.79	81.94	CONSTANTE	0.27	ACCIDENTAL
Pterópodos	84716	57	95	14830	1177	2511.02	79.17	CONSTANTE	0.26	ACCIDENTAL
Larvas	72679	52	50	26558	1009	3308.72	72.22	CONSTANTE	0.22	ACCIDENTAL
Sifonóforos	46012	57	49	8711	639	1376.52	79.17	CONSTANTE	0.14	ACCIDENTAL
Cladóceros	28369	50	24	5280	394	761.938	69.44	CONSTANTE	0.09	ACCIDENTAL
Doliólidos	27759	41	24	7574	386	985.975	56.94	CONSTANTE	0.08	ACCIDENTAL
Heterópodos	27742	37	52	3375	385	727.316	51.39	CONSTANTE	0.08	ACCIDENTAL
Medusas	27487	45	49	5561	382	753.54	62.50	CONSTANTE	0.08	ACCIDENTAL
Anfípodos	24220	59	46	2886	336	524.699	81.94	CONSTANTE	0.07	ACCIDENTAL
Eufáusidos	20996	68	6	2251	292	435.175	94.44	CONSTANTE	0.06	ACCIDENTAL
Salpas	20621	24	97	6574	286	869.032	33.33	ACCESORIO	0.06	ACCIDENTAL
Nauplis	8595	28	51	1136	119	235.572	38.89	ACCESORIO	0.03	ACCIDENTAL
Foraminíferos	3118	14	49	1136	43	150.891	19.44	ACCIDENTAL	0.01	ACCIDENTAL
Radiolarios	2982	12	52	648	41	119.857	16.67	ACCIDENTAL	0.009	ACCIDENTAL
Ctenóforos	2578	9	49	1236	36	162.229	12.50	ACCIDENTAL	0.008	ACCIDENTAL
Isópodos	1815	10	42	618	25	87.2982	13.89	ACCIDENTAL	0.006	ACCIDENTAL
L. brachiopodos	1338	2	374	964	19	121.303	2.78	ACCIDENTAL	0.004	ACCIDENTAL
L. equinodermos	1311	6	53	618	18	83.1014	8.33	ACCIDENTAL	0.004	ACCIDENTAL
Estomatópodos	744	7	42	166	10	33.8795	9.72	ACCIDENTAL	0.002	ACCIDENTAL
L. Gastrópodos	709	5	54	364	10	46.9898	6.94	ACCIDENTAL	0.002	ACCIDENTAL
Trocófora	397	4	97	203	6	28.8395	5.56	ACCIDENTAL	0.001	ACCIDENTAL



Noche (t)	SUMA	N	MIN	MAX	MEDIA t	MEDIA +	%FO	Clase	%DN	Clase
Copépodos	41899674	89	824	1975668	470783	437031	100.00	CONSTANTE	89.75	DOMINANTE
Quetognatos	1590283	86	1057	60572	17868	13908.1	96.63	CONSTANTE	3.40	ACCESORIO
Apendicularias	1065892	85	113	138497	11976	25460.3	95.51	CONSTANTE	2.28	ACCIDENTAL
Larvas	258591	74	85	38961	2906	5775.14	83.15	CONSTANTE	0.55	ACCIDENTAL
Poliquetos	238934	85	93	32071	2685	4283.71	95.51	CONSTANTE	0.51	ACCIDENTAL
Ostrácodos	207469	85	102	13716	2331	2784.83	95.51	CONSTANTE	0.44	ACCIDENTAL
Larvas	200638	77	82	21981	2254	4021.35	86.52	CONSTANTE	0.43	ACCIDENTAL
Pterópodos	190315	82	88	20506	2138	3216.39	92.13	CONSTANTE	0.41	ACCIDENTAL
Larvas	164359	67	82	18506	1847	3732.39	75.28	CONSTANTE	0.35	ACCIDENTAL
Nauplius	136964	20	89	63868	1539	8017.92	22.47	ACCIDENTAL	0.28	ACCIDENTAL
Sifonóforos	122159	77	47	20575	1373	2857.95	86.52	CONSTANTE	0.26	ACCIDENTAL
Medusas	91435	73	55	14654	1027	2006.32	82.02	CONSTANTE	0.19	ACCIDENTAL
Heterópodos	87528	48	74	11768	983	2024.94	53.93	CONSTANTE	0.18	ACCIDENTAL
Eufáusidos	83570	82	6	6444	939	1284.23	92.13	CONSTANTE	0.17	ACCIDENTAL
Salpas	79939	34	89	19888	898	2447.23	38.20	CONSTANTE	0.17	ACCIDENTAL
Cladóceros	73003	57	76	14145	820	2241.1	64.04	CONSTANTE	0.15	ACCIDENTAL
Anfípodos	72916	73	47	15744	819	1806.81	82.02	CONSTANTE	0.15	ACCIDENTAL
Doliólidos	59546	58	89	12431	669	1732.43	65.17	CONSTANTE	0.12	ACCIDENTAL
Nauplis	38153	39	74	7091	429	1118.65	43.82	ACCESORIO	0.08	ACCIDENTAL
Foraminíferos	7811	12	82	3858	88	443.709	13.48	ACCIDENTAL	0.01	ACCIDENTAL
Ctenóforos	4295	16	73	952	48	140.692	17.98	ACCIDENTAL	0.009	ACCIDENTAL
Radiolarios	3149	13	43	605	35	103.357	14.61	ACCIDENTAL	0.007	ACCIDENTAL
L. brachiopodos	2135	5	113	703	24	112.113	5.62	ACCIDENTAL	0.005	ACCIDENTAL
L. equinodermos	1454	7	84	407	16	64.7198	7.87	ACCIDENTAL	0.003	ACCIDENTAL
L. Gastrópodos	1171	4	190	571	13	69.993	4.49	ACCIDENTAL	0.003	ACCIDENTAL
Trocosfora	1020	3	91	500	11	69.9468	3.37	ACCIDENTAL	0.002	ACCIDENTAL
Isópodos	871	7	43	300	10	40.0591	7.87	ACCIDENTAL	0.002	ACCIDENTAL
Estomatópodos	604	6	43	175	7	28.0994	6.74	ACCIDENTAL	0.001	ACCIDENTAL

a) Copépodos

Los copépodos destacan como grupo dominante en términos de su frecuencia de ocurrencia (constancia) y dominancia numérica (100% y >89%, respectivamente), superando ampliamente al resto de las taxas zooplanctónicas.

Este grupo presentó una mayor predominancia durante el día (93,14%), con una densidad media de 420.314 individuos/1000 m³ y valores mínimos de 8.804 individuos/1000 m³ y máximo de 4.210.526 individuos/1000 m³. lo cual considera el aporte importante de copépodos (>34%) en tres estaciones.

En la noche, las densidades observadas son relativamente menos extremas (824 a 1.975.668 individuos/1000 m³), con predominio de valores más estables u homogéneos lo cual explica una disminución en la dominancia (89,75%), al registrar más estaciones con un número mayor de copépodos que en el día (**Tabla 16**).



El análisis no paramétrico Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas en la abundancia relativa media entre el día y la noche para este grupo ($p = 0,001$ (**Figura 11a, Tabla 17**), verificando que la leve superioridad de la abundancia diurna cercana al 10% no fue estadísticamente relevante.

b) Quetognatos

Este grupo alcanzó el segundo lugar con una dominancia de 2,62% en el día y 3,40% durante la noche, pero bastante menor al grupo principal clasificando en la categoría de grupo accesorio, registrando una presencia espacial que alcanzó a 97,22% de las estaciones de plancton diurnas y 96,63% nocturnas (**Tabla 16**).

Los quetognatos fueron bastante más abundantes durante el período nocturno, con una abundancia media de 17.868 individuos/1000 m³ y densidades entre 1.057 a 60.572 individuos/1000 m³, las cuales disminuyen durante el día a valores que van desde 482 a 61.593 individuos/1000 m³, y media de 11.813 individuos/1000 m³, lo cual explica que diferencias significativas sean detecta entre las densidades de este grupo, al obtener un valor de $p = 0,021$ (**Tabla 17**), estableciendo que existe una tendencia contundente a agruparse las densidades nocturnas hacia valores de mayor densidad respecto a los valores diurnos.

c) Apendicularias

Este grupo sigue en importancia numérica a los copépodos y quetognatos tanto de día como en la noche, destacando un incremento importante (87%) en su abundancia durante la noche, lo cual se reflejo en densidades medias que variaron de 4.909 individuos/1000 m³ (días) a 11.976 individuos/1000 m³ (noche).



Las apendicularias estuvieron presentes en más del 95% de las estaciones de plancton, constituyendo el tercer grupo de relevancia cuantitativa con una importante representación numérica que alcanzó una dominancia de 2,28% en la noche, mientras que en el día fue de 1,10%, clasificando como grupo accidental (**Tabla 16**). Este grupo, al igual que los anteriores grupos zooplanctónicos mostró una amplia cobertura espacial, ubicándose en toda la zona prospectada, agrupando un número mayor de individuos en la noche (1.065.892 individuos/1000 m³) respecto del día (353.452 individuos/1000 m³). Luego, las densidades de quetognatos presentaron grandes diferencias, lo cual recoge el estadístico al obtener un valor de $p = 0,0011$, evidenciando para este grupo, la existencia de diferencias significativas entre la densidades registradas de noche y día (**Tabla 17**).



Tabla 17.

Resultado de Prueba ANOVA Kruskal-Wallis a la abundancia relativa media de los grupos zooplanctónico (1 -200 mn). Los valores significativos se indican en negrita (valor $p < 0,05$).

Grupos zooplanctónicos	Densidad media		Valor de p
	Día	Noche	
Copépodos	420.314	470.783	0,001
Quetognatos	11.813	17.868	0,021
L. Brachiopodos	19	24	0,819
Larvas eufausidos	1.009	1.847	0,047
Sifonóforos	639	1.373	0,0001
Salpas	286	898	0,2279
Doliólidos	386	669	0,0863
Larvas Decápodos	1.213	2.254	0,1662
Apendicularias	4.909	11.976	0,0011
Poliquetos	1.720	2.685	0,0079
Eufáusidos	292	939	0,0002
Cladóceros	394	820	0,7967
Ostrácodos	1.327	2.331	0,0059
Pterópodos	1.177	2.138	0,0001
Larvas cifonautas	1.696	2.906	0,2315
Anfípodos	336	819	0,0004
Medusas	382	1.027	0,0005
Heterópodos	385	983	0,0567
Larvas echinodermo	18	16	0,947
Ctenóforos	36	48	0,5962
Radiolarios	41	35	0,8275
Estomatópodos	10	7	0
Foraminíferos	43	88	0,668
Nauplis	119	429	0,033
Larvas Gastrópodos	10	13	0,888
Larvas bivalvos	11	4	0,647
Trocósfora	6	11	0,974
Nauplis cirripedio	2.642	1.539	0,140
Isópodos	25	10	0,0001



d) Eufáusidos

Los eufáusidos que son el ítem principal en la dieta de jurel, de acuerdo a estudios realizados en la zona centro sur (Quiñones *et al.*, 1996 y Córdova *et al.*, 1997 -2002) y los alcanzados en este estudio, si bien es cierto la frecuencia de ocurrencia fue alta la dominancia no representó porcentajes importantes como es normal para la zona centro sur, ocupando este año el décimo cuarto y décimoséptimo lugar en la importancia numérica en las muestras nocturnas y diurna, lo cual puede ser explicado por un mayor número de taxas (28) registrada este año, respecto a años anteriores (24).

La dominancia numérica diurna y nocturna fue bastante baja de 0,06 y 0,17%, con una densidad media de 292 individuos/1000 m³ y 939 individuos/1000 m³, clasificando como grupo accidental al igual que la mayoría de los zooplancteres identificados (**Tabla 16**). En general los eufáusidos mantienen una importante reducción de su abundancia relativa respecto al 2010, donde las abundancias medias observada fueron mayores al registrar 857 individuos/1000 m³ en el día y 1.919 individuos/1000 m³ en la noche. Diferencia que respecto a noviembre 2006 se acentúa al registrar densidades medias diurnas de 4.324 individuos/1000 m³ y nocturnas de 9.072 individuos/1000 m³.

Al igual que años anteriores, los eufáusidos este año estuvieron presentes en el 94,44% de las estaciones durante el día, mientras que de noche alcanzó a 92,13%. Durante el día, las estaciones registraron un número menor de individuos, con un 75% menos que lo registrado en la noche, lo cual se sustenta en el mayor número de estaciones nocturnas con abundancias de eufáusidos relativamente mayores.



Los resultados de la prueba estadística aplicada a la información de los lances planctónicos diurnos y nocturnos, muestra la existencia de diferencias significativas entre ambos períodos, al obtener mediante la prueba Kruskal-Wallis un valor $p = 0,0002$, indicando una tendencia agruparse las densidades hacia alto y bajo valores entre períodos, con una marcada diferencia en la variabilidad de la abundancia de cada período (**Figura 11d**).

En general, las abundancias relativas registradas este año, respecto a abril-mayo del 2010, muestran incrementos importantes para copépodos (48,6%), poliquetos (46,0%), larvas de cifonuatatas (31,5%), apendicularias (29,11%) y quetognatos (8,6%), registrando una fuerte disminución (4000%) en pterópodos y radiolarios (780%). Para eufáusidos se mantiene abundancias relativamente bajas, evidenciando una disminución durante abril-mayo, al registrar el 2010 y 2011 bajos valores respecto a noviembre del 2009, observando entre el 2009 y 2011 una fuerte caída con medias de 2.180 a 292 individuos/1000 m³ (día) y 4.660 a 939 individuos/1000 m³ (noche)

4.3.2 Distribución del zooplancton

A fin de comparar las abundancias relativas de los principales grupos zooplanctónicos, este año y para años anteriores, el área de estudio fue subdividida en tres sectores; sector norte (18 25 -20 30'S), centro (20 31- 23 50'S) y sur (23 51 – 27 10'S). El análisis para ambos períodos muestra densidades mayores en la zona central, con densidades medias de 696.928 individuos/1000 m³ (día) y 595.409 individuos/1000 m³ (noche), asociado a dominancia zooplantónica de 51,5 y 42,1% respectivamente. Valores que están fuertemente influenciados por una alta presencia de copépodos en este sector (**Tabla 18**).



Tabla 18.

Densidad media de individuos y dominancia por sector y horario de muestreo.

DIA	Posición	Densidad promedio	Porcentaje de Dominancia (%)
Sector norte	18°25 - 20°30'S	476.974	33,8
Sector centro	20°31 - 23°50'S	696.628	51,5
Sector sur	24°51 - 27°10'S	192.045	14,8
NOCHE			
Sector norte	18°25 - 20°30'S	564.671	31,4
Sector centro	20°55 - 23°50'S	595.409	42,1
Sector sur	24°15 - 27°10'S	411.809	26,5

a) Copépodos

Este grupo estuvo presente en toda la zona de estudio, agrupando el mayor número de individuos a lo largo del borde costero, con un aumento de sus concentraciones durante el período nocturno (**Figuras 11a y 12a**).

En el sentido longitudinal, las densidades diurnas y nocturnas se ubicaron en las primeras 5 millas de la costa, con una marcada tendencia decrecientes hacia las estaciones más oceánicas, manteniendo una relativa constancia hasta las 20 mn en el día y un incremento a 70 y 130 mn durante la noche (**Figura 12a**), con valores nocturnos relativamente superiores (28%) que explican una abundancia mayor para este período en el área prospectada. Esta distribución espacial de copépodos no difiere de la registrada durante noviembre del 2006, 2007, 2008 2009 y abril-mayo del 2010, donde hacia el sector costero prevaleció para este grupo un incremento sostenido de su abundancia.

Respecto a su distribución latitudinal, las máximas abundancias medias se ubicaron en el sector costero, con 13 estaciones de alta densidad que son el 36% de la



abundancia de copépodos, destacando hacia el sur una menor presencia de este grupo (**Figuras 11a y 11a**). En general, se verifican las altas concentraciones de copépodos en el sector costero respecto a lo observado en abril-mayo del 2010, así como también durante noviembre del 2006 al 2009, donde zonas de mayor concentración frente a Arica, Camarones, Iquique, Caleta Chipana e inmediaciones de Mejillones y Tocopilla, son recurrentes a través del tiempo en la zona de estudio.

b) Quetognatos

Este grupo estuvo presente en gran parte de las estaciones de plancton realizadas en la zona de estudio (97,21%) evidenciando las densidades de quetognatos colectado durante el día y la noche, una marcada tendencia a situarse los mayores valores de abundancia hacia el extremo sur del área de estudio (Caldera), siguiendo un patrón similar al observado en eufáusidos e inverso para copépodos (**Figura 12b**). Para ambos períodos en los distintos sectores, la categoría de densidad 11.374-27.733 ind/1.000m³ fue predominante en el área prospectada, observando principalmente las mayores densidades medias de quetognatos entre los 25°55 y 26°45'S, donde se concentró el 26% de la abundancia relativa (**Figura 11b y 12b**).

En general, las bajas densidades de quetognatos se concentraron notoriamente de Arica a caleta Camarones, con un aporte a la abundancia total de 10% en el día y 0,8% durante la noche. En el sentido longitudinal, al igual que las principales taxas zooplanctónicas los sectores de concentración se registran en el sector costero durante la noche, destacando una mayor densidad en 20 mn, para luego sufrir una importante disminución de la abundancia hacia el sector oceánico, alcanzando niveles mínimos sobre las 130 mn. Patrón que no se observa en las estaciones diurnas al registrar predominio de bajas densidades y un leve incremento a 90 y 170 mn de la costa (**Figura 12a**).



c) Apendicularia

En general, para ambos períodos el mayor número de estaciones de alta densidad de apendicularias se registra en el borde costero, específicamente a 1 y 5 milla de la costa, con una moderada disminución hacia el sector oceánico (**Figura 12a**).

En la zona de estudio, este grupo no presenta tendencia en algún sentido para la densidad, como lo registrado en copépodos y quetognatos, sino el predominio de abundancias relativamente constantes entre 1.387 a 27.738 quetognatos /1000 m³, las cuales se incrementan al norte desde los 20°05 a 20°55'S y sur entre 25°30 y 25°55'S, agrupando estas áreas el 35,9 y 38,9% de la abundancia total de apendicularias (**Figuras 11c y 12b**). En este sentido, a diferencia de los otros grupos zooplanctónicos importantes (copépodos y quetognatos), las densidades media de apendicularias por transectas diurnas y nocturnas, no muestran una tendencia creciente hacia el sector sur o norte del área prospectada, situación que si se observa en sentido longitudinal, donde las densidades muestran un marcado incremento en el nivel costero y más reducido en el entorno de las 70 mn de la costa (**Figura 12b**), manteniendo un patrón de distribución registrado en anteriores evaluaciones realizadas el 2006, 2008, 2009 y 2010 en la zona de estudio.

d) Eufáusidos

Los eufáusidos estuvieron ampliamente representados en las muestras de plancton, al registrar su presencia en un 94,44% para el día y 92,13% en la noche. Para ambos períodos de muestreo el aporte numérico que registró cada estación fue bastante bajo, reconociendo valores de dominancia de 0,06% (día) y 0,18% (noche) similares a lo observado en taxas que históricamente exhiben los valores bajos (**Tabla 16**).



En general, la zona prospectada estuvo dominada por densidades entre 66 – 4.243 eufáusidos /1000 m³, las cuales se incrementan durante la noche y genera una mayor densidad media para este período (**Tabla 16**). Las mayores abundancias diurnas y nocturnas, estuvieron asociadas principalmente al sector costero, destacando la concentración de ellas hacia el sur (punta Hornos 22°50' y Caldera 27°10'S), con un aporte a la abundancia total por sector norte centro y sur de 11,4; 15, 4 y 73,2% en el día y de 5,7; 34,9 y 59,4% durante la noche, que muestra la dominancia mayor de estos organismo al sur de Mejillones y una notoria tendencia positiva en la densidad diurna y mas reducida durante la noche (**Figuras 11d y 12b**).

En término de longitud, estas máximas densidades medias diurnas y nocturnas estuvieron asociadas a las primeras 10 millas, para luego caer y mantenerse constante hasta las 90 mn donde disminuye hasta alcanzar las 200 mn de la costa, evidenciando un comportamiento relativamente uniforme en la densidad hacia el sector oceánico. En sentido latitudinal, el patrón de distribución de los eufáusidos es distinto al 2008-2009, donde se aprecia un leve incremento hacia el norte en la abundancia media, y del 2010, donde niveles bajos de abundancia no evidencia tendencia en algún sentido, lo que este año cambia al registrar un fuerte incremento de la abundancia de eufáusidos hacia el extremo sur del área de estudio (**Figura 11d y 12b**).

4.3.3 Estructura comunitaria de los grupos zooplanctónicos

El índice de Margalef varió de 0,33 a 1,68 con un valor promedio 1,14, encontrándose sus límites en el rango observado en evaluaciones realizadas en primavera desde el 2006 al 2009 (0,24 -1,63), con un valor central similar al 2008 (1,15) pero mayor que los otros años (0,75-1,11), indicando con ello un incremento del número de especies



presentes en gran parte de las estaciones realizadas (**Tabla 19**). En general, los m3ximos valores se ubicaron de preferencia al sur, desde la península de Mejillones a Caldera (27°10'S), registrando bajos valores de riqueza en las estaciones de manera recurrente en el borde costero (10 mn), principalmente de Mejillones al norte (**Figura 13**).

Tabla 19.

Valores promedio y desviaci3n est3ndar de los índices de Riqueza específica (Margalef), Diversidad de (Shannon & Wiener) y Homogeneidad (Pielou), observados en la serie histórica 2006-2011.

Año	Margalef		Shannon		Pielou	
	Prom	DS	Prom	DS	Prom	DS
2006	0.75	0.1734	0.81	0.3633	0.35	0.148
2007	1.04	0.1459	1.03	0.2867	0.40	0.10955
2008	1.15	0.2132	1.22	0.294	0.46	0.10726
2009	1.02	0.2467	1.01	0.3959	0.39	0.1429
2010	1.11	0.1866	0.91	0.2435	0.34	0.08647
2011	1.14	0.2528	0.62	0.3347	0.23	0.12255

El índice de diversidad de Shannon & Weaver fluctuó desde 0,007 a 1,41, con un valor centrado en 0,62, el cual es el más bajo de la serie 2006-2011, debido a la dominancia de copépodos por sobre los otros grupos, y no por un número reducido de taxas en las muestras como indica el comportamiento inverso dado un alto valor del índice de Margalef (**Tabla 19**),

La uniformidad presente durante la prospecci3n mostr3 un valor medio de 0,22, determinando una baja uniformidad entre los grupos analizados, indicando que determinados grupos destacan notoriamente en un alto porcentaje de las estaciones.



En este sentido, el valor medio de este año es el más bajo del período 2006-2011, ratificando para el crucero un aumento en la dominancia de algunos los grupos zooplanctónicos en la zona de estudio, principalmente de Arica a Mejillones (**Figura 13 y Tabla 19**).

El índice de similitud de Winer indicó para el período de abril-mayo del 2011, que existe porcentajes altos de coexistencia entre los grupos zooplanctónicos, es decir, que su presencia en forma simultánea en las estaciones no fue escasa. El mayor índice se obtuvo a nivel del 98% entre sinóforos-doliólidos, 85% entre medusas-salpas, 70% entre copépodos y larvas de decápodos, 67% entre nauplis de cirripedios-larvas de bryozoa y 66% entre ostrácodos–quetognatos e isópodos con larvas de bivalvos, en tanto el resto de los grupos asociados no supera el 40% (**Figura 14**).

En general, la distribución latitudinal del índice de Margalef muestra un gradiente de baja intensidad con valores de riqueza mayores de Antofagasta al sur, lo que junto a índices de Shanon-Wiener (diversidad) y Pielou (uniformidad) que disminuyen desde Antofagasta hacia el extremo norte del área prospectada, dan cuenta de la existencia de una zona de transición latitudinal en los 23°S ubicándose el recurso hacia el norte y sur de esta latitud (**Figura 13**).

La comparación de estructuras zooplanctónicas, considerando el número de ejemplares por grupos zooplanctónicos clasificados para el período diurno y nocturno, de acuerdo a una estratificación latitudinal de zona norte, centro y sur, así como longitudinal (1-25; 40-200 mn), muestra al igual que el 2007, 2008, 2009 y 2010, un incremento de número en las taxas hacia el sector costero, lo cual este año es evidente en la zona norte, centro y sur, con una marcada disminución de la abundancia de taxas (19,9;14,2 y 12,4) hacia el extremo sur del área de estudio,



reconociendo en general una participación mayor de especies durante el ciclo nocturno (**Tabla 20**), así como la no existencia de un patrón entre el número de taxas y las estaciones de plancton (**Figura 15**).

Tabla 20.

Número estaciones, especies y ejemplares para las zonas norte, centro, sur (latitudinal), costera y oceánica (longitudinal) y por período del día.

Zona	Distancia A la costa	N° de Estaciones			Número de Especies			N° de Taxas * 10 ⁶		
		Día	Noche	D - N	Día	Noche	D - N	Día	Noche	D - N
Norte	1-25	14	15	29	16	18	18	9,5	14,2	23,7
	40-200	11	15	26	19	19	19	1,8	5,8	7,6
	1-200	25	30	55	19	19	19	11,3	19,9	31,2
Centro	1-25	11	17	28	17	18	18	14,1	10,2	24,3
	40-200	10	11	21	19	19	19	1,8	4,0	5,8
	1-200	21	28	49	19	19	19	15,9	14,2	30,1
Sur	1-25	14	19	33	21	20	21	3,4	8,6	12,1
	40-200	11	11	22	20	20	20	1,4	3,7	5,1
	1-200	25	30	55	21	20	21	4,8	12,4	17,2
Area	1-25	39	51	90	21	20	21	27,0	33,0	60,0
	40-200	32	37	69	20	20	20	5,0	13,5	18,5
	1-200	71	88	159	21	20	21	32,0	46,5	78,5

En la **Tabla 21**, se presenta el porcentaje asociado a cada taxa por zona, sector y período del día, donde los copépodos representan la mayor proporción de ejemplares en el área prospectada, con un 91% y valores que fluctúan entre un 82,9 y 93,7%, seguido en menor proporción por quetognatos y apendicularias con un 3% y 2%, mientras que el resto de taxas (larvas de cifonautas, poliquetos, nauplis de cirripedios, ostrácodos, larvas de decápodos, pterópodos y eufáusidos) alcanzan el 2,7%, con valores individuales en torno a 0,3 y 0,5%. Luego, al igual que años anteriores, los copépodos representan el mayor aporte del total de ejemplares observados en las 28 taxas registradas, sin destacar este año en particular el alto porcentaje de participación de pterópodos como se observó el 2010 en la zona de estudio.



Dado que el número de grupos observados por zona difiere y existen taxas con una baja representatividad, que pudiese influenciar los resultados de la prueba, se optó por considerar solo 10 grupos zooplanctónicos ($>0,3$ y presente en todos los estratos), los cuales representan el 99% del total de individuos observados en las tres zonas (**Tabla 21**).

Los resultados indican que existe evidencia muestral para rechazar la hipótesis de igualdad de estructuras zooplanctónicas entre períodos del día y los sectores longitudinales (p -valor $< 0,001$ a un 95% de confianza. **Tabla 22**). Los grupos que contribuyen al rechazo de la hipótesis de igualdad son para el día los copépodos, quetognatos, apendicularias y pterópodos (**Figura 16**).



Tabla 21.

Porcentaje de ejemplares por grupo zooplanctónico, según zona latitudinal - longitudinal y período del día.

Taxa	Distancia a la Costa		Zona Latitudinal			Período		Total
	1-25	40-200	Norte	Centro	Sur	Día	Noche	
Anfípodos	0,1	0,2	0,1	0,12	0,1	0,1	0,2	0,1
Apendicularias*	1,9	1,4	1,9	1,0	2,9	1,1	2,3	1,8
Cladóceros	0,08	0,27	0,1	0,06	0,25	0,1	0,16	0,1
Copépodos*	92,4	87,1	93,7	93,2	82,9	93,1	89,8	91,1
Ctenóforos	0,01	0,01	0,008	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0
Doliólidos	0,05	0,3	0,03	0,04	0,4	0,1	0,1	0,1
Estomatópodos	0,000	0,005		0,001	0,003	0,002	0,001	0,0
Eufáusidos*	0,1	0,2	0,0	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1
Foraminíferos	0,00	0,1	0,00	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Heterópodos	0,08	0,3	0,1	0,2	0,038	0,1	0,2	0,1
Isópodos	0,002	0,01	0,003	0,00	0,004	0,005	0,002	0,0
L.Bryozoa	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,004	0,0	0,0
L.Cypris	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L.Decápodos*	0,4	0,2	0,3	0,3	0,6	0,3	0,4	0,37
L.Eufáusidos*	0,2	0,6	0,2	0,1	0,9	0,2	0,4	0,30
L.Gastropodos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L.bivalvos	0,00	0,000	0,0	0,000	0,01	0,0	0,00	0,0
L.brachiopodos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L.cifonautas*	0,6	0,2	0,3	0,3	1,1	0,4	0,6	0,48
L.equinodermos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Medusas	0,1	0,2	0,0	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1
Nau.Cirripedio*	0,5	0,004	0,3	0,7	0,00	0,6	0,3	0,40
Nauplis	0,04	0,1	0,060	0,033	0,1	0,0	0,08	0,1
Ostrácodos*	0,3	0,7	0,2	0,4	0,8	0,3	0,4	0,39
Poliquetos*	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,46
Pterópodos*	0,2	0,7	0,1	0,2	1,0	0,3	0,4	0,35
Quetognatos*	2,1	6,2	1,7	2,4	6,8	2,6	3,4	3,07
Radiolarios	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Salpas	0,1	0,1	0,0	0,1	0,5	0,1	0,2	0,1
Sifonóforos	0,1	0,5	0,2	0,1	0,4	0,1	0,3	0,2
Trocósfora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

* Taxas seleccionadas para modelamiento.

**Tabla 22.**

Tamaño de muestra, hipótesis, estadístico de Wald y valor p para el análisis por zona (latitudinal – longitudinal) y período del día.

Estrato	Hipótesis	Wald	p.value
Zona	Ho: norte=centro=sur	1.694.490	< 0,001
	Ho: norte=centro	142.943	< 0,001
	Ho: norte=sur	980.0919	< 0,001
	Ho: centro=sur	1.246.658	< 0,001
Distancia a la costa	Ho: 1-25 mn = 40-200 mn	899.337	< 0,001
			< 0,001
Período día	Ho: Día=Noche	141.267	< 0,001

4.3.4 Biomasa zooplanctónica

A objeto de obtener un valor estimativo de la productividad secundaria de la zona de estudio y de sus fluctuaciones, los volúmenes de desplazamiento húmedo del zooplancton se expresan en mililitros presentes en 1000m³ de agua filtrada, encontrándose que dichos valores en su dimensión individual muestran un rango de variación este año, con un marcado predominio de volúmenes intermedios de biomasa sin registrar biovolúmenes categorizados en un intervalo superior como lo registrado el 2010 (**Figura 17**).

La distribución espacial de la biomasa compuesta principalmente por copépodos quetognatos y apendicularias, señaló que las mayores abundancias se localizaron principalmente en las estaciones más cercanas a la costa, desde punta Camarones a caleta Chipana y de punta Blanca a caleta Errazuriz, además de un foco a 70 mn frente a rada Paposó, con valores de 300 y 900 ml/1000m³, respectivamente. En general, la categoría de biomasa 101-300 ml/1000m³ agrupó el 72% de las estaciones, observando una gran extensión latitudinal en la zona prospectada, alcanzando en el norte las estaciones más oceánicas para luego reducirse en



sentido longitudinal desde Mejillones al sur, mostrando la biomasa zooplanctónica una concentración mayor al norte de la Península de Mejillones (**Figura 17**).

4.4 Objetivo específico 2.4. Determinar la composición de los principales ítems alimentarios del jurel en el área de estudio

4.4.1 Composición de los principales ítems alimentarios de jurel

En el estudio se obtuvieron 203 estómagos provenientes de 7 lances con capturas de jurel, efectuados durante el crucero de evaluación por el PAM Eperva 64 y a través de 14 muestreos realizados a bordo de los cerqueros Aventurero, Corpesca I y Tornado, durante la evaluación en la zona de estudio. Los estómagos fueron analizados en laboratorio determinando estómagos con contenido en un 48,28 y 27,09% con escamas (**Tabla 23**), producto de la maniobra de cierre de la red de cerco que provocaría el roce y desprendimiento de las escamas, las cuales serían involuntariamente “tragadas” por el jurel, lo cual ha sido señalado en trabajos de Medina y Arancibia, 2002 y Martínez *et al.*, 2008.

**Tabla 23.**

Número de estómagos y porcentaje con y sin contenido.

	Nº Estómagos	Porcentaje
Estómago con contenido	98	48,28
Estómago con escamas	50	24,63
Estómago vacíos	55	27,09
Total	203	100,00
ESTADO ESTÓMAGO		
Estómagos distendidos	8	3,94
Estómagos llenos	11	5,42
Estómagos semilleros	62	30,54
Estómagos evertidos	17	8,37
Estómagos (Vacío/escamas)	105	51,72
Total	203	100,00
ESTADO CONTENIDO		
Contenido digerido	51	52,04
Contenidos semidigerido	47	47,96
Contenido entero		
Contenido fresco		
Total	98	100,0

4.4.2 Importancia de las presas

Este índice de importancia relativa indicó que las presas de mayor relevancia tanto en número, peso y frecuencia de aparición fueron los correspondientes al grupo de crustáceos con un IIR= 97,86% compuesto principalmente por *Calanus australis* (59,36%) y *Euphausia mucronata* (31,40%), seguido en una menor proporción por *Emerita analoga* (4,11%) y *Homalaspis plana* (2,95%), mientras que los peces de la familia Myctophidae alcanzaron un IIR= 2,14%, de acuerdo a los resultados de 203 estómagos analizados (**Tabla 24**).

**Tabla 24.**

Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparici3n (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel

ÍTEM PRESA	N (%)	P (%)	F(%)	IIR
CRUSTÁCEOS	99,66	88,55	74,42	97,86
<i>Euphausia mucronata</i>	6,23	50,58	21,43	31,40
<i>Emerita analoga (zoea)</i>	0,08	14,12	11,22	4,11
<i>Homalaspis plana (megalopa)</i>	1,64	7,69	12,24	2,95
<i>Isópodos</i>	0,01	0,06	1,02	0,004
<i>Triphana malmi</i>	0,01	0,03	1,02	0,001
<i>Calanus australis</i>	91,67	15,71	21,43	59,36
Restos crustáceos	0,02	0,36	3,06	0,03
CEFALÓPODOS	0,01	0,18	1,02	0,005
<i>Octopodidae</i>	0,01	0,18	1,02	0,005
MICTÓFIDOS	0,33	11,27	12,24	2,14
<i>Higophum proximun</i>	0,31	7,42	9,18	1,83
Restos mictófidos	0,02	3,85	3,06	0,31
Total (%)	100	100	<100	100

4.4.3 Índice de estrategias alimentaria

Según el indicador de coeficiente dietario de Hureau (Q), las presas principales de la dieta alimentaria del jurel de la zona norte, son los copépodos y eufáusidos (*Euphausia mucronata*). Las otras presas se identificaron como contenido accidental ($Q \leq 20$) (Tabla 25).

**Tabla 25.**

Indicador de coeficiente dietario de Hureau (Q) en la dieta de jurel.

ÍTEM PRESA	TOTAL	
	Q	%Q
CRUSTÁCEOS		
<i>Euphausia mucronata</i>	314,86	17,78
<i>Emerita analoga (zoea)</i>	1,16	0,07
<i>Homalaspis plana (megalopa)</i>	12,59	0,71
<i>Isópodos</i>	0,00	0,00
<i>Triphana malmi</i>	0,00	0,00
<i>Calanus australis</i>	1440,27	81,31
Restos crustáceos	0,01	0,00
CEFALÓPODOS		
<i>Octopodidae</i>	0,00	0,00
MICTÓFIDOS		
<i>Higophum proximum</i>	2,33	0,13
Restos mictófidos	0,09	0,00
Total		100,00

Q < 20 Accidental; 20 < Q < 200 Secundario y Q > 200 Principal

En este sentido, la **Figura 18** muestra que jurel tiene tendencia a ser un depredador tipo selectivo, donde las muestras que aparecen como puntos más lejanos a la intersección entre los ejes, pueden indicar su preferencia por los crustáceos tipo copépodos y eufáusidos (*Euphausia mucronata*), por sobre las otras presas que conforman su dieta alimentaría, como algunos crustáceos, Mictófidos y Cefalópodos que en la figura aparecen como los puntos más cercanos al vértices de los ejes.



4.4.4 Selectividad de las presas por tamaño

En la **Figura 19** se presentan las distribuciones de frecuencias de los valores del índice de selectividad de Ursin (ISU) de las principales presas, graficados independientemente por taxón. Las amplitudes indican el rango de tamaños que el jurel consume; a mayor amplitud (cuanto más ancho sea la base de la curva) indica un rango de tamaño mayor, es decir, no tiene preferencia única por un tamaño en particular.

Luego, la grafica muestra que existen distribuciones no normales en la razón entre el ISU y el % frecuencia de algunas presas, donde las especies principales *Calanus australis* y *Euphausia mucronata* presentan ISU entre 3 y 6, mientras que algunas especies de crustáceos alcanzan ISU= 9.

En general, todas las presas presentan distribuciones no normales lo que junto a información de tamaño de cada presa (**Tabla 26**), es posible establecer que el jurel no presenta una variación importante en el tamaño de las presas y que de acuerdo a su espectro en la dieta es un predador selectivo, al presentar las distintas presas un rango de tamaño similar y una desviación estándar pequeña indicadora de una fuerte preferencia por presas dentro de un estrecho rango de tamaño.



Tabla 26.

ISU promedio de las principales presas de jurel.

PRESAS	N	ISU PROMEDIO	Desviación Estándar
<i>Euphausia mucronata</i>	20	4,84	1,17
<i>Calanus australis</i>	21	5,29	0,95
<i>Higophum proximun</i>	9	5,23	0,89
<i>Emerita analoga (zoea)</i>	11	7,86	0,91
<i>Homalaspis plana (megalopa)</i>	12	6,69	1,55
Restos crustáceos	3	6,73	0,99

4.5 Objetivo específico 2.5. Determinar la fauna acompañante y su importancia relativa en los lances de pesca de identificación

4.5.1 Resultados de lances de pesca

En la zona de estudio, de 60 lances de cerco con captura realizados por barcos industriales 15 tuvieron captura de jurel y fueron muestreados, en tanto para el PAM Eperva 64 de 13 lances 7 tuvieron registros de jurel. En la **Tablas 27 y 28** se resume las capturas de jurel realizadas por el PAM Eperva 64 y los barcos de la flota de cerco del norte, pertenecientes a la empresa CORPESCA S.A., y cuyas posiciones geográficas se muestran en la **Figura 1c**. Lances de pesca cuyos registros positivos de captura de jurel coinciden con las áreas importantes de concentración del recurso detectada con equipos acústicos, lo que permitió contar con la información necesaria para la identificación de especies y establecer una estructura de tallas representativa para su distribución espacial en la zona de estudio.



La captura total fue 1.687.000 kg, de las cuales 892.300 kg corresponde a jurel (52,89%), 574.600 kg a anchoveta (34,17%), 127.800 kg a agujillas (7,58%), 58.000 Kg bacaladillo (3,44%) y 32.500 Kg a caballa (1,93%), evidenciando al igual que anteriores evaluaciones efectuadas en la zona una fauna asociada compuestas por un reducido número de otras especies.

4.5.2 Composición por tamaño

Para anchoveta, la estructura de talla registrada en las capturas va desde 12,5 a 17,5 cm de longitud horquilla, con una moda principal entre 14,5 cm, evidenciando una menor cobertura de la estructura de tamaños en esta especie, sin registrar la presencia de ejemplares pre-reclutas, lo que junto a una reducida presencia de pre-reclutas durante abril-mayo del 2010, muestra respecto a noviembre de años anteriores, el predominio de una fracción importante de individuos de mayor tamaño la zona de estudio (2010 y 2011). El peso promedio de los ejemplares fue de 25,7 g para la relación de tamaño–peso establecida sobre 1.450 pares de datos observados, con coeficientes de regresión $a=0,0086$ y $b=2,949$ y un grado de ajuste medio ($R^2=0,76$) (Figura 20a).

Respecto a agujilla, los ejemplares muestreados presentaron tallas entre 14 y 34 cm, agrupándose en torno a una distribución multimodal con moda principal en 18 cm y secundarias a 24, 28 y 31 cm de longitud, donde el 62% se sitió bajo los 24 cm. El peso medio fue de 83,1 g, estimado desde una relación con coeficientes regresivos de intercepto $a=0,0007$, pendiente $b=3,4648$, coeficiente de correlación $R^2=0,94$ y $N=99$ (Figura 20b).

La caballa presentó dos rangos de tallas independientes entre sí, 23 a 28 cm con una distribución bimodal y modas en 25 y 26 cm, además de 33 a 38 y moda en 36 cm. Recurso que junto a anchoveta y agujilla, estuvieron presente en las capturas de la



flota y crucero de evaluación, siendo la caballa más recurrente en las capturas de la flota. Para caballa se obtuvo un peso medio de 356,7 g, estimado desde una relación longitud-peso (N=75) y coeficientes de regresión de $a=0,007$, pendiente $b=3,1637$ y coeficiente de correlación $R^2=0,99$ (**Figura 20c**).

En relación a las otras especies observadas como fauna acompañante, el mote presentó una distribución unimodal con una amplitud de 7,5 a 10 cm, y moda en 8,5 cm. En tanto el pez volador se registró en ejemplares de 20 a 28 cm con una presencia numérica baja. (**Figura 21 d y e**).

4.5.3 Proporción y composición fauna acompañante

En los lances pesca con éxito en la captura de jurel, esta especie representó el 52,89% y un 47,11% correspondió a fauna acompañante. Las especies presentes asociadas fueron anchoveta *Engraulis ringens* (34,17%), agujilla *Scomberesox saurus scombroides* (7,58%), bacaladillo *Normanichthys crockery* (3,44%) y caballa *Scomber japonicus* (1,93%).

En la evaluación las mayores proporciones de captura se obtienen entre jurel (59,24%) y anchoveta (24,38%), en tanto en la flota estas se mantienen con jurel (48,78%) y anchoveta (40,49%), mientras el resto de las otras especies muestran bajos volúmenes en ambas fuentes de muestreo, verificando el carácter monoespecífico en las capturas de jurel en la zona de estudio, al igual como se ha establecido en el área de su pesquería en el sector centro-sur del país. Asimismo, este año al igual que el 2007-2009 y 2010, no se apreció la alta recurrencia de jibia en las capturas de jurel, como fue observado durante el 2006, cuando este recurso registró una fuerte disponibilidad en el área de estudio.



Tabla 27.

Información de captura en peso de jurel y fauna acompañante en los lances de pesca realizados por PAM Eperva 64.

LANCE	BARCO	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	Capturas (Kg)					
						Jurel	Anchoveta	Bacaladillo	Caballa	Agujilla	Total
1	Eperva 64	15/04/2011	1717	27° 10'S	71° 16'W	69.700				300	70.000
2	Eperva 64	16/04/2011	2011	26° 37'S	70° 52'W	48.000				2.000	50.000
3	Eperva 64	18/04/2011	0855	25° 31'S	70° 50'W	70.000			29.000	1.000	100.000
4	Eperva 64	19/04/2011	1600	25° 05'S	70° 33'W		2.000	58.000			60.000
5	Eperva 64	27/04/2011	0308	23° 41'S	70° 37'W		2.000				2.000
6	Eperva 64	28/04/2011	0610	22° 28'S	70° 39'W	149.000	500			500	150.000
7	Eperva 64	29/04/2011	1515	22° 10'S	70° 24'W	9.000	500		500		10.000
8	Eperva 64	04/05/2011	0910	20° 54'S	70° 27'W	29.600			400		30.000
9	Eperva 64	05/05/2011	0918	20° 30'S	70° 27'W	17.000	32.500		500		50.000
10	Eperva 64	07/05/2011	1103	19° 12'S	70° 22'W		4.000				20.000
11	Eperva 64	08/05/2011	1200	18° 50'S	70° 55'W		20.000			16.000	20.000
12	Eperva 64	09/05/2011	0921	18° 26'S	70° 35'W		39.900		100		40.000
13	Eperva 64	09/05/2011	1803	18° 26'S	71° 34'W		60.000				60.000
						392.300	161.400	58.000	30.500	19.800	662.000

Jurel *Trachurus symmetricus murphyi*, (59,26%), Anchoveta *Engraulis ringens* (24,38%), bacaladillo o mote *Normanichthys crockery* (8,76%), caballa *Scomber japonicus* (4,61%) y Agujilla *Scomberesox saurus scombroides* (2,99%).



Tabla 28.

Información de captura en peso de jurel y fauna acompañante en los lances de pesca realizados por flota cerco.

LANCE	BARCO	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	Capturas (Kg)				
						Jurel	Anchoveta	Caballa	agujillas	Total
1	Aventurer	18/04/2011	0435	23° 07'S	70° 51'W	4.000		2.000	34.000	40.000
2	Aventurer	20/04/2011	0625	21° 47'S	70° 22'W	5.000	50.000			55.000
3	Aventurer	20/04/2011	1145	21° 44'S	70° 19'W	20.000	35.000		5.000	60.000
4	Aventurer	26/04/2011	0805	22° 32'S	70° 31'W	5.000	10.000			15.000
5	Aventurer	26/04/2011	1110	22° 34'S	70° 31'W	10.000	20.000			30.000
6	Aventurer	04/05/2011	1525	20° 36'S	70° 20'W	1.000			29.000	30.000
7	Aventurer	05/05/2011	1200	22° 36'S	70° 31'W	5.000	20.000			25.000
8	Aventurer	06/05/2011	0730	20° 38'S	70° 34'W	60.000	20.000			80.000
9	Corpesca	20/04/2011	1250	22° 09'S	70° 40'W	20.000	40.000		20.000	80.000
10	Corpesca	20/04/2011	1726	22° 11'S	70° 48'W	10.000	20.000			30.000
11	Tornado	26/04/2011	0650	22° 31'S	70° 28'W	20.000	20.000			40.000
12	Tornado	26/04/2011	1510	22° 27'S	70° 39'W	20.000	50.000		20.000	90.000
13	Tornado	27/04/2011	0940	20° 23'S	70° 51'W	70.000	80.000			150.000
14	Tornado	05/05/2011	0945	22° 49'S	70° 29'W	50.000	50.000			10.000
15	Tornado	10/05/2011	1020	21° 39'S	70° 36'W	200.000				200.000
						500.000	415.000	2.000	108000	1025.000

Jurel *Trachurus symmetricus murphyi*, (48,78%), Anchoveta *Engraulis ringens* (40,49%), caballa *Scomber japonicus* (0,20%) y Agujilla *Scomberesox saurus scombroides* (10,54%),



4.5.4 Análisis de asociación

El análisis de clusters por especie para los distintos años presenta 3 grupos importantes, determinado con un nivel de similaridad del 60%, el primero compuesto por las especies *Loligo sp* (calamar) *D. gigas* (jibia) *E. ringens* (anchoveta) *S Japonicus* (caballa) y *T Symmetricus m* (jurel), donde estas dos ultimas especies forman un subgrupo con similaridad mayor cercana al 100%. Un segundo grupo compuesto por *Myctophidae* (mictófidos), *Scorpiis chilensis* (pampanito), *Prodatilus jugularis* (blanquillo), *Serirolella violeacea* (cojinoba), *Vinciguerria sp* (vinciguerria), *Coryphaena hipuurus* (palometa), *Cnidarios* (medusas) y *Munida sp* (langostino) muestra similitud del 89%, en tanto un tercer grupo constituido por *Euphausia sp* (eufáusidos), *Sardinops sagax* (sardina), *Normanichthys crockery* mote y *Scomberesox saurus scombroides* (agujilla), *Munida sp* (langostino) y tiene similitud de 78%. (**Figura 21a**). Destaca en este análisis las especies anchoveta y caballa como principales en la fauna íctica asociada a jurel, tanto en los lances de la flota como en crucero de evaluación, lo cual pudiera ser explicado por una sobreposición trófica entre estos recursos, al reportarse ítemes de presas similares como son eufáusidos, peces linternas y anchoveta (Medina y Arancibia, 1998).

El análisis de la importancia relativa de las capturas por especies en los lances de pesca, muestra un agrupamiento jerárquico de jurel-caballa con un alto nivel de disimilitud respecto a las otras especies, coincidiendo con los resultados alcanzados en el análisis de frecuencia de estos recursos (**Figura 21b**), observando para anchoveta, jibia y agujilla valores menores de disimilitud. Para el total de especies restantes, los niveles alcanzados se explican por una alta importancia relativa de las capturas de jurel en relación a las otras especies, tanto en el crucero de investigación como pesca comercial, destacando un agrupamiento de caballa-jurel no sustentado por la proporción en peso que presenta este recurso, sino mas bien por la recurrencia



de caballa en las capturas de jurel para la serie de años analizados, lo que evidencia la existencia de mezcla en las capturas (2006-2011).

4.6 Objetivo específico 2.6 Determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia de jurel en el área de estudio

4.6.1 Condiciones meteorológicas

Durante el crucero los vectores de vientos registrados con una frecuencia horaria muestran un predominio de intensidades débiles a moderadas, registrando el 33.9% de los vientos intensidades menores a 5m/s, el 48,8% entre 5 y 10m/s y un 17.3% mayores a 10m/s (**Figura 22a, b y c**).

Los vientos en el rango de menor intensidad se ubicaron desde los 19° a 21°S y 23° a 24°S, los intermedios cubrieron toda la zona, mientras que los vientos de rango mayor lo hicieron especialmente desde los 24°S al sur.

En la zona se apreció el predominio de vientos provenientes del segundo y tercer cuadrante en el 99% de los registros totales y 97% en las mediciones costeras, donde vientos del S, SE, E representaron direcciones altamente favorables a la mecánica de los procesos de surgencias.

En este sentido, el índice de surgencia promedio latitudinal (IS) calculado para el área costera de las primeras 30 mn (Bakun, 1975), registró un máximo de 3.093 m^3/s^3 entre sur punta Coloso (T14) y rada Paposó (T17), y mínimos de 101 y 202 m^3/s^3 entre rada Paposó y sur punta Ballenita (T19) y entre norte punta Colorada (T5) y pabellón de Pica (T7) (**Figura 22d**). Del mismo modo, el índice de turbulencia promedio (IT) costero muestra un máximo de 1.465 m^3/s^3 entre sur punta Coloso



(T14) y rada Paposo (T17), y un mínimo de $83 \text{ m}^3/\text{s}^3$ en el sector de Chañaral, mientras que hacia alta mar fue de $2.095 \text{ m}^3/\text{s}^3$ frente Caldera (T22) y $161 \text{ m}^3/\text{s}^3$ frente a Patillos (T5). En general, el sector oceánico presenta IT de mayor magnitud que el sector costero (**Figura 24c**), con valores que no superan los $500 \text{ m}^3/\text{s}^3$ en la costa y entre 500 a $1000 \text{ m}^3/\text{s}^3$ en el sector oceánico (**Tabla 29**).

Tabla 29.

Índices de Surgencia y Turbulencia promedio por grado de latitud derivado de los vientos horarios medido sobre el track de navegación. Abril-Mayo 2011.

LATITUD MEDIA	INDICES PROMEDIOS		
	IS m^3/s^3	IT costero m^3/s^3	IT oceánico m^3/s^3
18° 30'S	1.367	491	366
19° 30'S	918	232	632
20° 30'S	202	248	161
21° 30'S	1.051	543	450
22° 30'S	1.640	718	578
23° 30'S	838	383	383
24° 30'S	3.093	1.465	949
25° 30'S	358	173	1.036
26° 30'S	101	86	1.055
27° 30'S	543	271	2.095

4.6.2 Condiciones oceanográficas

4.6.2.1 Condiciones oceanográficas horizontales

Se entrega la distribución horizontal de las variables oceanográficas medidas, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (expresada como sigma-t), profundidad de la capa de mezcla, profundidad (m) de la isoterma de 15°C , profundidad-espesor de la termoclina y circulación geostrófica referida a 600 m.



a) Temperatura

El rango de temperatura superficial del mar (TSM) en el área de estudio (**Figura 23a**) fluctuó entre 14,1° y 22,1°C. El mínimo térmico se ubicó a diez milla náutica frente a punta Obispo (26°45'S), mientras que el máximo se observó a 20 mn frente a punta Camarones (19°15'S). En general, aguas cálidas de características subtropicales (>20°C) se ubicaron como foco en el sector oceánico desde Arica a Mejillones, alcanzando la costa entre caleta Chipana y punta del Urcu, interrumpiendo un gradiente térmico intenso desarrollado en la franja costera (<20 mn) entre Arica a punta Lobos, el cual al sur de Antofagasta, se debilita al extenderse hacia el sector oceánico y cubrir un área mayor.

La distribución de temperatura anterior esta asociada a anomalías térmicas (ATSM), que van de -2 a 4,4 °C y donde predominan valores entre -1 a +1°C en la zona de estudio (**Figura 23b**). En general, el área prospectada registro pocas ATSM positivas en focos asilados y pequeños, con un valor máximo de +2°C entre del Urcu y caleta Chipana, siendo lo más recurrente ATSM negativas en la zona, con un foco principal ubicado el noroeste de la zona de estudio. Anomalías negativas que también se registran en la franja costera y están asociadas a procesos de surgencia que son más intensas de Antofagasta al sur, al registrar valores mayores a 1 y 2°C, así como vientos con dirección-intensidad que favorecen este proceso.

Esta distribución térmica es consistente con la TSM obtenida desde imágenes satelitales para abril del 2011 en la zona de estudio, donde en el sector oceánico de Arica a Mejillones (23°S) se mantiene temperaturas superficiales del mar altas (>22°C) y más bajas (<18°C) hacia la costa, alcanzando al sur de Mejillones TSM mínimas que se extienden hacia el sector de alta mar. En mayo el patrón de distribución se mantiene con una reducción de la TSM desde Arica a punta Blanca y valores similares hacia el sur (**Figura 37**).



b) Salinidad

Los valores de salinidad superficial psu (**Figura 23c**) variaron entre 34,3 a 35,4 psu. El mínimo se observó en el sector costero a 10 mn de la costa frente a Caldera, mientras que el valor máximo se registró en el sector oceánico a la cuadra de punta Junín (100 mn). La distribución de salinidad superficial fue consistente con la distribución de TSM, al ubicarse valores mayores a 35,0 psu asociado a aguas cálidas Subtropicales entre Arica y Mejillones, con máximos de salinidad ($>35,0$ psu) centrado en punta Junín ($19^{\circ}40'S$), caleta Chipana ($21^{\circ}20'S$) y Mejillones ($23^{\circ}S$). Las menores salinidades se ubicaron en la costa, al disminuir al norte de mejillones de 35,0 a 34,75 psu, registrando hacia el sur valores $<34,8$ psu en el océano y $<34,6$ en la costa.

Las anomalías de salinidad (ASSM) variaron entre -0,4 a +0,4 psu, con una distribución que muestra similitud con la anomalías de TSM, al reunir valores positivos ($>0,1$ psu) frente a punta Junín, Chipana y Mejillones (**Figura 23d**). En la costa predominaron valores negativos, exceptuando el sector de caleta Chipana a punta del Urcu, donde aguas calidas de mayor salinidad alcanzan la costa, en tanto el mayor valor negativo 0,23 (absoluto) se registró en el extremo noroeste del área de estudio.

c) Sigma-t (Densidad-1000 kg/m³)

La distribución horizontal de sigma-t varió entre el mínimo de 24,3 y 25,9 kg/m³. Asociada a la distribución de las menores TSM se registran las mayores densidades en la franja costera para toda la zona, las que se proyectan hacia el oeste con densidades > 25 kg/m³ frente a caleta Patillo, Antofagasta y Caldera (**Figura 24a**). Las menores densidades se midieron en el sector oceánico frente a Pisagua, caleta Chipana y Mejillones, asociado al área de mayores TSM, sin registrar variaciones importantes en densidad del agua de mar hacia el sur, quedando este sector



caracterizado por la isopicna de 24,8 psu. Entre el sector costero y oceánico se produce una área de gradiente de densidad que se extiende a lo largo de la costa, el cual disminuye su intensidad al sur del área de estudio.

d) Distribución horizontal de capa de mezcla, profundidad y anomalía de la isoterma de 15°C

El espesor de la capa de mezcla varió de 0 a 36 m (**Figura 24b**), con un predominio de profundidades entre 5 a 10 m en el sector oceánico y algunos focos de mayor profundidad frente a Arica, rada Paposos y Chañaral, reconociendo un mayor tamaño y valor a 90 mn frente a Chañaral (>30 m), evidenciando la presencia de una capa de mezcla mayor desde punta Blanca al sur. En el sector costero la CM registra valores bajo 5 m, registrando un leve aumento a la cuadra de Chipana producto de la intrusión de aguas de mayor temperatura y salinidad.

La profundidad característica de la isoterma de 15°C (**Figura 24c**) presentó un valor máximo de 74 m, en tanto los mínimos estuvieron ligados a la costa con valores entre 10 y 20 m, destacando extensiones hacia el oeste de baja profundidad en caleta Patillo y punta Coloso, siguiendo el comportamiento de isobatas 30 m. Hacia la alta mar la profundidad de la isoterma de 15°C aumenta, registrando niveles mayores a 50 m asociados claramente a focos de mayor TSM y salinidad ubicados en el sector oceánico de Arica a Mejillones, así como en la costa frente Chipana. En tanto profundidades bajo los 50 m se hacen fuertes hacia el sur del área de estudio. Las anomalías de profundidad fluctuaron entre -29 a +27 m sobre el valor promedio, con un marcado predominio de valores entre -10 y +10 (**Figura 24d**). La zona de estudio presentó anomalías positivas en el sector oceánico con focos pequeños y aislados mayores a 10 m, registrando mayor tamaño frente a península de Mejillones (>10m) y a 20 mn de Iquique (>20m). Del mismo modo, anomalías negativas aisladas



registran incrementos frente Arica, de punta Blanca a Mejillones y al oeste de punta Coloso.

e) Espesor de la termoclina y profundidad base termoclina

El espesor de la capa de mezcla (ET) varió de 0 a 30 m (**Figura 25a**), con un predominio de profundidades mayores (>15 m) desde Arica a Mejillones, con algunos focos aislados de mayor profundidad reconociendo un mayor tamaño y valor a 70 mn frente a punta Colorada y 10 mn de punta Camarones (>25 m), mientras que hacia el sur se registra isoclinas de 10 y 15 m, evidenciando la presencia de una capa de mezcla menor desde Mejillones al sur. En general, el sector de las primeras 5 mn en toda la zona, registra ET bajos respecto al sector oceánico, al no superar los 10 m, excepto entre caleta Chipana y punta del Urcu, en donde esta fue mayor a 15 m.

La profundidad base de la termoclina varió en un rango de 7 a 63 m (**Figura 25b**). Las menores profundidades están asociadas al sector costero, con valores menores a 30 m, destacando en el sector oceánico el predominio de profundidades base mayores (30-50 m), donde se registra una zona mayor con núcleo cuyo valor sobrepasa los 50 m a 40 mn de Iquique y 70 mn de caleta Chipana, en tanto las menores (<20m) se ubicaron a 5 mn de Antofagasta y rada Paposó.



4.6.2.2 Análisis distribución vertical de las variables oceanográficas

A continuación, se entrega el análisis de la distribución vertical de cada una de las variables oceanográficas registradas durante el estudio, en cada una de las transectas evaluadas en el área de prospección.

a) Temperatura

La temperatura vertical se muestra en las **Figuras 26 y 27**. En ellas se observa una estratificación térmica dentro de los primeros 60 m, siendo esta capa de carácter variable en espesor e intensidad. De Arica a pabellón de Pica (T7), la termoclina se presenta intensa y más superficial a lo largo de la sección vertical, mientras que de caleta Chipana (T8) al sur, la capa de mezcla aumenta generando una profundización de la termoclina de 20 a 40 m, siendo la excepción las secciones ubicadas frente a punta Coloso (T14), punta Obispo (T21) y Caldera (T22), donde la capa de mezcla fue mas delgada.

En general para la zona de estudio, se presentó una capa superficial (0 a 100 m), de gradientes térmicos y perturbaciones asociadas al levantamiento de las isolíneas (20 mn) hacia la costa, siendo notorio frente a punta Camarones (T3), Junín (T4) y caleta Chipana (T8) (**Figuras 26 a 27**). La capa profunda, bajo la termoclina muestra una pendiente negativa de las isolíneas a la cual se agrega perturbaciones en forma de oscilaciones de las isolíneas a diferentes distancias desde la costa y en diferentes transectas, siendo estas oscilaciones notorias en las secciones de caleta Errazuriz (T13), punta San Pedro (T18) y Ballenitas (T19).

En general, la zona de Arica a Mejillones se caracterizó por tener las más altas temperaturas en superficie del sector oceánico ($> 20^{\circ}\text{C}$), alcanzando hasta las inmediaciones de la costa, en tanto para la zona de estudio, la disminución de la temperatura en superficie con valores $> 21^{\circ}\text{C}$ desde Punta Madrid a punta del Urcu



y $< 19^{\circ}\text{C}$ a la cuadra de Caldera, tiene asociado en el sur una termoclina relativamente menor en espesor y gradiente, pero ubicada a una mayor profundidad respecto de lo que ocurre en el norte de la zona de estudio.

b) Salinidad

La distribución vertical de salinidad se muestra en las **Figuras 28 y 29**. La salinidad al igual que la temperatura, registra en la superficie los mayores valores en el sector oceánico para las secciones más al norte de la zona, originando importantes gradientes salinos (haloclinas) en la costa, con salinidades asociadas a masas de agua Subtropical (AST) que superan los 34,9 psu, dando forma a una capa de salinidad que se adelgaza en espesor y angosta en las secciones hacia el área sur de la zona, con un máximo salino (> 35 psu) ubicado preferentemente al oeste de las 100 mn y que alcanza su máximo acercamiento a la costa entre pabellón de Pica (T7) y punta del Urcu (T9). Capa más salina ubicada en el sector oceánico que está limitado su ingreso hacia la costa, por la presencia de agua de más fría y de menor salinidad que proviene de un núcleo de mínima o de un núcleo de máxima subsuperficial.

En la zona de estudio, también se presenta un núcleo subsuperficial de mínima salinidad (34,3 a 34,8 psu) centrado aproximadamente en los 80 m, caracterizado por un mayor desarrollo dado una menor salinidad y mayor espesor hacia las secciones del sur, donde las transectas de punta Ballenita (T19) a Caldera (T22) muestran su mayor evolución con un núcleo de salinidad mínima, $< 34,3$ psu que abarca gran parte de la transecta en un sentido este-oeste, el cual se intensifica hacia el sur.

En todas las secciones se presenta centrado en los 150 m el habitual núcleo de máxima subsuperficial para esta zona, que corresponde a agua Ecuatorial



Subsuperficial (AESS), el cual está caracterizado por la salinidad de $> 34,8$ psu que presentan espesores mayores en la costa, abarcando un área importante en sentido norte sur como en la vertical (250 m), haciéndose más delgado hacia el oeste pero manteniendo su nivel central de 150 m. Hacia el sur, de punta Blanca (T10) forman núcleos pequeños aislados con valores de 34,7 psu que se hacen más costeros y delgados hacia el límite sur. En general, de este núcleo de máxima salinidad asciende hacia la superficie en la costa, observando prácticamente en todas las transectas realizadas aguas de este núcleo en la costa, producto del afloramiento asociado a procesos de surgencia costera.

c) Densidad

La distribución vertical de la densidad (en unidades de sigma-t) presentadas en las **Figuras 30 a 31**, muestran una distribución similar a la temperatura en sentido vertical, con una pycnoclina desarrollada que es más intensa, de menor espesor y más superficial entre Arica punta Guasilla (T11), la cual muestra ascensos en el sector costero y una capa de mezcla mayor desde pabellón de Pica (T7) al sur, que profundiza la pycnoclina. Hundimientos de las isopicnas bajo el nivel de 100 m se observa en todas las secciones desde las 80 mn hacia la costa, mientras el sector costero (20 mn) se produce una estratificación vertical y horizontal, por el ascenso de las isopicnas desde una profundidad promedio de 50 m que generan gradientes en ambos sentidos.

Las oscilaciones observadas en profundidad en las isotermas e isohalinas se ven reflejadas en las en oscilaciones presentes en las isopicnas



4.6.2.3 Masas de agua

La identificación de las masas de agua se realizó a través del análisis e interpretación de diagramas TS. Durante el estudio, se observó la presencia de tres tipos de aguas en el área prospectada. Agua Subtropical (AST), Agua Subantártica (ASAA) y Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) (**Figura 32**).

El AST se presenta en la capa superficial de todas las secciones (**Figura 33**), pero de manera más intensa en las secciones entre Arica y caleta Errazuriz (T13), desde donde disminuye bruscamente su participación hacia el sur, con el registro de su presencia en algunas líneas de TS y una escasa participación de rada Paposo al sur. En este sentido, las AST se reconocen con una participación porcentual de las masas de agua (PPMA) sobre 10% en los primeros 90-70 m de profundidad (T1 a T22), con PPMA entre Arica y caleta Errazuriz, que superan el 70% en los primeros 40 m de profundidad. Los más altos porcentajes se ubican en superficie y llegan a 90% en las secciones del extremo norte y hasta 40% en las secciones del sur, disminuyendo el PPMA en la costa respecto al sector oceánico, lo que se intensifica en las secciones de la mitad norte de la zona donde valores menores a 20% se registran en las primeras 10 mn (T21).

El ASAA se aprecia en todas las transectas, con una participación que se intensifica notoriamente hacia el sur de la zona, entre punta Ballenita (T19) y Caldera (T22), asociado a su presencia en superficie junto AST cuyo aporte en este sector fue bastante menor (**Figura 34**). Las ASAA se presentan como un núcleo subsuperficial con PPMA menores a 20% en el límite norte y de 60% en el extremo sur, donde el núcleo principal de ASAA alcanza un valor máximo de 70% a 80 mn frente a Chañaral (T20). Al igual que las AST, esta masa de agua participa activamente en la surgencia, al registrar en el sector costero ascensos de sus isoclinas, generando una mayor participación porcentual en la costa respecto al sector oceánico,



El AESS se registra en todas las transectas con una participaci3n relativa m1s estable, al presentar esta masa de agua un n1cleo desarrollado con un valor caracter1stico y similar en todas las secciones, aun cuando existe una disminuci3n gradual de su participaci3n hacia el sur (**Figura 35**). Es as1 que, de Mejillones (T11) al sur es caracter1stica y notoria una mayor mezcla de AESS con ASAA, que origina una separaci3n de las l1neas de cada estaci3n en los diagramas (T/S), que se intensifica desde Chañaral (T19) a bah1a Salada (T22) en el extremo sur de la zona de estudio.

El AESS (**Figura 35**) ocupan la mayor 1rea en la columna de agua, con un n1cleo principal (>80% PPMA) presente en todas las transectas, el cual esta bien desarrollado y centrado en los 150 m de profundidad en el norte, mientras que hacia el sur se reduce y se acerca a la costa en focos con valores de 60 y 70% PPMA. En este sentido, los mayores niveles de PPMA de esta masa de agua presente de norte a sur, muestran la permanencia de n1cleos ligados a la franja costera, evidenciando el alcance latitudinal de las AESS en el 1rea, con PPMA menores a 10% desde Arica (T1) a Caldera en el sector oce1nico y la fuerte reducci3n longitudinal de los PPMA hacia el sur, participando las AESS en la surgencia con PPMA de 10 y 40%.

En todas las transectas se registra un ascenso de las isol1neas en la costa, que indica para este sector PPMA mayores a lo observado en el sector oce1nico. A nivel de 500 m el PPMA de esta masa de agua supera el 50% en la zona de estudio.



4.6.2.4 Circulación geostrófica

Una vez iniciado el crucero (16/04/11), en la zona de prospección se registra un claro predominio de anomalía del nivel del mar positivas y con ello la presencia de estructuras de meso escala denominado giros anticiclónicos. Estos giros fueron mas recurrentes entre la costa y los 73°W respecto a lo observados en el sector más oceánico, los cuales registran anomalía del nivel del mar que alcanzan los 5 cm. Asimismo, anomalías negativas generan tres focos oceánicos ubicados entre los 72 y 75°W, además de un foco costero desde rada Paposo y Caldera, evidenciando una fuerte dinámica en la circulación geostrófica cuya convergencia de sus flujos en la franja costera, muestra flujos geostróficos hacia el oeste y norte en la zona de estudio (**Figura 36**).

Avanzada la prospección (23/04/11), se produce un notable aumento de las anomalías positivas en el sector más costero, desde Arica a Mejillones, conjuntamente con un importante incremento en las velocidades de la circulación (>5 cm) en la misma área, generando un fuerte flujo hacia el norte y/o hacia el oeste, manteniendo relativamente los giros anticiclónicos oceánicos su tamaño y posición presentes al inicio de crucero, no obstante las anomalías negativas disminuyen levemente sus valores. El 01/05/11, las estructuras de meso escala se mantienen, observando el debilitamiento de las anomalías positiva intensa y la formación de un giro moderado costero entre punta Junín y del Urcu. Además las anomalías negativas oceánicas registran un incremento en los giros ciclónicos que lleva asociado un aumento de las velocidades geostróficas.

Hacia fines del crucero la distribución de estructuras de mesoescala son similares, destacando el fortalecimiento de las anomalías negativas en la franja oceánica frente a Iquique y desde punta Copaca y Caldera, que generan giros ciclónicos definidos pero asociados a bajas velocidades geostróficas hacia el sur, mientras que los giros



anticicl3nicos mantienen su ubicaci3n y 1rea, pero con una leve disminuci3n de las anomal1as en algunos de ellos.

Para el per1odo y 1rea de estudio, la circulaci3n geostr3fica muestra una importante din1mica espacial, destacando unas estructuras cicl3nicas asociadas a la costa, que se generan durante la primera y tercera semana de crucero, impulsando un flujo en sentido sur a norte desde Caldera Taltal y Urdus a Jun1n, coincidiendo estos sector en espacio y tiempo con importantes registros de agregaciones de jurel durante el crucero y donde se concentr3 principalmente las capturas de jurel de la flota industrial en la zona de estudio.

4.6.2.5 Distribuci3n espacial y semanal de la TSM satelital

El an1lisis de la temperatura superior del mar por semana, muestra un decremento de la TSM en la zona norte (**Figura 37**), y el desplazamiento hacia el oeste de las isotermas de menor temperatura presentes en la costa, evidenciando el enfriamiento estacional en el 1rea, lo cual es consistente con los datos de campo del crucero. En las dos primeras semanas, el sector oce1nico registra TSM $>22^{\circ}\text{C}$ desde Arica a Mejillones, mientras que en la costa entre Arica y punta Jun1n alcanzan un rango de 18 a 20°C , disminuyendo y desplazando sus valores hacia el oc3ano y extremo sur. La tercera y cuarta semana, muestran una clara disminuci3n general de las TSM principalmente en el sector oce1nico desde Arica a punta del Urcu ($\sim 21^{\circ}\text{C}$), mientras que hacia el sur se mantiene el mismo patr3n de distribuci3n y valores de TSM. Variaciones de temperatura propias de condiciones locales que se encuentran presente dado la r1pida declinaci3n en la zona intertropical de una "Ni1a" fuerte a condiciones neutras.



4.6.2.6 Distribución de clorofila (Cloa) satelital semanal.

La distribución horizontal de la cloa satelital (**Figura 38**) es coherente con la formación de la banda costera de bajas TSM. En este sentido, las mayores concentraciones de cloa entre Arica y Caldera se asociaron a esta banda de surgencia, con focos de concentración mayor a 2,5 $\mu\text{g/L}$ entre Arica y Antofagasta, destacando Iquique, caleta Chipana y desde punta Blanca a Antofagasta con niveles superiores a 7,5 $\mu\text{g/L}$. Hacia el sur la cloa satelital disminuyen notablemente exceptuando las concentraciones frente a Caldera ($>5\mu\text{g/L}$). Si bien las nubes cubre prácticamente toda el área oceánica, la banda de clorofila costera $< 1 \text{ mg/m}^3$ se mantiene durante las tres semanas siguientes.

4.6.3 Relaciones espaciales de la distribución y abundancia de jurel respecto a las variables bio-oceanográficas

4.6.3.1 Índices de Ocupación (IOC)

De manera general, se puede señalar que la especie se reportó distribuida al norte y sur de Antofagasta en el área prospectada, de preferencia dentro de las 70 mn al sur y 40 mn al norte en la zona de estudio. Respecto a la distribución batimétrica esta indica que el recurso se presentó en la columna de agua desde la superficie hasta aproximadamente los 67 m de profundidad, con una marcada preferencia por los primeros 25 m de la columna de agua donde se presenta la gran mayoría de las celdas (75%). Situación que es similar a lo descrito en años precedentes (Córdova *et al*, 2007 al 2009 y 2011).

Con respecto a los diferentes planos, en la capa que abarca desde 5 hasta los 25 m, la especie presentó una cobertura geográfica con índices de ocupación



(IOC) entre 0,2 0,7 y 5,1 2,9%, con agregaciones muy definidas en la zona de estudio (**Tabla 30 y Figura 39**). En este sentido, la distribución espacial de las agregaciones indica que el jurel se concentró al norte y sur de Antofagasta, con un núcleo principal ubicado a 40 mn de punta Copaca y 10 mn de punta Obispo, en sectores de gradientes térmicos moderados.

En cuanto al índice de ocupación (Nº de píxeles positivas/Nº de píxeles positivos totales), el 88,8% correspondió a píxeles de baja densidad, 9,6% a celdas de mediana densidad y el 1,6% a concentraciones altas (**Tabla 30**), lo que respecto al período de abril-mayo del 2010 muestra una mayor cobertura espacial de las bajas densidades y un marcado decremento de las altas densidades, al registrar el año pasado densidades bajas en un 52,8%, media 34,6% y alta 12,4% (Córdova *et al.*, 2011).

En la capa de 26 a 50 m de profundidad, el jurel exhibió menores concentraciones con una distribución espacial más restringida, un patrón similar al estrato anterior y un índice de ocupación (IOC) más bajo que lo observado en el plano superficial, que alcanzan a 3,3 (densidad baja) y 0,4 (densidad media), de las cuadrículas totales positivas, sin registrar densidades altas y con un claro dominio de la categoría de más baja densidad (**Tabla 30 y Figura 40**).

En general, la primera capa agrupo un mayor número de celdas con registros de jurel (5,8%) respecto a la segunda (3,1%). En ambas capas las bajas densidades ocuparon un mayor espacio con IOC de 5,1y 3,3% respectivamente, registrando altas densidades sólo en la capa superficial.

**Tabla 30.**

Índices de ocupaci3n totales (Nº píxeles por categorías/Nº píxeles totales) e índices de ocupaci3n positivos (Nº píxeles por categorías/Nº píxeles positivos totales) de jurel por estratos.

Estratos	Densidad			
	Baja	Media	Alta	Total
	IOC (celdas totales)			
5 – 25 m	5,1	0,6	0,2	5,8
26 – 50 m	3,3	0,4		3,7
Total	6,6	1,1	0,2	7,9
	IOC (celdas positivas)			
5 – 25 m	88,8	9,6	1,6	100
26 – 50 m	89,2	10,8	0,0	100
Total	84,8	13,9	1,3	100

4.6.3.2 Análisis de asociaci3n

Se realizó un análisis visual de los distintos planos y cartografías. Asimismo, se establecieron tabulaciones cruzadas (cross tabulaci3n) con el propósito de estimar los rangos óptimos de preferencia de la especie en relaci3n los parámetros ambientales y además calcular los coeficientes Cramer de las cartografías de distribuci3n de jurel, respecto de las variables ambientales en los estratos de 5 – 25 y 26 - 50 m, en atenci3n a que cobertura geográfica de jurel fue prácticamente nula en el estrato más profundos (51-200 m).



a) Estrato de 5 a 25 m

En general, el jurel exhibi3 mayores correlaciones con las variables ambientales en el plano 5-25 m., debido a dos factores, por un lado los ejemplares presentaron una cobertura espacial m1s alta (IOC=5,8%) y se distribuyeron en un amplio rango de los par1metros ambientales.

En la zona de estudio dominan las isothermas mayores a 18°C (**Figura 39**), donde la distribuci3n espacial de jurel present3 IOC medidos y asociados a zonas relativamente costeras, con agregaciones muy definidas en lugares de peque1os diferenciales t1rmicos moderados, lo que difiere a lo reportado por Silva *et al.*, 2003 y Y1ñez *et al.*, 2005, quienes indican relaciones entre especies pel1gicas y gradientes t1rmicos m1s intensos. En este sentido, la relaci3n entre los p1xeles con presencia de jurel y la TSM, muestra que el recurso se present3 en un rango de TSM desde los 14 hasta los 20,6°C, con una preferencia entre los 16-18,5°C (**Figura 41a**), lo que es bastante similar a lo reportado para abril-mayo del 2010, donde el jurel se encontr3 entre 14°C y 19,9°C y con un rango 3ptimo de 15-16,9°C, donde este menor rango 3ptimo se explica por la ubicaci3n mayoritaria del jurel al sur de Antofagasta. La cobertura espacial del recurso y su distribuci3n en un amplio rango de temperaturas determin3 que la asociaci3n entre la temperatura y la frecuencia de card6menes fuera significativa ($\chi^2_{\text{calculado}} = 7.638 > 9,5 \chi^2_{\text{tabla (c-1,r-1)}}$), obteniendo para el rango preferencial un coeficiente $V(\text{Cramer})$ de 0,21 (**Tabla 31**), localiz1ndose el jurel en zona con diferenciales t1rmicos entre 0° y 1,32 °C/mn (**Figura 41c**), concentrando su mayor frecuencia en valores menores a 0,3°C/mn (53% de p1xeles), donde los 1ndices $V(\text{Cramer})$ de los gradientes t1rmicos reflejaron solo correlaciones moderadas con un 1ndice de 0,21 (rango 3ptimo).

**Tabla 31.**

Coeficientes de Cramer de las cartografías de distribución de jurel, respecto de las variables ambientales en las capas de 5 a 25 y 26-50 m.

VARIABLE (todo el rango)	5 - 25 m	26 - 50 m
Temperatura (°C)	0,14	0,10
Salinidad (psu)	0,13	0,10
Gradiente térmico (°C/mn)	0,14	0,09
Gradiente salino (psu/mn)	0,13	0,11
Densidad (σ)	0,14	0,07
Eufáusidos (ind/1000m ³)	0,11	0,10
Larvas Eufáusidos (ind/1000m ³)	0,11	0,12
VARIABLE (rango óptimo)	5 - 25 m	26 - 50 m
Temperatura (°C)	0,21	0,13
Salinidad (psu)	0,16	0,11
Gradiente térmico (°C/mn)	0,21	0,14
Gradiente salino (psu/mn)	0,17	0,15
Densidad (σ)	0,24	0,11
Eufáusidos (ind/1000m ³)	0,18	0,16
Larvas Eufáusidos (ind/1000m ³)	0,13	0,14

Nota : Eufáusidos y larvas de Eufáusidos son valores integrados en la columna de agua.

La distribución geográfica de la salinidad mostró aguas más salinas en el sector norte, respecto al sector sur, que genera un diferencial en el sentido norte-sur. En este sentido, la especie muestra una distribución espacial acotada, con agregaciones muy definidas en lugares de diferenciales salinos moderados (**Figura 39**). La proporción entre los píxeles con presencia de jurel y la salinidad muestra que el recurso se presentó en un amplio rango de salinidades desde los 34,3 hasta 35,23 psu, con una preferencia por los 34,6-34,89 psu donde se concentró aproximadamente el 60% de los registros de jurel (**Figura 41b**), lo que es diferente a lo registrado para el mismo



período del año pasado, donde el límite del rango preferencial fue levemente menor (34,6-34,69 psu) (Córdova *et al.*, 2011). El índice de Cramer entre las variables es de 0,16, indicado una asociación moderada entre las variables ($\alpha = 0,05$), en tanto el gradiente salino ($< 0,03$ psu/mn) alcanzó a 0,17 evidenciando una localización del recurso en el entorno del frente mismo (**Figura 41d y Tabla 31**).

En superficie (**Figura 39**), la distribución horizontal de la densidad del agua mostró el predominio de aguas menos densas en el sector oceánico, respecto a una mayor densidad registrada en la franja costera, generando un gradiente de densidad en sentido este/oeste a través de todo el litoral, que determinó valores entre los 24,4 y 25,7 σ_t y la distribución del recurso por el intervalo de 24,6 -25,2 (σ_t) (**Figura 41e**). En general predominaron aguas de menor densidad $< 25,2$ (σ_t) en la zona de estudio, determinado para el recurso y la densidad, a diferencia del año pasado, una asociación significativa con la más alta correlación entre variables alcanzando un buen índice de Cramer de 0,24 (**Tabla 29**).

Los eufáusidos constituyen un grupo relevante por cuanto son un ítems de importancia en la alimentación de jurel, como ha sido reportado por Medina y Arancibia (2002) y Córdova *et al.*, 2009 y ratificado en este estudio.

El comportamiento espacial de los eufáusidos indicó que las mayores concentraciones se ubicaron en las primeras 50 mn de la costa (**Figura 39**), coincidiendo con una fuerte presencia de jurel en este sector, evidenciando el análisis de asociación una relación directa significativa (0,18%) entre altas densidades de eufáusidos y jurel. Relación que sugiere el registro de una etapa inicial en el proceso alimentación (pastoreo) en el sector sur y de etapa final al norte, si se considera que los crustáceos (familia eufáusidos) constituyen el 97% de la dieta alimentaria. Situación que es inversa para larvas de eufáusidos, donde



su abundancia varió positivamente con el jurel, al reunir el mayor número de celdas positivas (90% de los píxeles) en densidades con valores medios a altos, por sobre 900 (ind/1000m³), lo que determinó un índice $V(Cramer)$ bajo, dado probablemente a su menor tamaño como presa (**Figura 47g**).

Plano 26 – 50 metros

Este plano exhibió correlaciones más bajas con los parámetros ambientales respecto del estrato más superficial, debido a dos factores, por un lado los ejemplares presentaron una cobertura espacial más estrecha (IOC= 3,7%) y se distribuyeron en un rango más homogéneo de las variables ambientales.

Para este estrato, la temperatura muestra la repartición del recurso entre los 12 y 19,4°C, con una moda en la isoterma de 16°C (30% de los píxeles) y una ventana óptima entre los 14 y 16,9°C (63% de las celdas), localizándose el recurso en sectores donde se observan leves diferenciales de temperatura y salinidad (**Figuras 40 y 42a y c**). La menor cobertura espacial del recurso y su distribución de temperaturas determinó entre la temperatura y la frecuencia de cardúmenes una asociación baja, con un coeficiente $V(Cramer)$ de 0,13 para el rango preferencial (**Tabla 31**). Situación que también se observó en los diferenciales térmicos, donde la mayor frecuencia estuvo en valores menores a 0,4°C/mn (54% de píxeles), al alcanzar el rango óptimo un índice $V(Cramer)$ de 0,14.

En el plano de 26 – 50 m de profundidad, la salinidad mantiene el patrón de distribución del estrato superficial con valores mayores en el sector norte, mientras que en el sur se mantienen bajos valores de salinidad (**Figura 40**). En este sentido, la menor presencia de jurel en este plano asociado tanto al norte y sur de Antofagasta en la zona de estudio, muestra para el recurso un rango de



distribución entre 34,4 a 35,0 psu, con una preferencia por 34,5 a 34,8 psu (**Figura 42b**). El índice de Cramer tanto para la salinidad (0,11) y gradiente salinos (0,15), muestra una merma respecto a la capa superficial, con valores de asociación relativamente bajos que pueden ser efecto de la disminuida presencia del recurso en esta capa.

En este estrato, la densidad mantiene el mismo patrón de distribución registrado en la capa superficial, manteniéndose el gradiente costa/océano en las primeras 50 mn de la costa, producto del predominio de densidades mayores entre 24,6 y 26,2 (σ_t) en este estrato, con densidades altas en la costa que se extiende hacia el océano y valores menores en el océano a lo largo de la zona de estudio (**Figura 40**). Rango de distribución que no difiere de lo registrado en abril-mayo del 2010 (24,5 a 26,02), evidenciando la presencia de aguas mas densas que lo registrado en primavera del 2007 al 2009, obteniendo una asociación de las variables no significativa ($\alpha= 0,05$), al registrar para el rango óptimo un índice de Cramer de 0,11 (**Tabla 31**).

Con respecto a la oferta ambiental, en este plano la especie mantiene el mismo patrón exhibido en la capa superficial (**Figura 40**), registrando una merma en los niveles de asociación entre las variables biológicas y el recurso que alcanzan a índices $V(Cramer)$ de 0,16 (Eufáusidos) y 0,14 (larvas de Eufáusidos) (**Tabla 31**).

Para la zona de estudio, los rangos preferenciales de jurel este año muestran valores cercanos a lo registrado en la zona prospectada el 2010, donde se observaron temperaturas bastante parecidas a las del crucero, al encontrarse la zona bajo un proceso declinación del evento cálido El Niño 2009-2010 de carácter moderado a fuerte observado en la región Pacífico Ecuatorial y la finalización de un proceso frío y de rápida transición a condiciones ENOS neutrales durante el 2011 (La Niña” en declinación). Asimismo, las agregaciones de jurel estuvieron asociadas a rangos de



salinidad preferenciales semejantes al 2010 (La Niña) y menores al 2006, 2008 y 2009, lo cual se explicaría por la temporalidad del crucero (abril-mayo) el registro de abundancias de jurel hacia el sur donde la presencia de aguas menos salinas es más intenso.



5. DISCUSIÓN

La biomasa de jurel estimada en abril-mayo del 2011 (432.935 t) para las primeras 100 mn, está sustentada principalmente por una concentración del recurso tanto al norte (161.052 t) como al sur (271.883 t) de Antofagasta, mientras que las 539.312 t evaluadas para anchoveta se restringen hacia el sector costero de punta Camarones al sur, no sobrepasando las 50 millas de la costa y hasta las 70 mn frente a Arica y punta Pinto.

La precisión del estimado de biomasa de jurel fue menor (12,32%) a la proyectada en el diseño de muestreo para la prospección (CV =33,80%), al igual que la registrada en abril-mayo del 2010 (CV= 21,00%), donde altas densidades asociadas a una amplia zona concentraron más de 50% de la biomasa, aportando una alta variabilidad al valor estimado en la zona. Situación que este año no se observa, al presentar la distribución de jurel densidades acústicas que determinaron en las primeras 100 mn, un cierto grado de contagio y altos valores asociado a una mayor disponibilidad, pero no de la magnitud registrada el año pasado, lo cual sustenta el nivel de precisión alcanzado en el crucero. Nivel de precisión que se encuentra en el orden de lo registrado para noviembre del 2006 (8,78%); 2007 (12,35%); 2008 (11,12%) y 2009 (11,54%), años donde biomasa entre 18.457 a 274.510 t fueron menores a lo evaluado durante abril-mayo del 2011, encontrándose este valor en el rango de lo registrado durante el invierno en la zona centro sur (8–25%), donde se concentra principalmente su pesquería en el país.

La evaluación de los métodos propuestos para estimar la varianza de la biomasa (Conglomerado, Estrato Agrupado, Bootstrap y Geoestadístico), determinó para jurel una precisión levemente mayor en el método geoestadístico. El mayor aporte a la variabilidad total proviene del muestreo acústico, que es reflejo del patrón de



distribución de los recursos, razón por lo cual en general el método de las variables regionalizadas, entrega indicadores de la variabilidad menor que los otros métodos. En general, los métodos de Estratos Agrupados y Bootstrap entregan mejores indicadores del CV en distribuciones de mayor variabilidad, mientras que los alcanzados con el método de Conglomerado son menores sólo cuando presentan una menor variabilidad entre y dentro de la transecta.

Este año en particular, la anchoveta cuya distribución espacial estuvo eminentemente ligada al sector costero, exceptuando el límite norte donde alcanzó 70 mn de la costa, registra un alto grado de contagio en las agregaciones como es característico en sus distribuciones espaciales de abundancia, detectando focos bien definidos de alta densidad que dan cuenta de una biomasa de 539.312 t, que supera notoriamente lo cuantificado en noviembre del 2006 (340.000 t), 2007 (249.600 t), 2008 (122.252 t), 2009 (257.919 t) y abril-mayo del 2010 (386.641 t), y explica en cierta medida su nivel de precisión alcanzado.

En profundidad, el jurel se concentró totalmente entre 0 y 67 m, con un patrón histórico similar al registrado en las evaluaciones acústicas realizadas en 1985 a 1995, 2002 y 2007-2010, lo cual es bastante distinto a lo registrado hacia el sur, donde el recurso alcanza mayor profundidad (160 a 180 m). Esta diferencia en profundidad concuerda plenamente con una marcada estratificación latitudinal de las tallas observadas históricamente en los desembarques de jurel en el país, al registrar en el norte ejemplares pequeños que no superan los 30 cm, en tanto en el sector sur estos alcanzan tamaños de 45 y 50 cm.

La no existencia de diferencia estadística significativa a un 95% de confianza, entre las distribuciones de tallas obtenidas el 2008 en el cruce de evaluación (red de mediagua) y los muestreos realizados a bordo de naves industriales (red cerco) (Ver Anexo I), permite que los resultados



alcanzados sean comparables con lo registrado en años anteriores. Luego, para la zona de estudio, las 432.935 t estimada para jurel indica un fuerte incremento por sobre el 70%, 300 % y mas, respecto a lo evaluado en noviembre del 2006 (114.600 t), 2007 (272.600 t), 2008 (258.836 t) y 2009 (18.457 t), diferencia positiva que también se refleja en la abundancia en número desde 1.470E+06 el 2006, 1.450E+06 el 2007, 1352E+06 el 2009 para alcanzar este año 2.832E+06. En este sentido, lo evaluado este año no difiere de lo estimado el 2010 (440.358 t), ratificando para el período de abril-mayo una importante disponibilidad del recurso que sugiere la conveniencia de establecer el primer semestre del año, como el adecuado para construir un índice de abundancia de jurel para ser incorporado en los modelos de evaluación indirecta del stock del recurso en el país.

En la zona, cambios importantes en el uso del espacio por parte del recurso se han observado a través de sus distribuciones espaciales, tanto en el sector centro sur con un alejamiento del recurso del sector costero y el desplazamiento durante noviembre en la zona norte de sus centros de gravedad con una marcada tendencia hacia el extremo sur del área de estudio, lo cual es coherente con un desplazamiento hacia el sur de las áreas de pesca de jurel (jefes de flota y capitanes com. pers.) y el aumento de las agregaciones de jurel registradas los últimos años en el sector costero entre la III y IV región (Castillo *et al.*, 2009, 2010 y 2011) sugiriendo un cambio espacial importante para el recurso, el que se ratifica para abril-mayo con la presencia del 99% de la biomasa al sur de Antofagasta el 2010 y un 63% durante el 2011.

Por otra parte, la amplitud de la distribución espacial de jurel y su movilidad, dificulta establecer el área de prospección con fines de evaluación, siendo necesario, dado el carácter alternativo del recurso a la pesquería de anchoveta que no permite disponer de información asertiva de su disponibilidad espacial, contar con la ejecución de prospecciones rápidas que apoyen a la determinación del área de evaluación,



entregando de manera anticipada antecedentes de la distribución espacial del recurso facilitando la incorporación de áreas importante de abundancia de jurel a la evaluación, además de permitir contar con información de muestreo complementaria a la evaluación.

En relación al ambiente, la distribución de las variables, estructuras oceanográficas verticales y sus anomalías para el área y período de estudio, evidenció la entrada de Aguas Subtropicales desde el norte que genera un gradiente longitudinal (Este-oeste) y latitudinal (Antofagasta) de temperatura y salinidad, con valores altos $>20^{\circ}\text{C}$ y predominio de condiciones frías hacia el sur, lo que junto al predominio de anomalías negativas de temperatura, negativa y positivas significativas ($>0,12$ psu) para salinidad, indican que el proceso de enfriamiento general de la zona asociado a “La Niña” en declinación, no se manifiesta en la zona de estudio con la intensidad observada en el mes de diciembre del 2010, y que tanto anomalías negativas como positivas serían consecuencia de procesos locales, tales como giros de mesoescala (cyclónico –anticiclónico) que este año estuvieron más cercanos a la costa, así como eventos de surgencia que generaron gradientes costa océano en ambas variables a lo largo de la zona, registrando los procesos más intensos de Antofagasta al sur.

En la zona se reconoce la presencia de Aguas Subtropicales (AST), Aguas Ecuatoriales subsuperficiales (AEES) y Aguas Subantárticas (ASAA), así como intensidades del viento del S, SE y E que predominaron en el 99,0% de las mediciones totales y 97% de las costeras durante el crucero, favoreciendo el proceso de surgencia a lo largo de la costa, lo cual se refleja en la presencia de AEES de manera recurrente en el sector costero a lo largo de litoral. Asimismo, la alta participación de ASAA al sur de rada Paposó (25°S) asociado a bajas concentraciones de clorofila, muestrean una condición mas fría que el 2010, lo cual puede ser reflejo de la derivación a una fase con condiciones neutras en la zona de estudio.



En este sentido, los resultados de las anomalías que representan la comparación de la información observada (cruce) y un promedio histórico o climatología de la zona, junto con el comportamiento de las variables oceanográficas descritas para el área de estudio, permite aseverar que durante el cruce la zona intertropical se encuentra bajo una rápida declinación del proceso frío fuerte “La Niña” 2010 registrado en el Pacífico Ecuatorial por el Índice Ecuatorial Multivariado (MEI) (NOAA, 2010), y que correspondió a el segundo de la serie histórica desde 1950, la cual pasó a una fase de ENSO neutro (**Figura 43**), como lo establece el predominio de condiciones frías y el rápido comienzo en mayo de condiciones neutras en la zona intertropical, sin observarse en la zona de estudio, anomalías negativas de temperaturas en la magnitud de lo esperado, destacando este año, una transición rápida, acorde a lo observado desde el 2008 al 2011 donde las transiciones de los eventos ENOS son más breves (menores a 3 meses) (**Figura 44**).

En el cruce se registró una fuerte dinámica en los procesos cercanos de meso escala denominados giros, los que claramente modifican las propiedades de la columna de agua. Es así que, el giro ciclónico produce un descenso del nivel del mar y ascenso de aguas bajo la termoclina, generando bajo esta, una perturbación en forma de la cima de una onda en las isolíneas de temperatura, salinidad y densidad, lo cual se ve confirmado por el ascenso de la isoterma de 15° C en el centro del giro, la disminución del espesor de la termoclina por el ascenso de la base de esta y el aumento del gradiente promedio y máximo de la termoclina en esta área casi circular (Bakun 2006). Por otra parte, en el giro anticiclónico el efecto es contrario, ya que genera un levantamiento o monte en el nivel del mar y un descenso de las isolíneas bajo la termoclina, por lo cual esta asociado a perturbaciones en forma de onda, generando la profundidad de la isoterma de 15°C, el aumento del espesor de la capa de mezcla y la disminución del gradiente máximo y de la distribución de la anomalía geopotencial.



Además de estos tipos de giros claramente definidos, la circulación geostrófica, altimetría y distribuciones horizontales de temperatura y salinidad sugieren la convergencia de los giros ciclónico y anticiclónicos que en la franja costera originan un flujo geostrófico hacia el norte y oeste, el cual durante el crucero varía de manera importante entre Arica y Antofagasta, con la presencia de un giro ciclónico estable que incrementa de manera notable sus valores positivos, vinculado a anomalías negativas presentes en la costa, cuyo borde se sitúa en el entorno de la distribución espacial de jurel, lo cual también se observa de manera más distendida entre Taltal y Caldera. En este sentido, estas estructuras alteran la estructura vertical de densidad, que en conjunto con el régimen de viento predominante muestran altos índices de surgencia, los cuales son favorecidos por la intensificación de un flujo hacia el norte, generando transporte que fortalece las aguas que afloran en la costa de este sector, donde se registró capturas comerciales de jurel y la totalidad de las densidades de jurel en la evaluación.

Al respecto, es importante destacar que durante el estudio se observó el fortalecimiento progresivo de importantes anomalías del mar positivas y negativas que generan un fuerte flujo geostrófico hacia el norte y oeste, así como importantes índices de surgencia, concentrando y capturando el recurso en este sector, lo que concuerda con lo registrado en la evaluación del 2010, donde las densidades acústicas de jurel registrada en el crucero y capturas de jurel de la flota industrial, se corresponde en sentido espacio y tiempo, con la presencia de un flujo sur-norte entre Caldera y el entorno de la Península de Mejillones. En este sentido, es importante destacar para este año la sinopticidad del proceso donde se combinan la advección de agua superficial menos salina desde el sur por el jet costero y la surgencia en la península de Mejillones (Braun *et al.*, 2008; Córdova *et al.*, 2007, 2008, 2009 y 2010), la cual está asociada a una zona de transición latitudinal (23°S) al variar la magnitud de los índices comunitarios y su abundancia, ubicándose el recurso hacia el norte y sur de esta latitud.



Al igual que años anteriores, la distribución espacial de jurel durante el crucero muestra una localización en la zona adyacente a la banda costera, correspondiente a límite exterior del área de influencia de la surgencia, mientras que la anchoveta se ubicó dentro de ella, al coincidir con la banda de menores temperaturas y mayores salinidades con las que fueron caracterizada las aguas de surgencia, ratificando una estratificación espacial de los recursos, observado en la zona de surgencia en años anteriores, al ubicarse dentro de ella la anchoveta y por fuera el jurel, como se observó este año desde Iquique a punta Guasilla y Taltal a Caldera. Situación que ha sido descrita para anchoveta en la zona de estudios, donde esta especie está fuertemente relacionada con valores bajos de temperaturas que se encuentran entre el frente térmico-halino y la costa (Castillo *et al.*, 1996).

Por otra parte, los máximos valores de abundancia en los grupos zooplanctónicos en general se concentraron en el sector costero, en tanto la distribución del jurel fue más oceánica, coincidiendo en el espacio la mayor frecuencia de altas y bajas densidades de eufáusidos con las agregaciones de jurel, sugiriendo la detección durante la etapa inicial en el proceso alimentación (pastoreo) en el sector sur y de etapa final al norte, insinuando una posible asociación alimentaria entre los eufáusidos y jurel, dada la importancia de los eufáusidos son ítems importante en la dieta de jurel para la zona norte y sur de Chile. En este sentido, los resultados alcanzados muestran un nivel de asociación buena, siendo un factor importante, si se considera que este año uno de los ítems más relevantes en su dieta fueron eufáusidos (31,40%), reconociendo a jurel como un predador oportunista con una baja selectividad por especies, que actúa sobre aquellas presas que presentan una mayor concentración (copépodos = 59,36%) en la zona de distribución el recurso.

Las evaluaciones hidroacústicas efectuadas en invierno en la zona central de Chile (1997-2010), muestran cambios en la distribución espacial del recurso jurel, así como una fluctuación intranual en las variables bio-oceanográficas, causadas



preferentemente por la influencia de eventos c3alidos y fr3os que han afectado el 3rea. Sin embargo, frente a estas variaciones ambientales el jurel ha presentado rangos preferenciales en las variables hidrol3gicas, lo que muestra que el jurel puede ser clasificado como ambiente georreferenciado, caracter3stica que se ratifica durante este estudio, puesto que el jurel se ubic3 en rangos de preferencia en los distintos estratos (temperatura 15-16,9°C; salinidad 34,3-35,1 psu y densidad 24,6-25,2 σ_t), ratificando esta caracter3stica del recurso.

Luego, bajo este escenario y considerando la trascendencia de los resultados alcanzados en la zona de la pesquer3a (centro-sur) para la administraci3n y manejo del recurso, al detectar un alto porcentaje de ejemplares peque1os (1997) y la disminuci3n importante y sostenida de la disponibilidad de jurel dentro de la ZEE, es necesario mantener este estudio para mejorar el entendimiento de estos procesos a gran escala, lo que junto a otros estudios, permita visualizar y aportar antecedentes sobre una inter relaci3n entre zona de crianza, engorda y desove, validando un modelo conceptual y estructurado de la poblaci3n de jurel. Adem3s de complementar con informaci3n pertinente para la evaluaci3n del stock mediante m3todos indirectos.

Bajo este escenario, es necesario analizar en t3rminos administrativo (proceso asociado a licitaci3n y ejecuci3n de un proyecto FIP), la factibilidad de adelantar el per3odo de estudio dentro del primer semestre cuando se registran las m3ximas capturas de jurel, desde abril-mayo a marzo-abril, lo cual permitir3 primero eliminar d3as de no operaci3n por concepto de semana santa y del trabajo (d3as de descanso por contrato laboral de empresas) al considerar una nave comercial.



6. CONCLUSIONES

6.1 Acústica

- 6.1.1** La biomasa de jurel para la zona comprendida desde Arica (18° 25'LS) a Caldera (27° 10'LS) y desde 1 y 200 millas de la costa, estimada por el método de variables regionalizadas fue de 432.935 t, con un coeficiente de variación (CV) de 12,32%, repartida en 161.052 t al sur y 271.883 al norte de Antofagasta, donde este método presentó la mayor precisión y su biomasa no fue diferente a la estimada por los otros métodos.
- 6.1.2** La abundancia numérica total en abril-mayo alcanzó a 2.832 millones de ejemplares, los cuales se ubicaron proporcionalmente al norte y sur de Antofagasta y representan un fuerte aumento en relación a lo cuantificado en noviembre del 2006, 2007 y 2009 (1.470, 1.450 y 132,4 millones de individuos) y de menor medida respecto abril-mayo del 2010 (2.359 millones de ejemplares).
- 6.1.3** El recurso se localizó principalmente desde caleta Patillo a punta Gualaguala y entre Taltal a puerto Caldera, concentrándose las mayores abundancias al norte de Antofagasta a 5- 25 mn de caleta punta Blanca (22°S) a punta Guasilla (22° 35'S), con 40,9% de la densidad acústica total y 5 a 20 mn frente a pabellón de Pica (20° 48'S) con un 13,7%. Al sur, entre 5 y 15 mn frente a Taltal (15,7%), 1 a 25 mn entre Chañaral y punta Obispo (26,1%) y oceánico entre 55 a 70 de Taltal a norte de Caldera (3,6%).



- 6.1.4** El 99% de las agregaciones de jurel se ubicaron entre los 10 y los 40 m de profundidad.
- 6.1.5** El patrón de distribución espacial del recurso este año y el 2010 no se corresponde con lo observado en noviembre del 2007 y 2008, es decir una cuña cuyo vértice superior se situaba cerca de la costa en Pisagua y su base alcanza el sur oceánico, manteniendo su distribución agregaciones bastante contagiosas.
- 6.1.6** El período de evaluación en el primer semestre del año fue apropiado para estimar un índice que refleje cambios en la disponibilidad del recurso en la zona de estudio.

6.2 Pesca

- 6.2.1** El 52,89% de la captura correspondió a jurel, en tanto el 47,11% lo constituyó la fauna acompañante. *El mayor aporte en la fauna acompañante correspondió a la especie anchoveta *Engraulis ringens* (34,17%) agujilla *Scomberesox saurus scombroides* (7,58%), bacaladillo *Normanichthys crockery* (3,44%) y caballa *Scomber japonicus* (1,93%).*
- 6.2.2** Se capturaron ejemplares de jurel entre 16 a 37 cm, donde un 61,4 % se agrupó entre los 21 a 36 cm, evidenciando un rango mayor respecto a noviembre del 2008 (16-21cm) y 2009 (16-33 cm), pero bastante similar a abril-mayo del 2010 (14-36 cm), sugiriendo para este periodo una estructura de tamaño del stock más amplia en la zona de estudio.



- 6.2.3** La principal fauna íctica asociada a las capturas de jurel fue caballa, al encontrarse presente en los lances realizados y presentar alto nivel de similitud, evidenciando el carácter monoespecífico de la captura de jurel en el estudio y pesquería.
- 6.2.4** La composición demográfica estuvo compuesta por los grupos edad de II a VIII, siendo el principal la IV seguido por la II, que participan en el área total con un 50 y 27% de la abundancia así como un 59 y 13% de la biomasa, respectivamente.

6.3 Oceanografía

- 6.3.1** El marco ambiental en la región intertropical, corresponde a la finalización de un proceso frío y de rápida transición a condiciones ENOS neutrales, donde la distribución y valor de las anomalías de las variables temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de 15°C, permite concluir que el proceso de enfriamiento general de la zona, asociado a “La Niña” en declinación, ya no se manifiesta en la zona de estudio con la intensidad observada en el mes de diciembre anterior, y que las áreas que tienen tanto anomalías negativas como positivas serían consecuencia de procesos locales, manteniéndose los procesos oceanográficos como surgencia, lenguas de surgencia, la banda costera y giros de meso escala en la zona de estudio.
- 6.3.2** La extensión de la surgencia costera en el borde externo está asociado a la distribución espacial de jurel y anchoveta durante este estudio, evidenciando una estratificación espacial de los recursos, respecto a la zona de surgencia, al ubicarse dentro de ella la anchoveta y por fuera el jurel.



6.3.3 Al igual que el 2007, 2008, 2009 y 2010, el jurel presentó abundancia alejada a la costa, asociada al límite de una estructura de meso escala ciclónica.

6.4 Plancton

6.4.1 Los grupos copépodos, quetognatos y apendicularias, aportan el 96% a la abundancia relativa total, constituyéndose el primero como grupo dominante, el segundo como accesorio y tercero accidental. Registrando para abril-mayo del 2011 y 2010 una merma de diversidad y homogeneidad en las estaciones realizadas en la zona de estudio, respecto a primavera del 2007 -2009, evidenciando un cambio entre periodos estacionales.

6.4.2 La mayor parte de los grupos no presentó diferencias estadísticas significativa en sus densidades diurnas y nocturna, exceptuando 12 taxas las cuales se incluye copépodos, quetognatos, apendicularias y eufáusidos, concentrándose principalmente el grupo más abundantes entre los 18° 25 a 24°LS.

6.4.3 Los mayores valores de la biomasa zooplanctónica se registraron a lo largo de todo el borde costero de la zona explorada, con un incremento en los sectores de mayor surgencia.

6.4.4 Las magnitudes de los valores obtenidos en los índices comunitarios y su distribución espacial, evidencian al igual que el 2010, la existencia de una zona de transición latitudinal frente a Antofagasta, localizándose el recurso al norte y sur de este sector el área de estudio.

6.4.5 En la zona de estudio, el número de taxas (28) se incrementa respecto de años anteriores (24), producto de la detección de estados larvales del mero



y holoplancton indicando un aumento importante (48%) respecto a registrado en igual periodo y área el 2010.

6.5 Alimentación

6.5.1 Para jurel los crustáceos (IIR=97,86%) y peces mictófidios (IIR=2,14%), constituyen los ítemes presa más relevante existiendo cambios significativos respecto a primavera del 2006 al 2009 en la zona de estudio, donde los mictófidios fueron abundantes.

6.5.2 Este año destaca el grupo copépodos (abundancia) y eufáusidos (gravimétrico) además de larvas de crustáceos en estado zoea (IIR=4,11%) y megalopa (IIR=2,95%).

6.5.3 Al igual que años anteriores, en el área prospectada el jurel de segundo nivel trófico se presenta como un predador selectivo (zooplantófago e ictiófago), con una tendencia asociada a los crustáceos (eufáusidos y copépodos) y presas cuyo tamaño no varían en un amplio rango.

6.6 Asociaciones

6.6.1 Los rangos de distribución del jurel respecto de las variables ambientales indican que el recurso se localizó, en aguas cuya temperatura varía desde 14°C hasta 20,6°C con una clara preferencia por aguas de 16-18,5°C. Con respecto a la salinidad, el recurso se distribuyó en un rango de 34,3 a 35,23 psu (capa superficial), con una inclinación por aguas de 34,6-34,89 psu, sugiriendo el carácter de ambiente georreferenciado en la zona de estudio.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, A. 2001. Cuadernos de Estadística. Tablas de Contingencia Bidimensionales. Edit La Muralla, Madrid, España. 212 pág.
- Amundsen, P, H. Gabler and F. Staldvik. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method. *J. Fish Biol.*, 48: 608-614.
- Arancibia H y S. Neira. 2002. Does ENSO Induce Changes in Recruitment of Horse Mackerel (*Trachurus symmetricus*) and in the long-term Trend of the Trophic Level of Fishery Landings in Central Chile?. *Investig. mar.*, vol.30, no.1, supl, p.179-181.
- Arcos, D. F. 1975. Copépodos Calanoídeos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. *Gayana Zool.* 32:1 - 31.
- Barbieri, M. A. 1981. Variabilité des donnes acoustiques utilicées dans l' evaluation des bomasses halieutiques par echo-Integration. Thesis doctorat 3eme cycle. Univ. Bretgne Occidentale, Brest (Francia), 197 pp.
- Barbieri, M. A., J. Córdova, 1986. Estudio de la variabilidad de los datos acústicos obtenidos en cruceros hidroacústicos. *La Pesca en Chile. Escuela de Ciencias del Mar UCV; Arana P. (ed): 249-258 p*



- Barbieri, M. A., J. Córdova, S. Lillo, J. 9, G. Bohm, J. L. Blanco, E. Yáñez, V. Catasti, H. Robotham, H Arancibia, O. Guzmán y F. Gerlotto. 1996. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la zona centro-sur (fase crucero metodológico).Informe de final al FIP 95-07. IFOP, Chile. 52 p + anexos y figs.
- Barnes, R. 1986. Zoología de los invertebrados. México, D.F., Interamericana. 1.157 p.
- Bakun, A. 1973. Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America, 1946 – 1971. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 671, 103 pp.
- Bakun, A. 1975. Daily and weekly upwellind indices, West Coast of North America, 1967 – 1973. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 693, 113 pp.
- Bakun, A. and R.H. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current systems. *CalCOFI Reports* 23: 99-112.
- Bakun, A. 1987. Monthly variability in the ocean habitat off Perú as deduced from maritime observations, 1953 to 1984. In: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of changes. D. Pauly y I. Tsukayama (Eds.) ICLARM Studies and Rewiews 15: 46-74.
- Blanco, J. L. 1996. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile. Informe interno para IFOP.



Blanco, J. L. A. C. Thomas, M. E. Carr y P. T Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographics conditions in the upwelling region off northern Chile. J. Geophys. Res., 106, C6, 11451-11467.

Bodenheimer, F. 1955. Précis d'écologie animale. Payot, Paris. 255 pp.

Boltovskoy, 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP, Mar del Plata, Argentina.

Bougis 1974, P. 1974. Ecologie du plancton marin. II. Le zooplancton. 200 p.

Braun, M., H. Reyes, V Valenzuela, J. Castillo, J. Letelier, M. Pizarro. V. Catasti, F. Espíndola y J. Saavedra. 2008. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2006. Informe Final. FIP 2006-01. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 327.

Castillo, J. P Pineda, J. L. Blanco .1985. Cuantificación acústica de recursos pelágicos en la zona Aricas- Antofagasta y Huasco- Los Vilos. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile

Castillo, J. y P Pineda. 1986. Distribución y abundancia de sardina española, jurel y anchoveta en otoño de 1986. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile

Castillo, J. y P Pineda. 1986. Distribución y abundancia de sardina española, jurel y anchoveta en invierno de 1986. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile.



Castillo, J., J. Córdova y P. Briones. 1988. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Noviembre - Diciembre 1988. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 65-107).

Castillo, J., J. Córdova y M. Espejo. 1988. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Agosto 1988. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 63-90).

Castillo, J., J. Córdova y P. Briones. 1988. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Mayo 1988. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 69-94).

Castillo, J. y J. Córdova. 1992. Distribución y abundancia de los recursos pelágicos durante febrero y marzo de 1992. En: Monitoreo Mensual de la distribución y abundancia de recursos pelágicos y de las condiciones bio-oceanográficas, zona norte. Informe a Empresas Pesqueras y Subsecretaría de Pesca. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. pp: 44-66.

Castillo, J. y A. Paillamán. 1992. Distribución y abundancia de los recursos pelágicos en abril de 1992. En: Monitoreo Mensual de la distribución y abundancia de recursos pelágicos y de las condiciones bio-oceanográficas, zona norte. Informe a Empresas Pesqueras y Subsecretaría de Pesca. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. pp: 72-90.



- Castillo, J., S. Lillo y M. Espejo. 1992. Distribución y abundancia de los recursos pelágicos en junio de 1992. En: Monitoreo Mensual de la distribución y abundancia de recursos pelágicos y de las condiciones bio-oceanográficas, zona norte. Informe a Empresas Pesqueras y Subsecretaría de Pesca. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. pp: 65 - 83.
- Castillo, J. 1992. Distribución y abundancia de los recursos pelágicos durante octubre y noviembre de 1992. En: Monitoreo Mensual de la distribución y abundancia de recursos pelágicos y de las condiciones bio-oceanográficas, zona norte. Informe a Empresas Pesqueras y Subsecretaría de Pesca. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. 80 p.
- Castillo, J., M. Braun y J. Blanco. 1993. Cuantificación estacional de la biomasa de los recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica, zona norte. Informe de Proyecto Empresas Pesqueras, Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 58 págs más anexos.
- Castillo, J., J. Blanco, M. Braun, H. Reyes, y h. Robotham, 1994. Evaluación directa del stock de sardina española, anchoveta y jurel, Regiones I a IV. Informe de proyecto al FIP-94-13. IFOP Valparaíso, Chile, 228 pag.
- Castillo, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán y U. Parker 1995. Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV. Informe Proyecto al FIP. IFOP, Chile, 152 p. tablas, fig + anexos.
- Castillo, J. M. A, Barbieri y A, Gonzalez 1996. Relationships between sea surface temperature, salinity and pelagic fish distribution off northern Chile. ICES Journeal of Marine Scienmce, 53: 139-146.



- Castillo, J. A. Saavedra, C. Hernández, V. Catasti y F. Leiva 2008. Evaluación hidroacústico del reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones, año 2008. Informe Final Proyecto FIP N° 2007-02. Instituto de Fomento Pesquero. IFOP, Valparaíso, Chile. 236p + anexos.
- Castillo, J. A. Saavedra, C. Hernández y V. Catasti. 2009. Evaluación hidroacústica reclutamiento anchoveta entre la III y IV Regiones, año 2008. Informe Final. FIP 2008-03. Instituto de Fomento Pesquero. (Valparaíso, Chile). 191 pp + Tablas y Figuras.
- Castillo., A. Saavedra y F Leiva 2011. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta en al III y IV Regiones, año 2009. Informe Final FIP 2009-02. Instituto de Fomento Pesquero. (Valparaíso, Chile). 201 pp + Tablas y Figuras.
- Castillo., A. Saavedra y F Leiva 2011. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta en al III y IV Regiones, año 2010. Informe Final FIP 2010-07. Instituto de Fomento Pesquero. (Valparaíso, Chile). 221 pp + Tablas y Figuras.
- Córdova, J., J. Castillo y M. Espejo. 1989. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Agosto Septiembre 1989. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 54-93).



Córdova, J., J. Castillo y M. Espejo. 1989. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Mayo 1989. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 59-96).

Córdova, J., J. Castillo y M. Espejo. 1989. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Marzo Abril 1989. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 65-97).

Córdova, J., J. Castillo y M. Espejo. 1990. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Febrero a Marzo 1990. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 91-132).

Córdova, J., J. Castillo y M. Espejo. 1990. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Mayo 1990. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 48-85).

Córdova, J., J. Castillo y M. Espejo. 1990. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Agosto 1990. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 40-82).



- Córdova, J. y M. Espejo. 1991. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Febrero 1991. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 23-56).
- Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M Rojas. 1995. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (219p).
- Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M Rojas. 1997. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (219p).
- Córdova, J., M. A. Barbieri, S. Lillo, 1998. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (161p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, H. Miranda, M Espejo y M Rojas, 1999. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (200 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2000. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE, marzo 2001. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (204 p)+ anexo figs.



- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2001. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (207 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2002. 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. y G Arriagada, 2002. Crucero de Evaluación Hidroacústica de jurel I y II Región. Proyecto “monitoreo y evaluación hidroacustica del jurel, I y II región”. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile (35 p) + figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2003. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel entre la V y X Regiones, año 2003. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (190 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2004. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel entre la V y X Regiones, invierno, año 2004. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso,, Chile. (196 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, C. Lang. 2006. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación Directa de jurel V y X Regiones, 2005. BIP_ N° 30033968-0. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso,, Chile (129 p) + anexo figs.
- Córdova, J., C. Hernández y V. Correa. 2007. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Investigación Evaluación Hidroacústica jurel V y X, 2006. BIP_N° 30043859-0. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso,, Chile (125 p) + anexo figs.



- Córdova, J., V. Correa y C Lang 2007. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel el las regiones oceánicas de la I y II Regiones, 2006. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile (148 p) + anexo figs.
- Córdova, J., F. Leiva, C. Hernández. 2007c. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel entre la V y X Regiones, año 2007. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso,, Chile (129 p) + anexo figs
- Córdova, J., F. Leiva y B. Leiva. 2008. Evaluación Hidroacústica de jurel en la I y II regiones, año 2007. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile. (144 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., F. Leiva y B Leiva. 2009. Evaluación hidroacústica de jurel en la I y II Regiones, año 2008. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile (167p)+figs y anexos.
- Córdova, J, C Lang, C Hernandez, 2009. Evaluación hidroacústica de jurel entre la V y X Regiones, año 2008. Informe Final, Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile. (223) + figuras y anexos.
- Córdova, J., C.Lang, C Hernandez. 2009. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel entre la V y X Regiones, año 2008. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso,, Chile (223 p) + anexo figs
- Córdova, J., B. Leiva y V Catastí. 2010. Evaluación hidroacústica de jurel entre la XV, I y II Regiones, año 2009. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile (167p)+figs y anexos.



- Córdova, J., C.Lang, C Hernandez. 2010. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica integral del recurso jurel entre la V y X Regiones, año 2009. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso,, Chile (211 p) + anexo figs
- Córdova, J., B. Leiva, V Catasti y V. Bocic. 2011. Investigación Evaluación hidroacústica de la biomasa de jurel entre la XV y III Regiones, año 2010. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile (125p)+figs y anexos.
- Córdova, J., B. Leiva, V Catasti y V. Bocic. 2011. Investigación Evaluación hidroacústica de la biomasa de jurel entre la XV y III Regiones, año 2010. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile (125p)+figs y anexos
- Córdova, J., B. Leiva, V Catasti y V. Bocic. 2011. Investigación Evaluación hidroacústica del recurso jurel entre la V a IX y XIV Regiones, año 2010. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile (126p)+figs y anexos
- Córdova, J., B. Leiva, V Catasti y V. Bocic. 2011. Investigación Evaluación hidroacústica de jurel en la XI Región, año 2010. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile (125p)+figs y anexos
- Cortés E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding base don analysis os stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquet. Saci., 54:726-738.



- Chirichigno, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Inf. Inst. Mar Perú (Callao), 44: 387 pp.
- Dobson, A. 2002. "An Introduction to Generalized Linear Models 2nd Edition" Chapman and Hall, London
- Ducet, N., P.Y. Le Traen and G. Reverdin. 2000. Global high-resolution mapping of ocean circulation from TOPEX/Poseidon and ERS-1 and ERS-2. J. Geophys. Res., 105, 19477 – 19498
- Eastman, J.R. 1995. IDRISI for Windows. User'LS Guide Version 1.0. Clark University Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. 239p.
- Elizarov. A.A., A.S. Grechina, B.N. Kotenev y A. N. Kuzetsov, 1993. Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi* , in the open water of the South Pacific, J. Ichth. 333(8): 86-104.
- Evseenko, S. A. 1987. Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. Voprosy Ichthyologii, 27(2):264-273.
- Foote, K. 1986. Mantaining precision calibrations with optimal cooper spheres. Journal of the Acoustical Society of America.
- Foote, K. and J. Rivoirard 1992. Geostastical analysis of acoustic survey dat on = group herring in Fjord. IVES. C. M. 1992/ D: 10. 14 p.
- Francis R.I.C.C. 1984. Variability in hidroacoustic biomass estimate (comment). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 825-826.



- Frontier, S. 1980. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I) Programa des recoltes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37
- Griffiths, F. B., G. H. Brown, D. D. Ried y R. R. Parker. 1984. Estimation of sample zooplankton abundance from Folsom splitter sub-samples. J. Plank. Res., 6(5) 721-731.
- Hansen, R., W. Madow y W. Huwitz. 1954. Sample survey methods and theory. Volume I and II. Methods and applications: John Wiley and Sons, INC.
- Hulley, P. A. 1984. Mictophidae. In Fishes of the North-Eastern. Atlantic and the Mediterranean. Vol 1
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis - A review of methods and their application. Journal of Fish Biology, 17:411-429
- Jones, J. B. 1990. Jack mackerel (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters. N. Z. Fish. Tech. Rep. 23: 28 pp.
- Kawahara, S., J. Uozum y h: Jamada. 1988. First record of a carangid fish. *Trachurus murphyi*, from New Zealand Waters. Jap. J. Ichthyol. 35 (2):21-214
- Lillo, S y A. Paillaman. 1995. Evaluación directa de merluza común. En .Evaluación hidroacústica de la merluza común. Sección 1. En: Evaluación hidroacústica del stock de merluza común explotado en la zona centro sur. Informe final. FIP-IFOP.



- Lillo S. y R. Bahamonde. 2010. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2010. Informe Final, proyecto FIP N° 2010-10. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso,, Chile (201 p) + anexo tablas y f igs
- Ludwig, J. & J. Reynolds. 1988. Stastical Ecology. A primer on methods and computing. Wiley & Sons. NY. 329 p.
- MacLennan, D. y J. Simmonds. 1992. Fisheries acoustics. Chapman Hall, London: 325 pp.
- Mamayev, O. I.. 1975. Water masses of the south East Pacific Ocean. En: R. Fraser, (ed.). Oceanography of the South Pacific 1972. Papers presented at the International Symposium on the Oceanography of the South Pacific, Wellington, New Zealand, 9–12 February 1972. Wellington, New Zealand National Commission for UNESCO, pp. 71–99.
- Maravelias C.D., Reid D.G., Simmonds E.J., Haralabous J. (1996). Spatial analysis and mapping of acoustic-survey data in the presence of high local variability: geostatistical application to the North Sea herring (*Clupea harengus*). *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences* 53:1497–1505.
- Martínez, C., G. Böhm., E. Díaz, L. Ossa, H. Reyes, R. Aravena., F. Cerna, V. Bocic., C. Machuca, L. Muñoz y M. Troncoso. 2008a. Programa: Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Proyecto: Investigación de la Situación de la Pesquería Pelágica de la Zona Norte, 2007 – Informe Final. Convenio SUBPESCA - IFOP. Instituto Fomento Pesquero Valparaíso, Chile, 191 p + anexos.



- Martínez, C., G. Böhm., L. Ossa y R. Aravena. 2008b. Distribución espacio – temporal de las capturas de jurel, I y II Región, 2006. Informe Final, Pesca de Investigación. IFOP-SUBPESCA, 65 p + anexos.
- Maynou FX, Sardà F, Conan GY. 1998. Assessment of the spatial structure and biomass evaluation of *Nephrops norvegicus* (L.) populations in the northwestern Mediterranean by geostatistic. ICES J Mar Sci 55:102–120
- Medina, M. y H. Arancibia. 1998. Selectividad por el tamaño de las presas en el jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus*) del norte de Chile. Revista de investg.cienc. tecnol., ser.cienc.mar. Chile. 4: 35-41
- Medina, M y Hugo Arancibia. 2002. Dinámica trófica del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en el norte de Chile. Investig. Mar., Valparaíso, 30(1): 45-55,
- Microimages. 1997. Microimages. 1997. TNTmips. The map and image processing system: User's Guide, NE, USA
- Millero, F. y A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.
- Miranda, H. 1999. Derivación del estimador de la varianza para el factor de eointegración. Informe Técnico – Unidad de estadística. IFOP
- Newell, G.E. y R.C. Newell. 1966. Marine plankton a practical guide. Hutchinson Educational, University of London. 221 pp.
- NODC. 1991. National oceanographic data center, user guide. En: Key to oceanographic records documentation N°14 NOAA.



- Palma, S. y K. Kaiser. 1993. Plancton marino de aguas chilenas. Ediciones universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 151 pp.
- Pennington, M. 1983. Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys,
- Pequeño, G. 1971. Sinopsis de Macrouriformes de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, 32: 269-298.
- Petitgas, P. 1991. Contributions geostatistiques a la biologie des peche maritimes. These de doctorat., Centre de Geostatistique, Fontainebleau, 211 p.
- Petitgas, P. 1993. Geostatistics for fish stock assessment: a review and on acoustic applications. ICES J. mar. Sci., 50: 285 - 298.
- Petitgas, P. and A. Prampart. 1993. EVA (Estimation variance) Logiciel de geostatistique puor IBM-PC effectuant l'analyse structurale et les calculs de variance dèstimation es quantities totales pour des donnees geographiquement correlees. ICES C.M. 1993/D:65.
- Postel, L., H. Fock y W. Hagen. 2000. Biomass and abundance. In: Zooplankton methodology manual. Ed: R.P. Harris, P.H. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjoldal and M. Huntley. ICES.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant, y I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Calif. Fish Game, Fish. Bull. No. 152: 1–105.



- Quiñónes, R. A., Serra, R., Núñez; S., Arancibia, H., J. Córdova y F. Bustos. 1996. Relación espacial entre el jurel y sus presas en la zona centro-sur de Chile. Taller internacional de Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico Oriental (C.O.I.F.E.R.,U. De Concepción). 9-16 Abril, Concepción, Chile
- Retamal, M.A. 1981. Catálogo ilustrado de los crustáceos decápodos de Chile. Gayana (Zoología), N° 44, 110 págs.
- Reynolds, R. 1982. A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Techival Report NNS-31, National Metereological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- Robotham, H y J.Castillo. 1990. The bootstrap methods: An alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hidroacoustic techniques. Rapp. P.-V. Cons. Int. Explor. Mer. 189:421-424.
- Rojas, R. y N. Silva. 1996. Atlas Oceanográfico de Chile. Vol. 1. Primera Edición. Servicio Hidrográfico de la Armada de Chile. 130 p.
- Saavedra, J.C., H. Miranda y Z. Young. 2003. "Métodos de Comparación de Distribuciones de Frecuencia de Tallas y Edades". Documento Técnico. Unidad Estadística. Instituto Fomento Pesquero. 10 p.
- Sáiz, F. 1980. "Experiencias en el uso de criterios de similitud en el estudio de comunidades". Arch. Biol. Med. Exp. 13:387-402.
- Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Invest. Pesq. (Chile), 36: 67-83.



- Sneath, P. Y R. Sokal. 1973. Numerical taxonimy . The principles and practice of numerical classification. W. H. Freeman, San Francisco. 573 pp
- Shotton R. and G.P. Bazigos. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic survey. Rapp.P.V. Reun. Cns. Int. Explor. Mer. 184: 34 -57.
- Silva, N. & H. Konow. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Suroriental. Expedición Krill. Crucero 3-4. Julio-Agosto, 1974. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur. Ciencia y Derecho del Mar 3:63-75.
- Silva, C., E. Yáñez. M. A. Barbieri y K. Nieto. 2003. Asociaciones entre la pesquería de pequeños pelágicos, la clorofila a y la temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile. *In: Actividad pesquera y de acuicultura en Chile*. Valparaíso, 157-162
- Simmonds, E, y D. MacLennan. J. 2005. Fish and Fisheries Series, 5: Fisheries acoustics. Chapman and Hall, London. 438 pp.
- Simmonds E. John, N. Williamson, F. Gerlotto y A. Aglen. 1991. Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. ICES C.M. 1991, 113 p. (figures).
- Simmonds E. John, I. B. Petrie and F. Armstrong. 1984. An automated system for echo sounder calibration using a computer controlled three wire suspension for standard targets ICES CM 1984/B:33 (Mimeo).
- SIMRAD, 2003. ER- 60 Scientific echo sounder application. Operator manual . 165 p. SIMRAD, Horten . Norway.



- Smith, P. E. y S. L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Doc. Téc. Pesca (175):107 p.
- Southward, GM: 1976. Sampling landings of halibut for age composition. Int Pac. Halibut Comm, Sci. Rep. 58:31 p.
- UNESCO. 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. Unesco Tech. Papers in Mar Sci. N°36
- UNESCO. 1981b. Background paper and supporting data on the practical salinity scale 1978. Unesco Tech. Papers in Mar Sci. N°37.
- Ursin, E. 1973. On the prey preference of cod and dab. Medd. Danm. Fisk. Havunders. N.S. 7:85-98.
- Vidal, J. 1968. Copépodos Calanoídoes epipelágicos de la expedición Marchile II, Gayana Zool., 15:1 - 98.
- Yáñez E, C. Silva, A. Órdenes, F. Gómez, A. Valdenegro, S. Hormazábal, A. Montecinos, F. Espíndola y O. Pizarro. 2005. Análisis integrado histórico ambiente–recursos, I y II Regiones. Informe Final Proyecto FIP N° 2003-33. Valparaíso. 408 pp.
- Wolter, K. M. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 428 pp.

FIGURAS

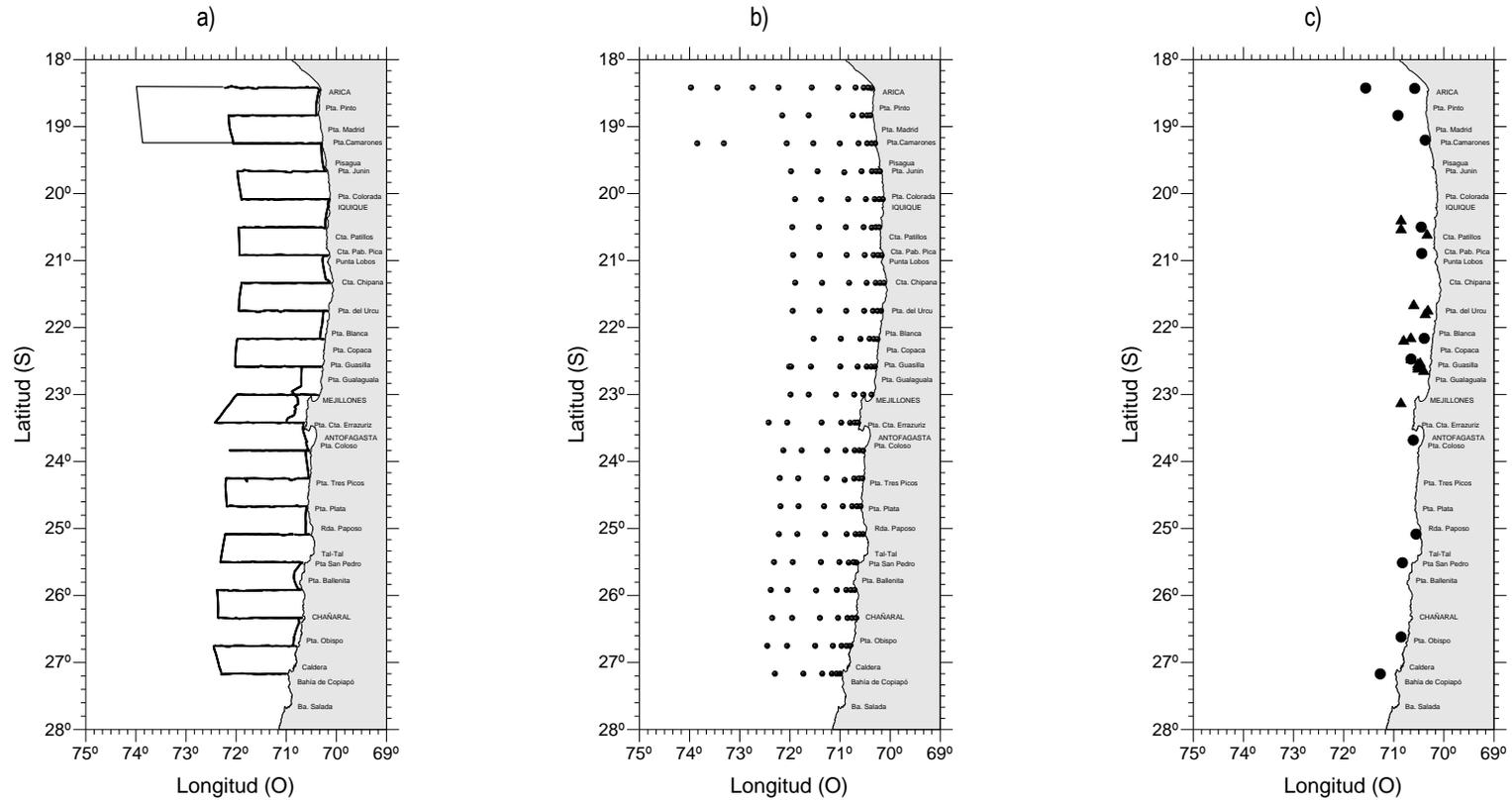


Figura 1. a) Localizaci3n de las transectas acústicas, b) Localizaci3n de las estaciones bio-oceanográficas (159) y c) Localizaci3n de los lances de pesca realizados por la flota (●) y PAM Eperva 64 (▲). Crucero jurel abril-mayo 2011.



PAM Eperva 64

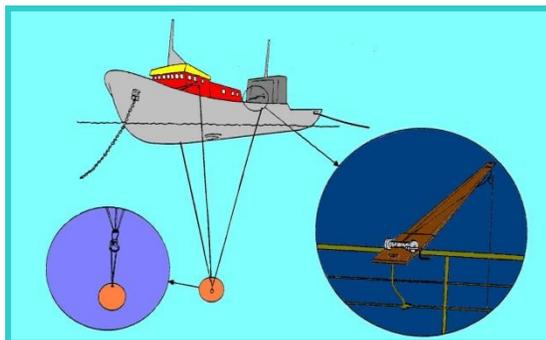
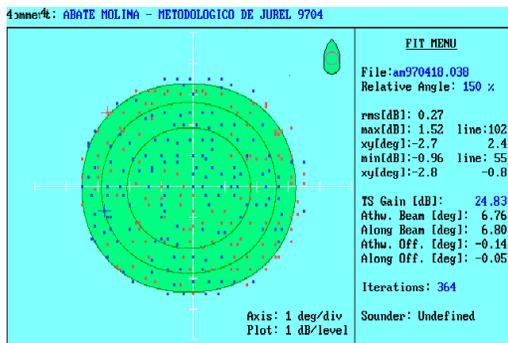


Figura 2. Embarcaci3n, equipos ac3sticos y sistema de calibraci3n usado en la evaluaci3n. Abril- mayo 2011.

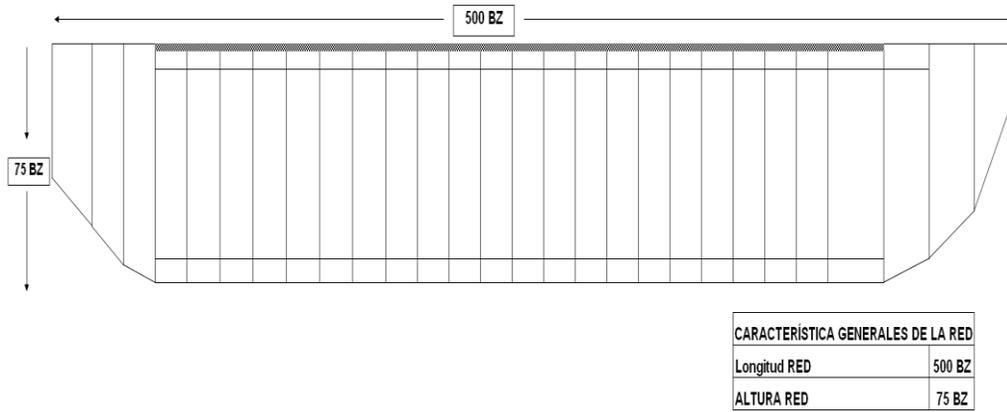


Figura 3. Red de cerco PAM Eperva 64 para pesca de jurel. Abril-mayo 2011.

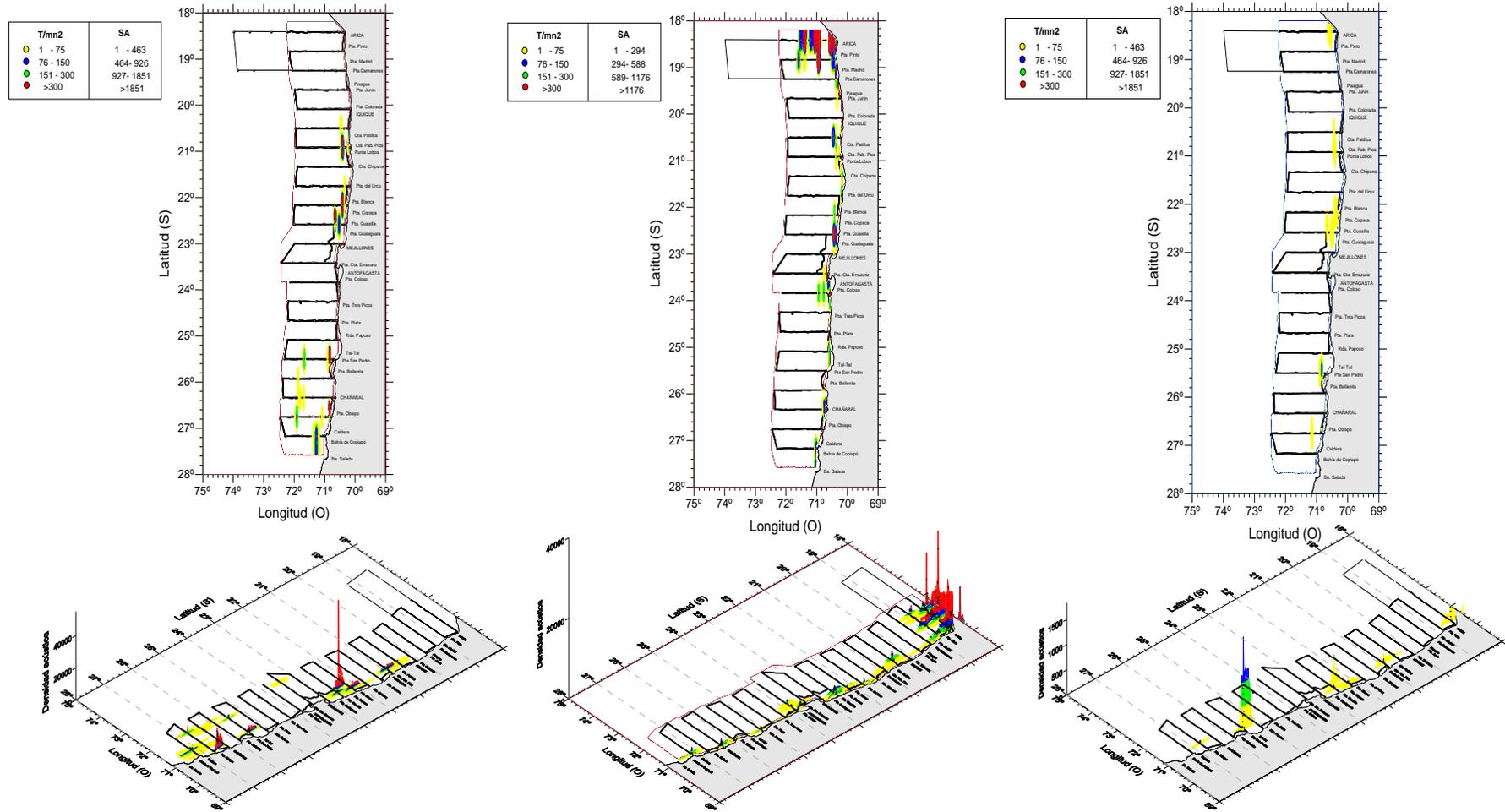


Figura 4. Distribuci3n espacial de la densidad acústica (t/mn²) de jurel (a) anchoveta (b) y caballa (c). Crucero Jurel abril-mayo 2011.

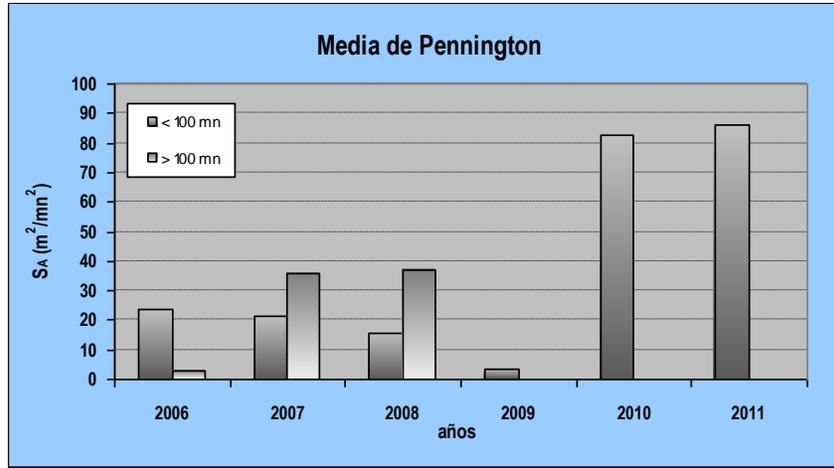


Figura 5. Media de Pennington para noviembre del 2006-2009 y abril-mayo 2010-2011.

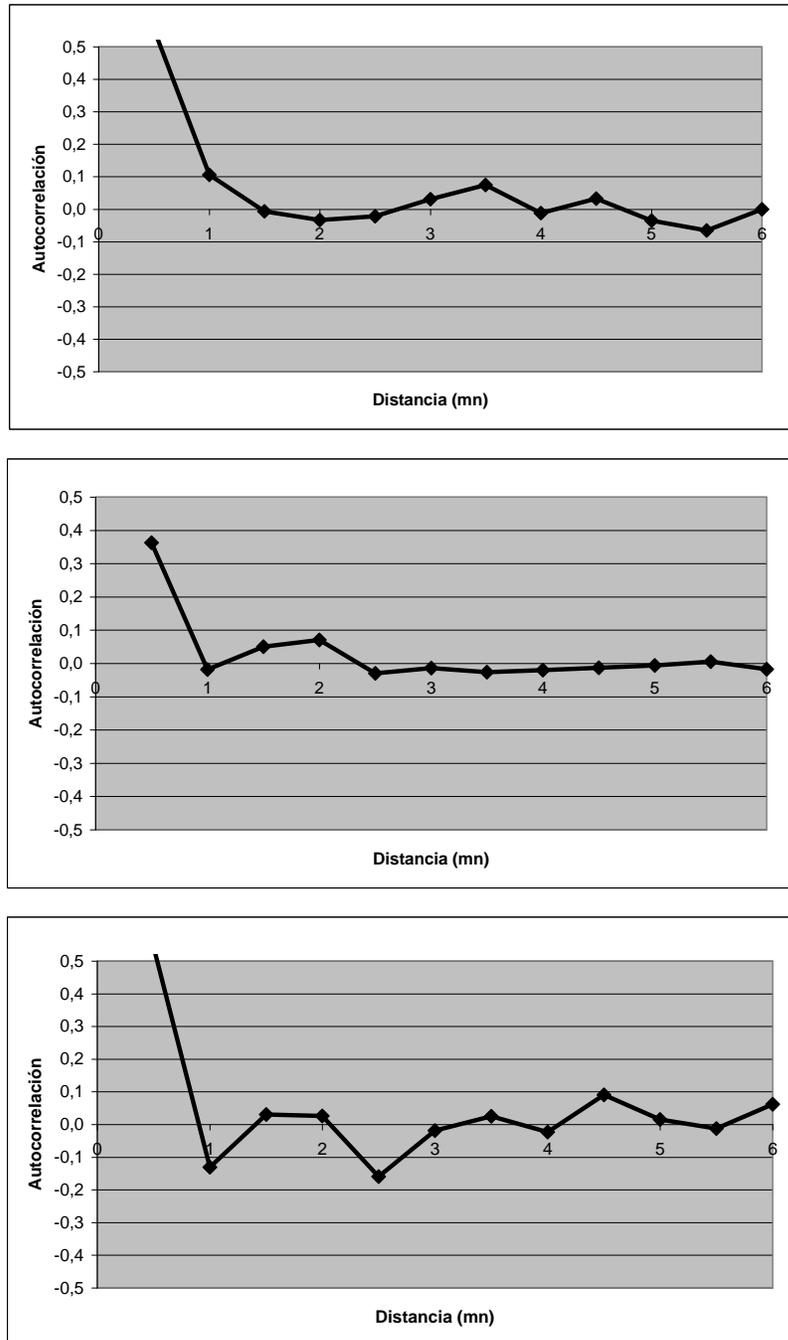


Figura 6. Correlogramas presentes en la zona de estudio. Abril- mayo 2011.

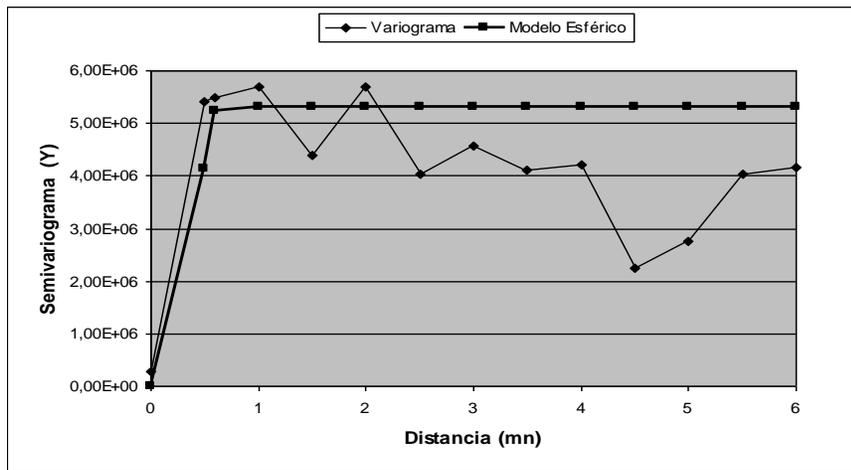
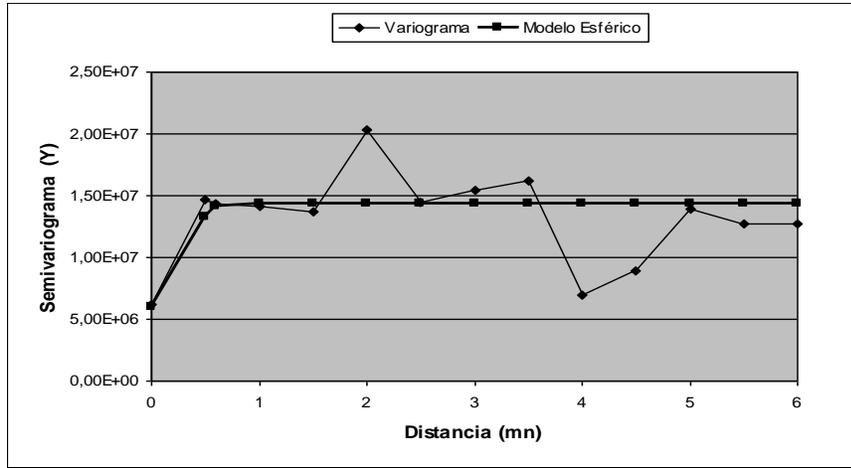


Figura 7. Variograma para la zona de estudio a) norte Antofagasta y b) sur Antofagasta. Abril-mayo 2011.

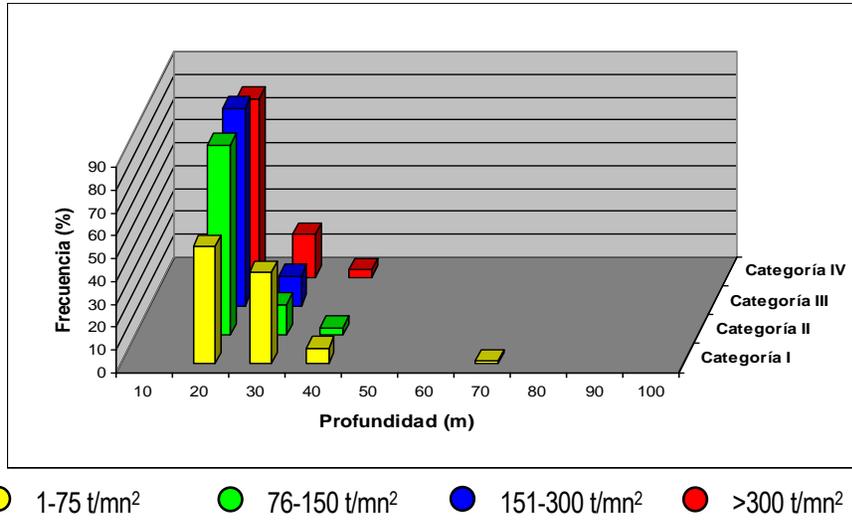


Figura 8. Distribuci3n batimétrica de jurel en la zona de estudio. Abril-mayo 2011.

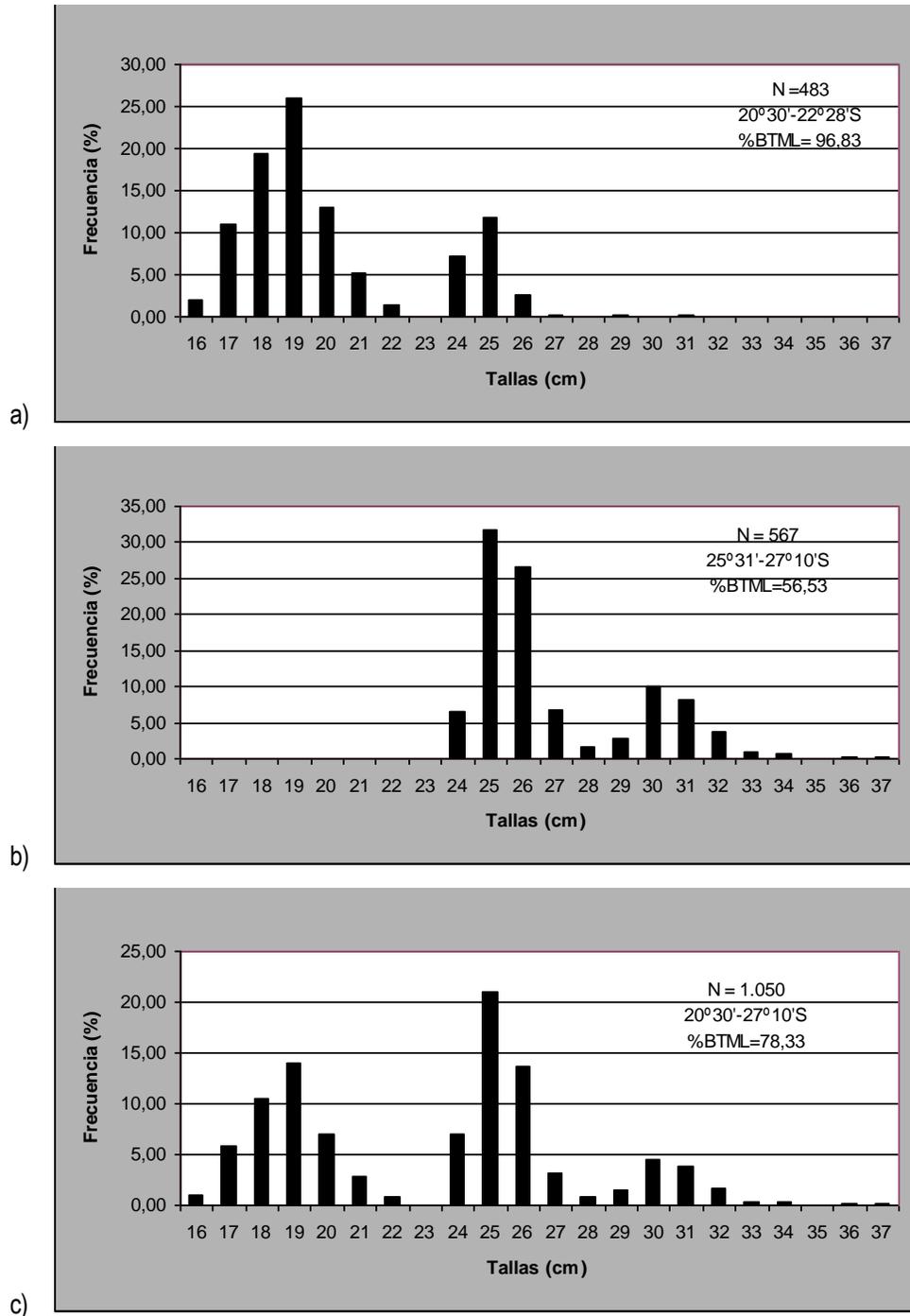


Figura 9. Estructura de talla para jurel; a) Zona 1 b) Zona 2 y c) Zona total de estudio, lances positivos realizados por PAM Eperva 64. Crucero jurel abril-mayo 2011.

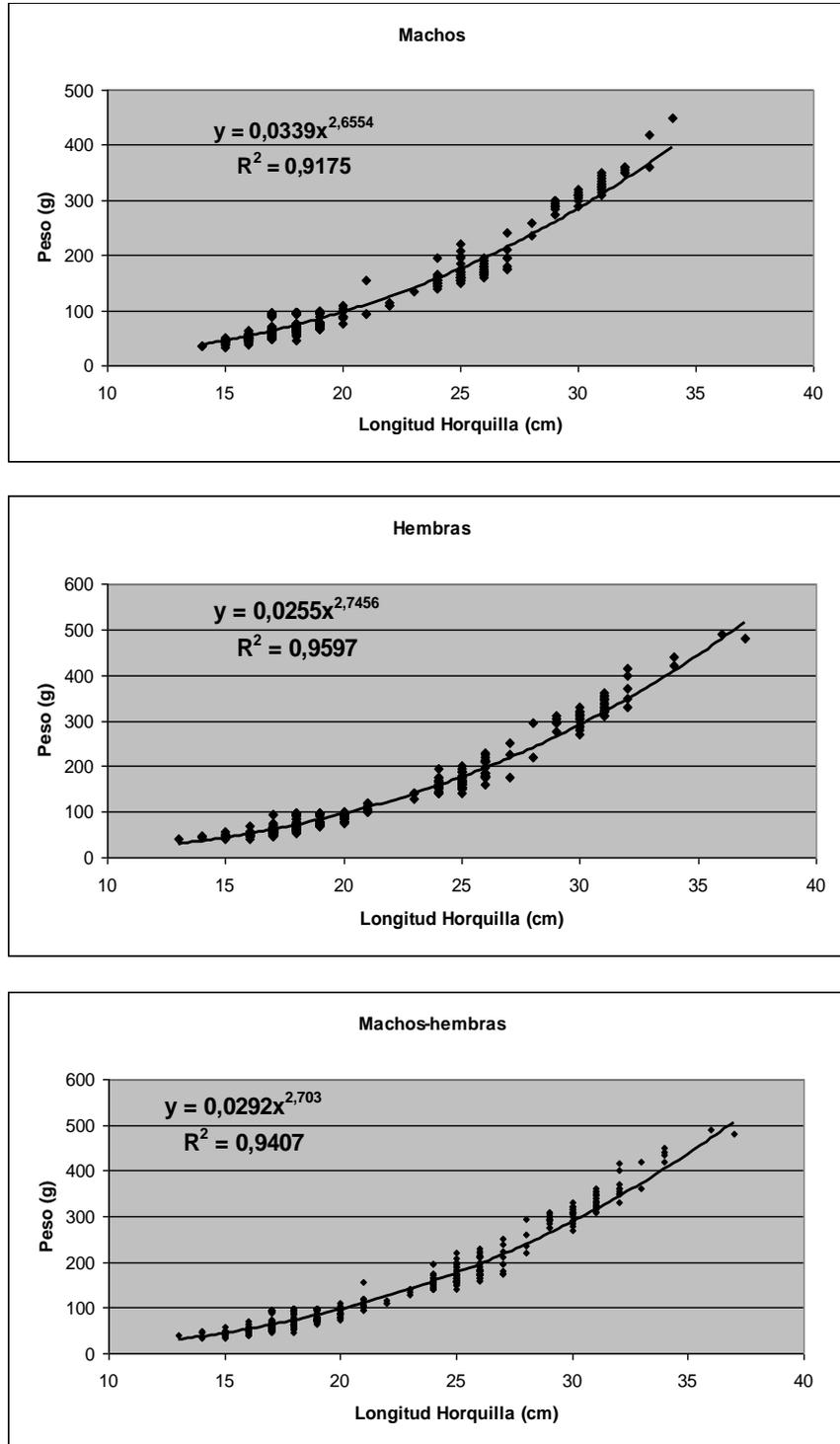


Figura 10. Relaciones longitud peso para machos, hembras y ambos. Abril-mayo 2011.

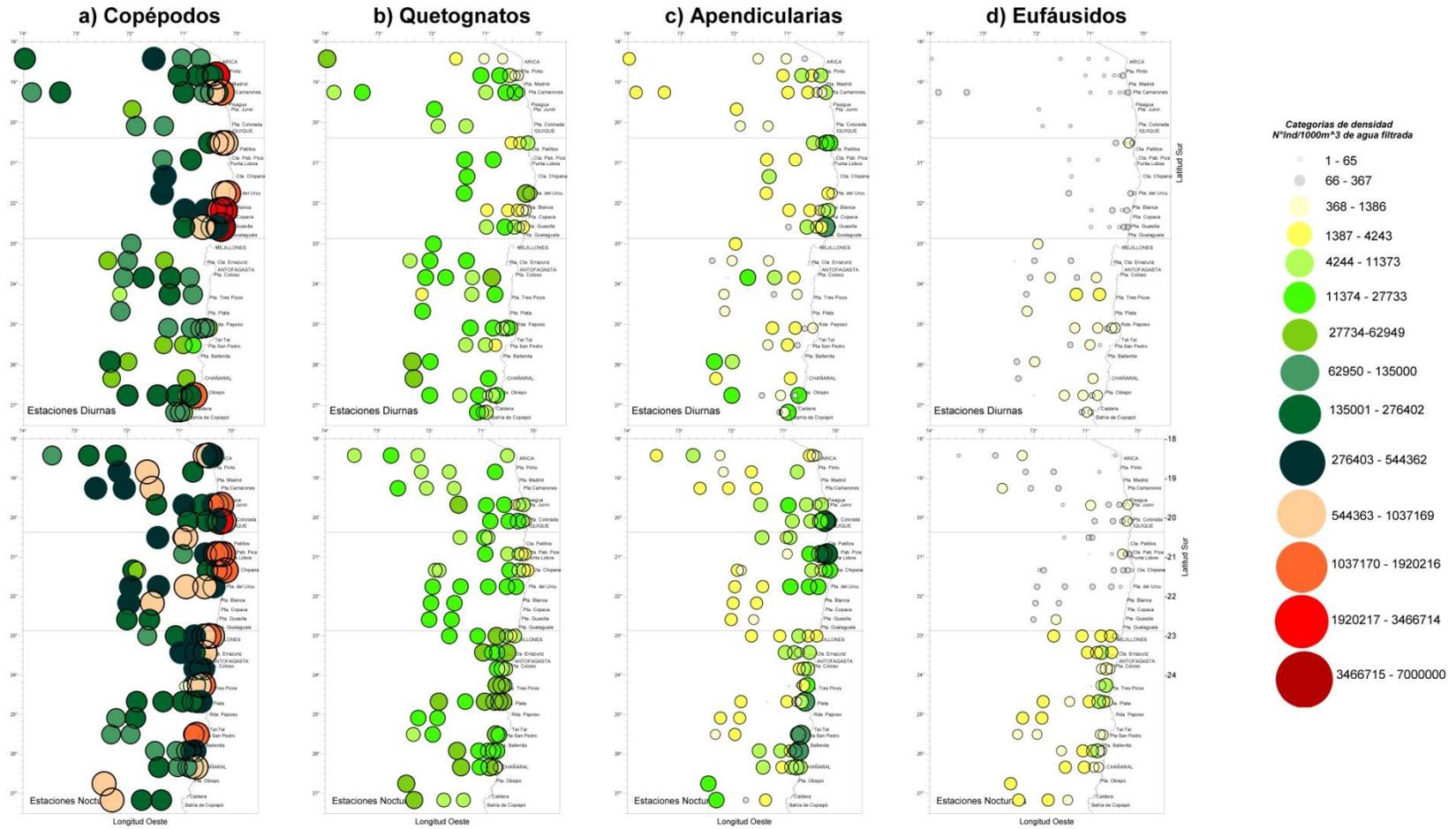


Figura 11. Distribuci3n espacial de: a) copépodos, b) quetognatos, c) apendicularias y d) eufáusidos, 2011.

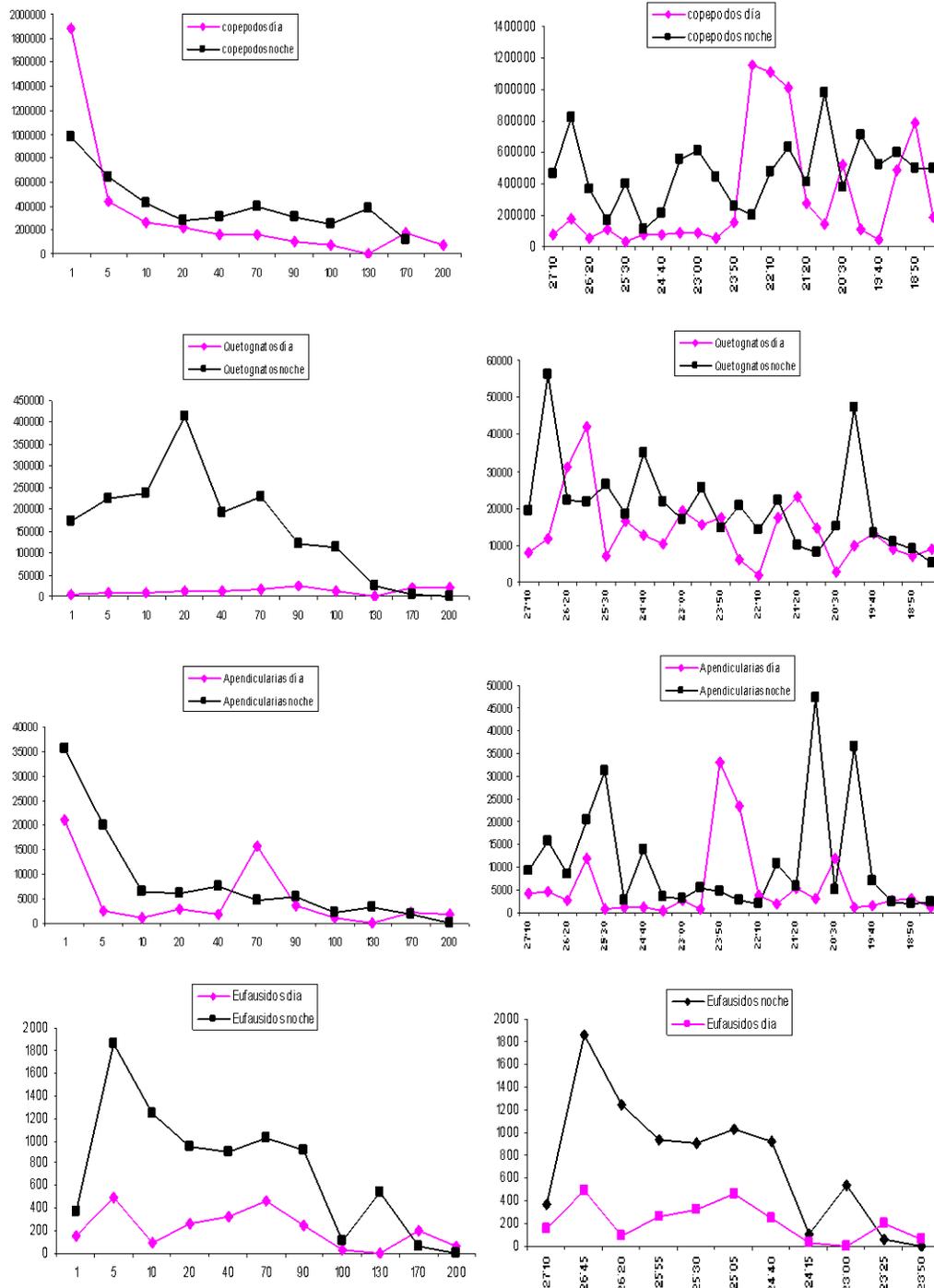


Figura 12. Distribuci3n de la densidad promedio de los principales grupos zooplanct3nicos con respecto a la distancia de la costa (a) y latitud (b), durante los per3odos diurnos y nocturnos. Abril-mayo 2011.

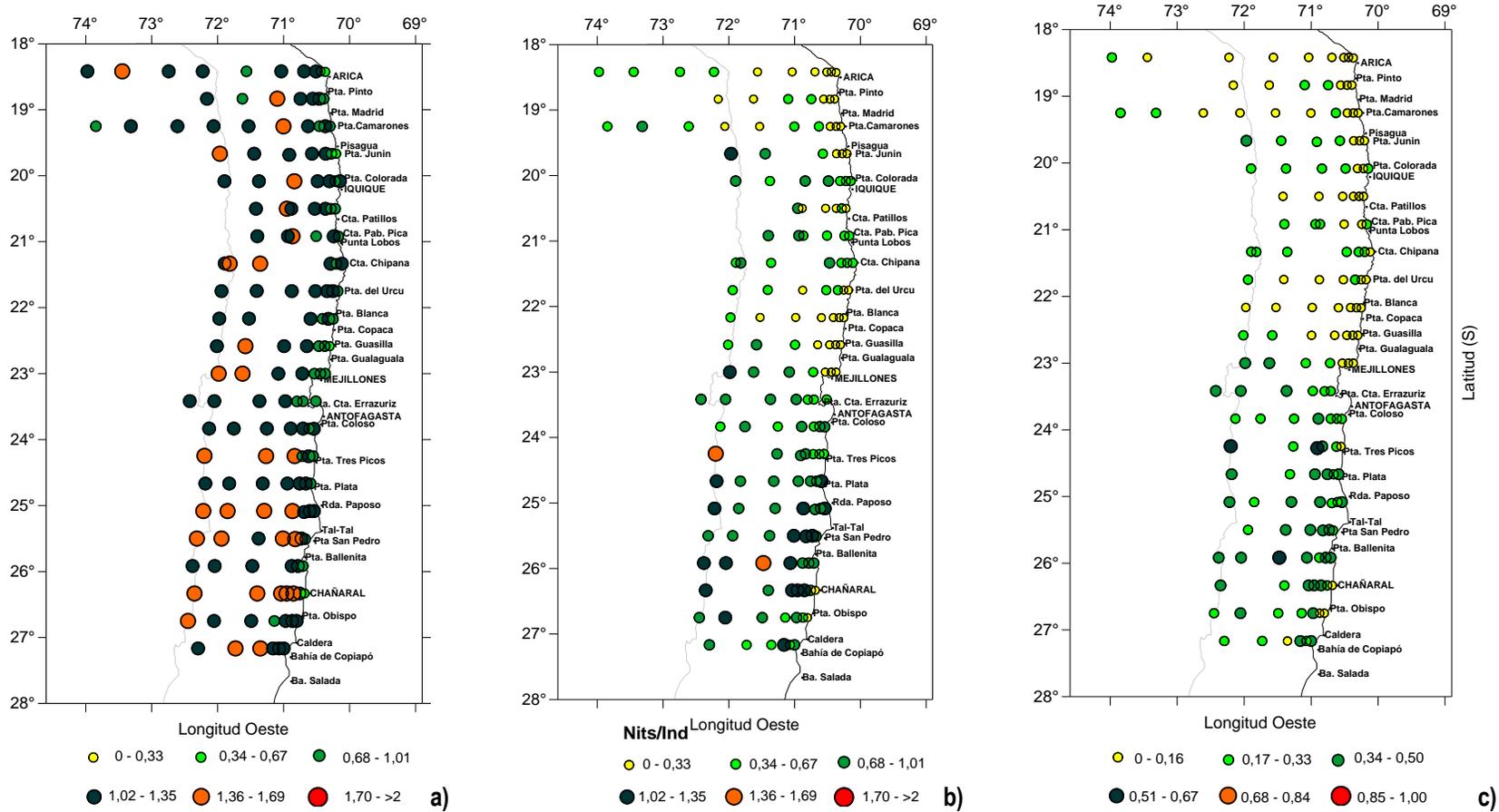


Figura 13. Distribución de los valores de los índices comunitarios que representan la: a) Riqueza de grupos zooplanctónicos a través del índice de Margalef; b) Diversidad de grupos, mediante Shannon y Wiener y c) Uniformidad de Pielou.

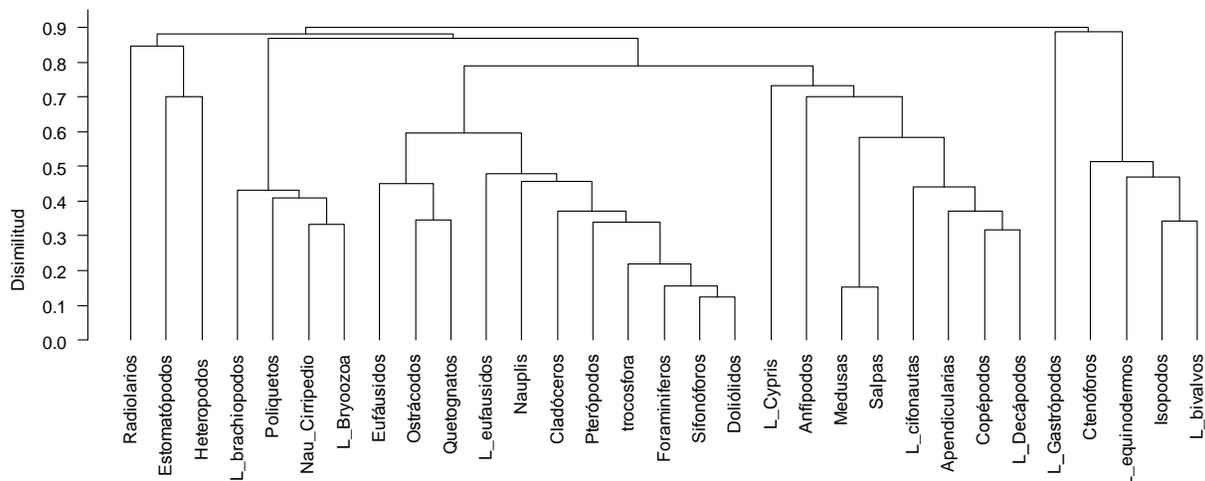


Figura 14. Dendrograma de grupos zooplanct3nicos sin diferenciaci3n de periodo del d3a. Similitud Winer.

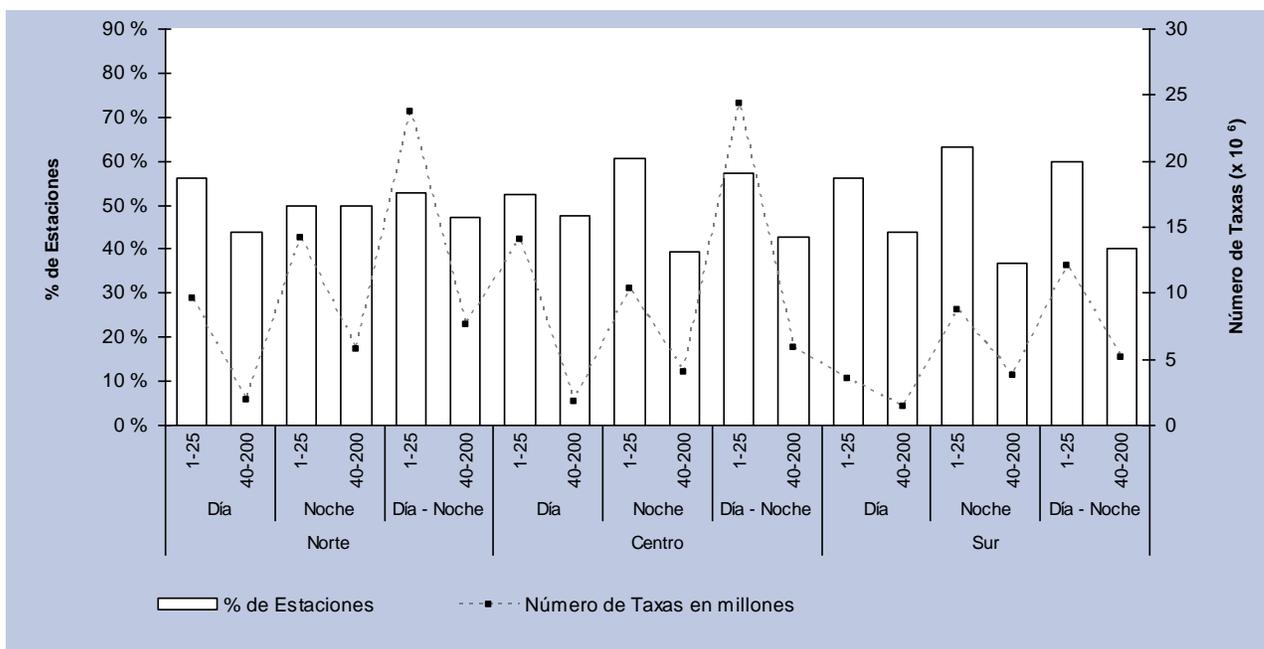


Figura 15. Porcentaje de estaciones por distancia a la costa y n3mero de taxas (x 10⁶) respecto de la zona y periodo del d3a.

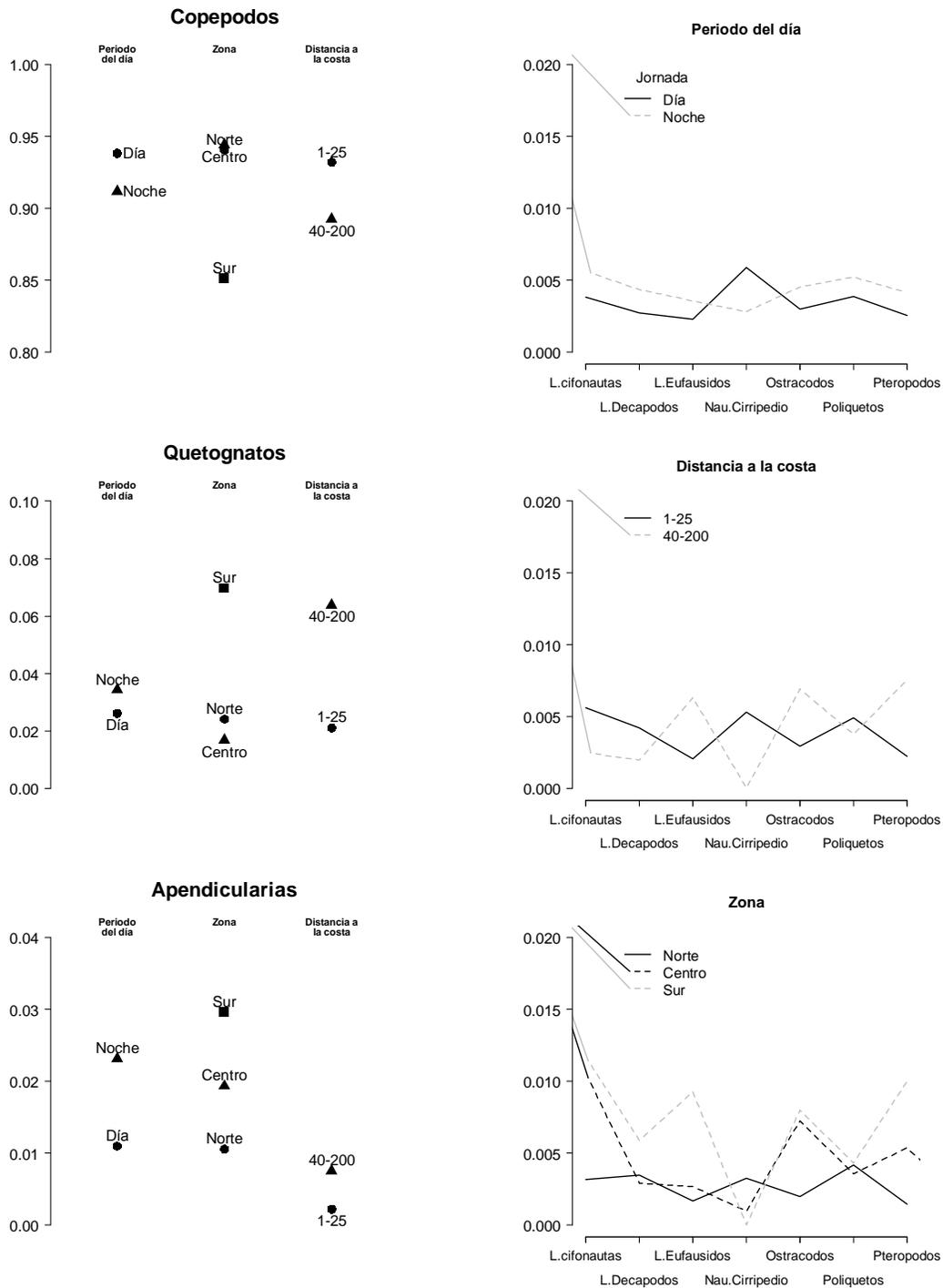


Figura 16. Composición de la estructura zooplactonica por período del día, zona y distancia a la costa, para los copéodos, quetognatos y apendicularias y el restante conjunto de taxas.

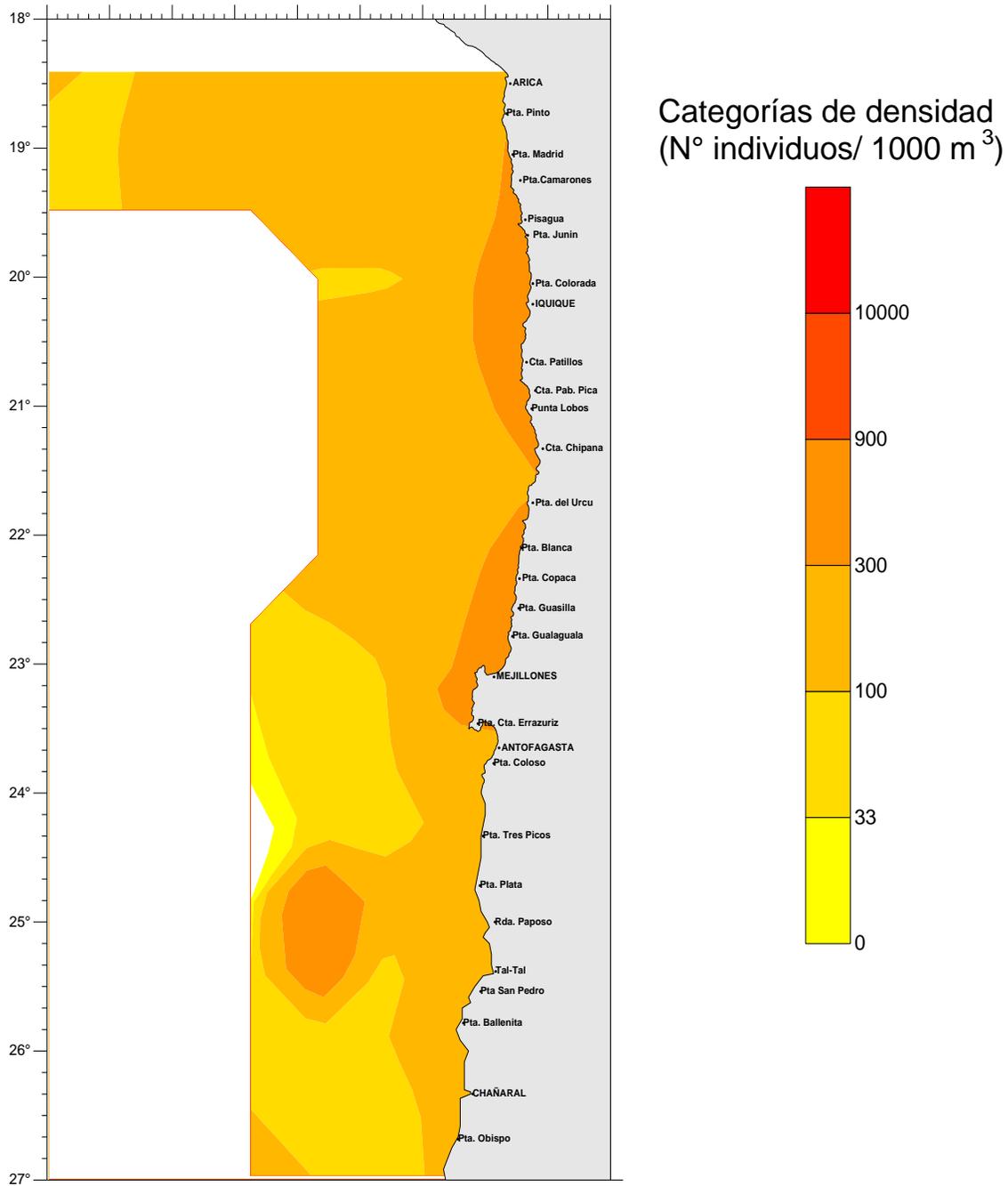


Figura 17. Distribuci3n espacial de la biomasa zooplanct3nica. Abril –mayo 2011.

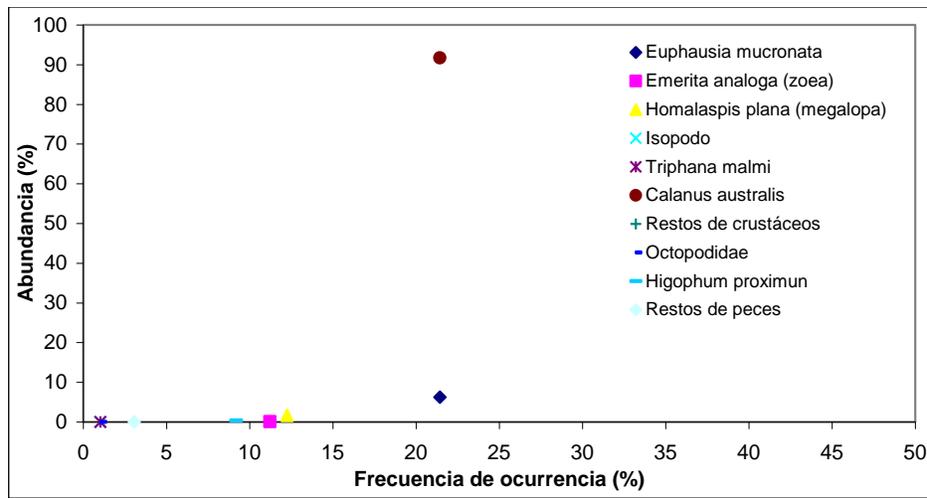


Figura 18. Representaci3n de las estrategias alimentarias para el 1rea de estudio durante 2011, seg3n el m3todo gr1fico de Amundsen *et al.* (1996).

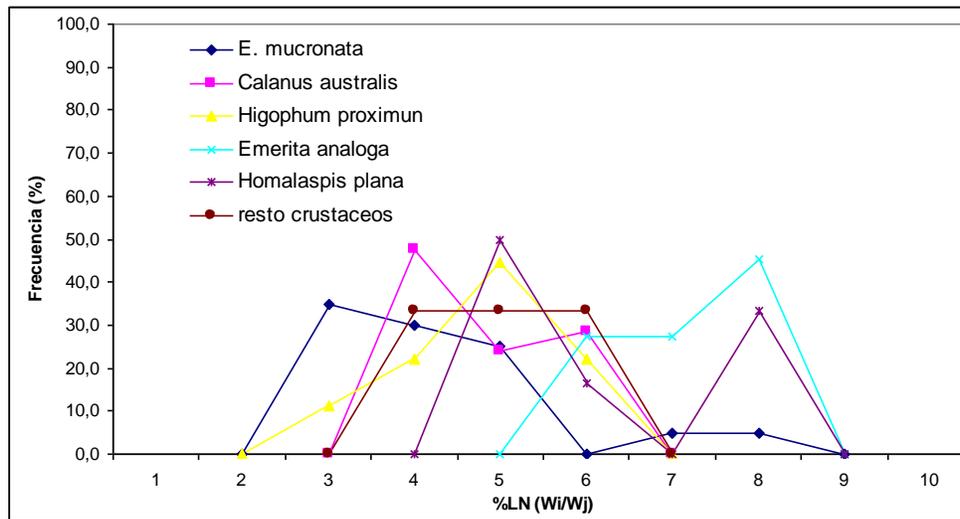


Figura 19 Distribuci3n de frecuencias del 3ndice de selectividad de Ursin de las principales presas por especie de Crust1ceos y Tele3steos.

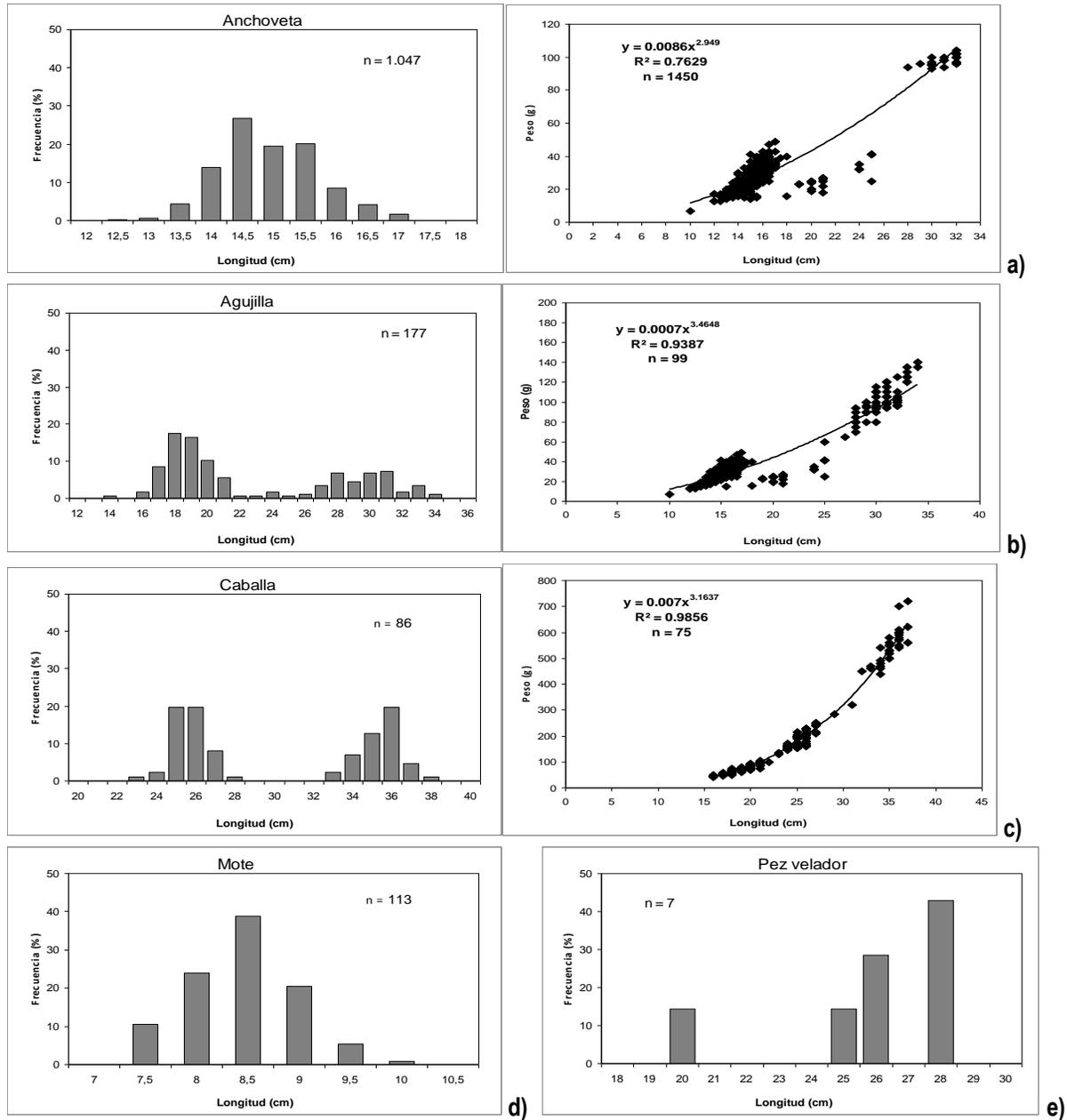


Figura 20. Estructura de talla y relaci3n longitud-peso de la fauna acompa1ante de jurel: a) anchoveta b) agujilla c) caballa, d) mote y c) pez volador.

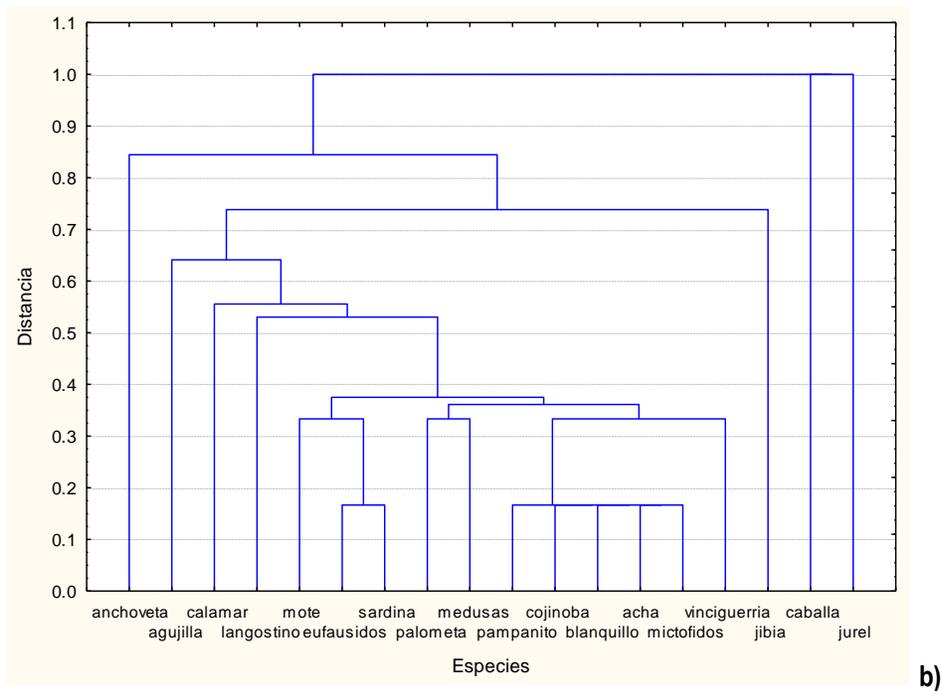
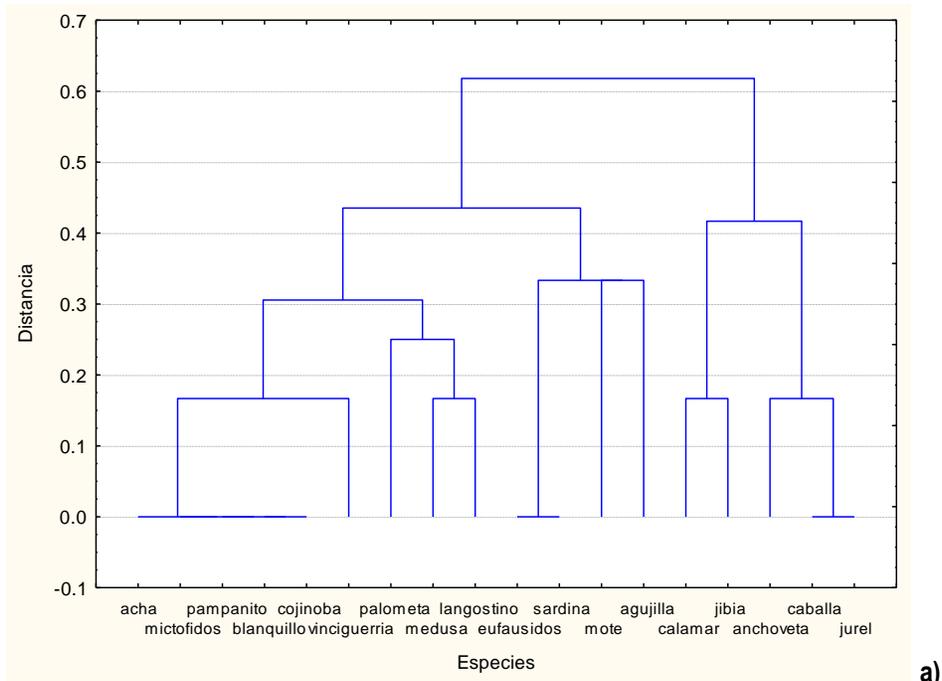


Figura 21. Dendrograma a) ausencia/ presencia por especie y b) importancia relativa por especie.

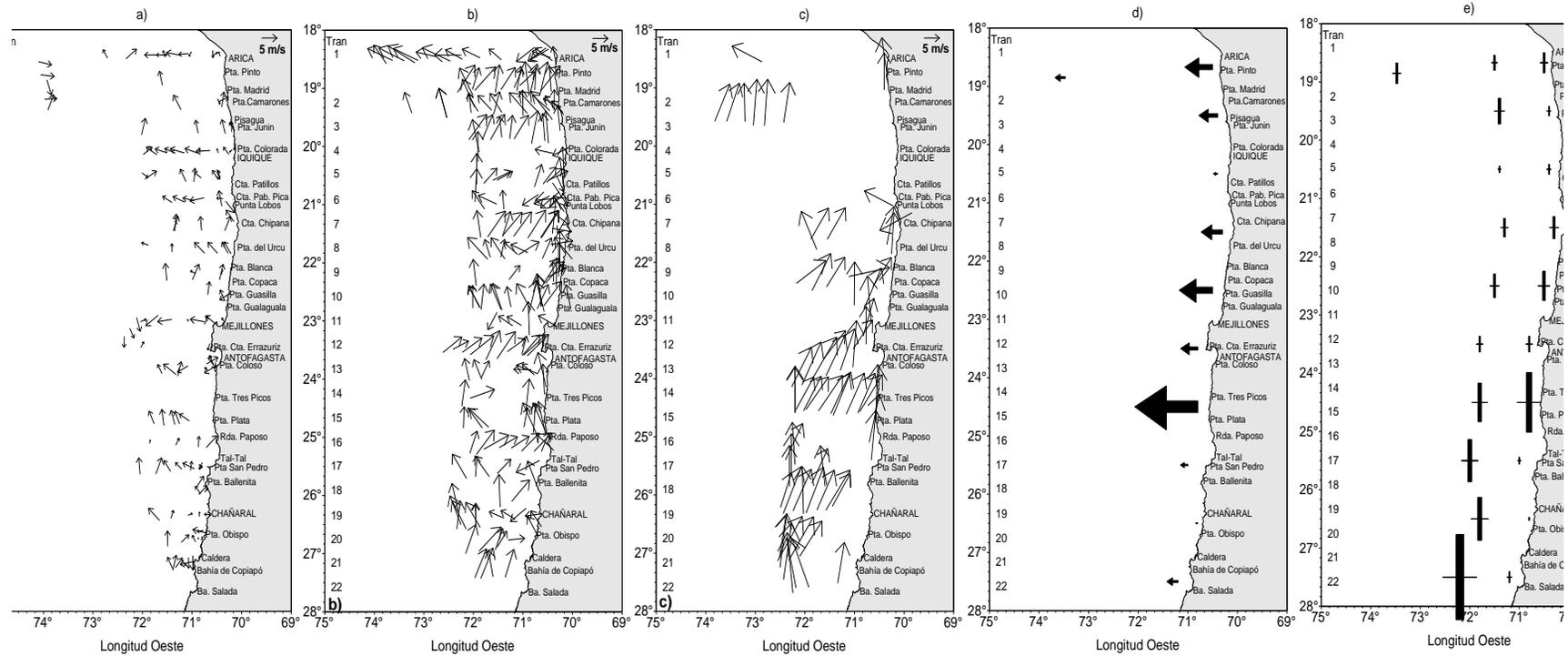


Figura 22. Cartas del viento horario de intensidad a) menor a 5 m/s, b) 5 a 10 m/s, c) mayor a 10 m/s, d) promedios del índice de surgencia y e) promedios de turbulencia. Los promedios se obtuvieron de mediciones del viento de las estaciones dentro de 1° de latitud. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

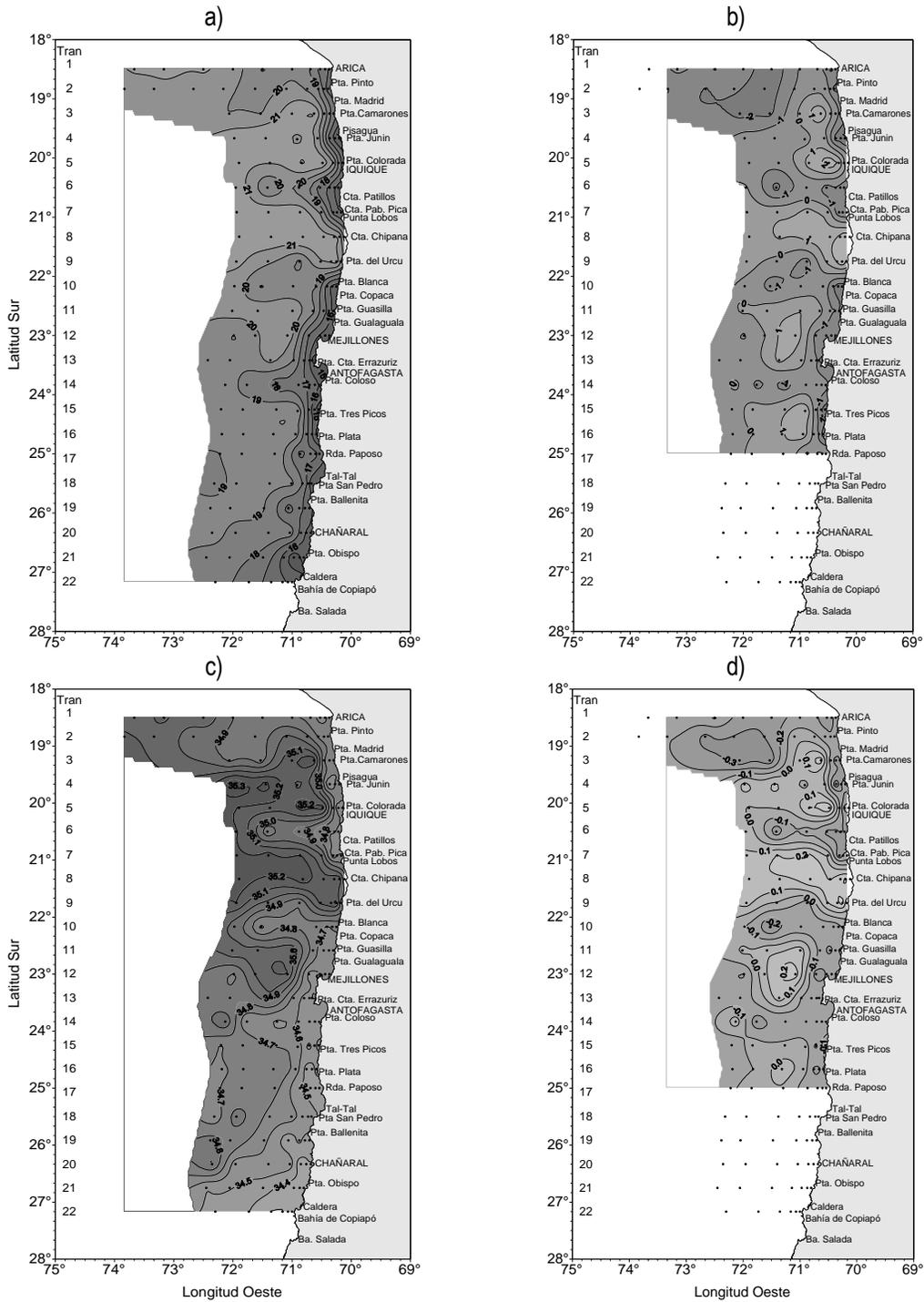


Figura 23. Distribuci3n superficial de (a) temperatura (°C), (b) anomalia de temperatura (°C), (c) salinidad (psu) y (d) anomalia de salinidad (psu). Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

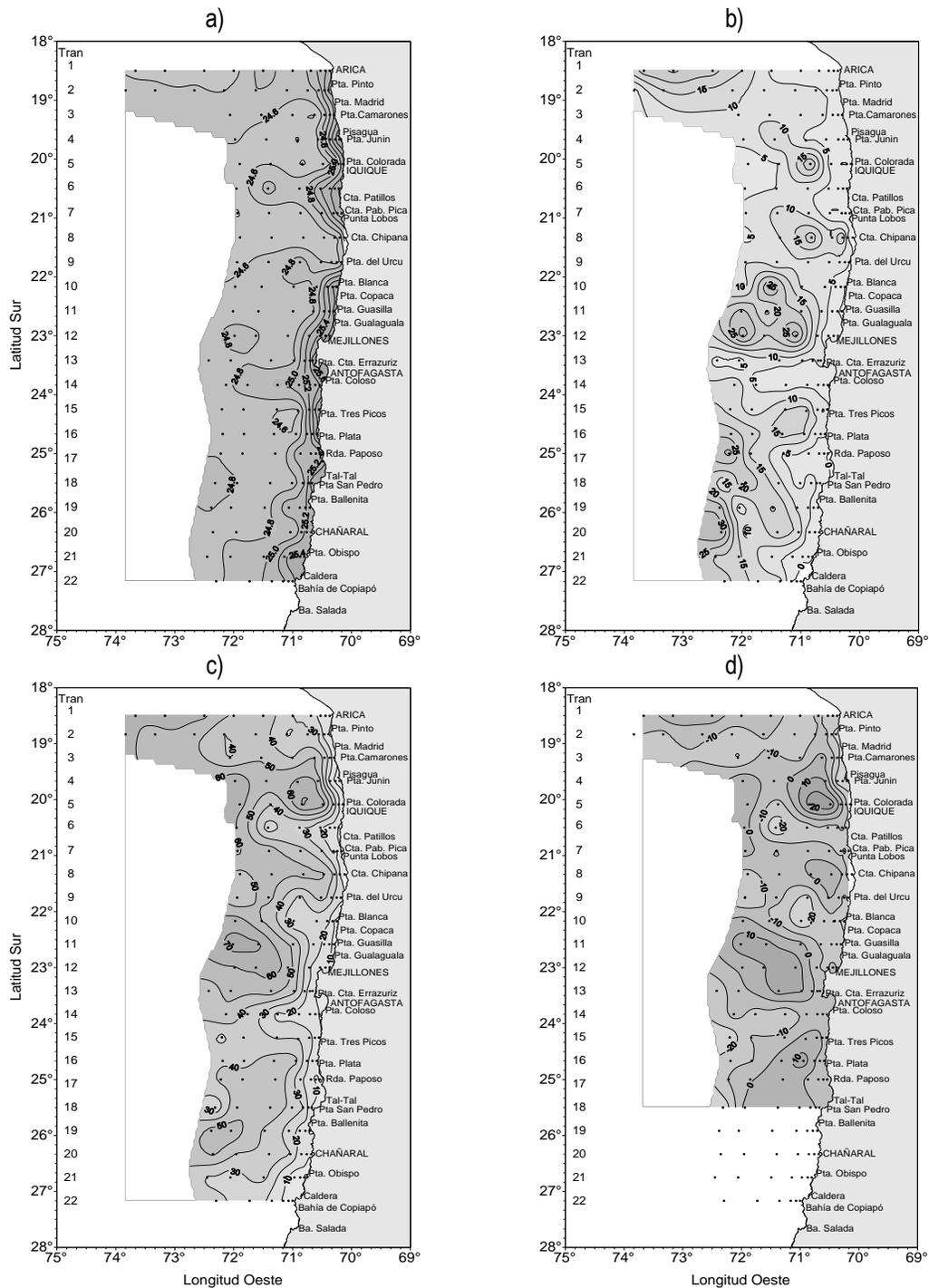


Figura 24. Distribuci3n superficial de (a) densidad (σ_t) (kg/m^3), (b) espesor de la capa de mezcla (m), (c) profundidad de la isoterma de 15°C (m), (d) anomala de profundidad de la isoterma 15°C (m). Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

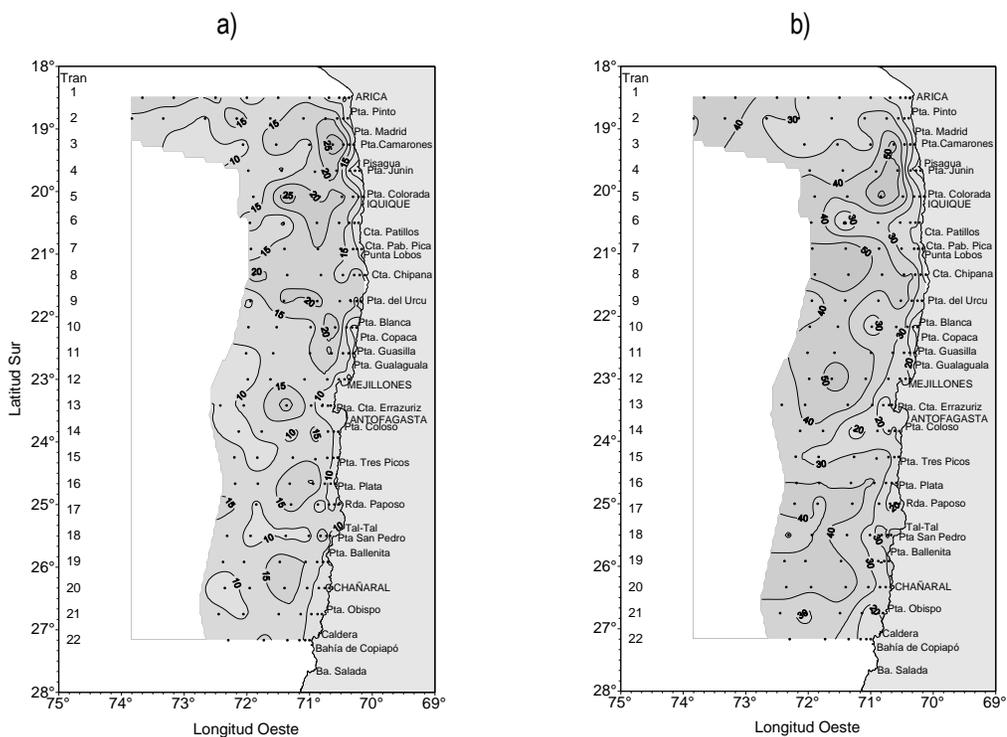


Figura 25. Distribuci3n espacial de (a) espesor de la termoclina (m) y (b) profundidad de la base de la termoclina ($^{\circ}\text{C}$). Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

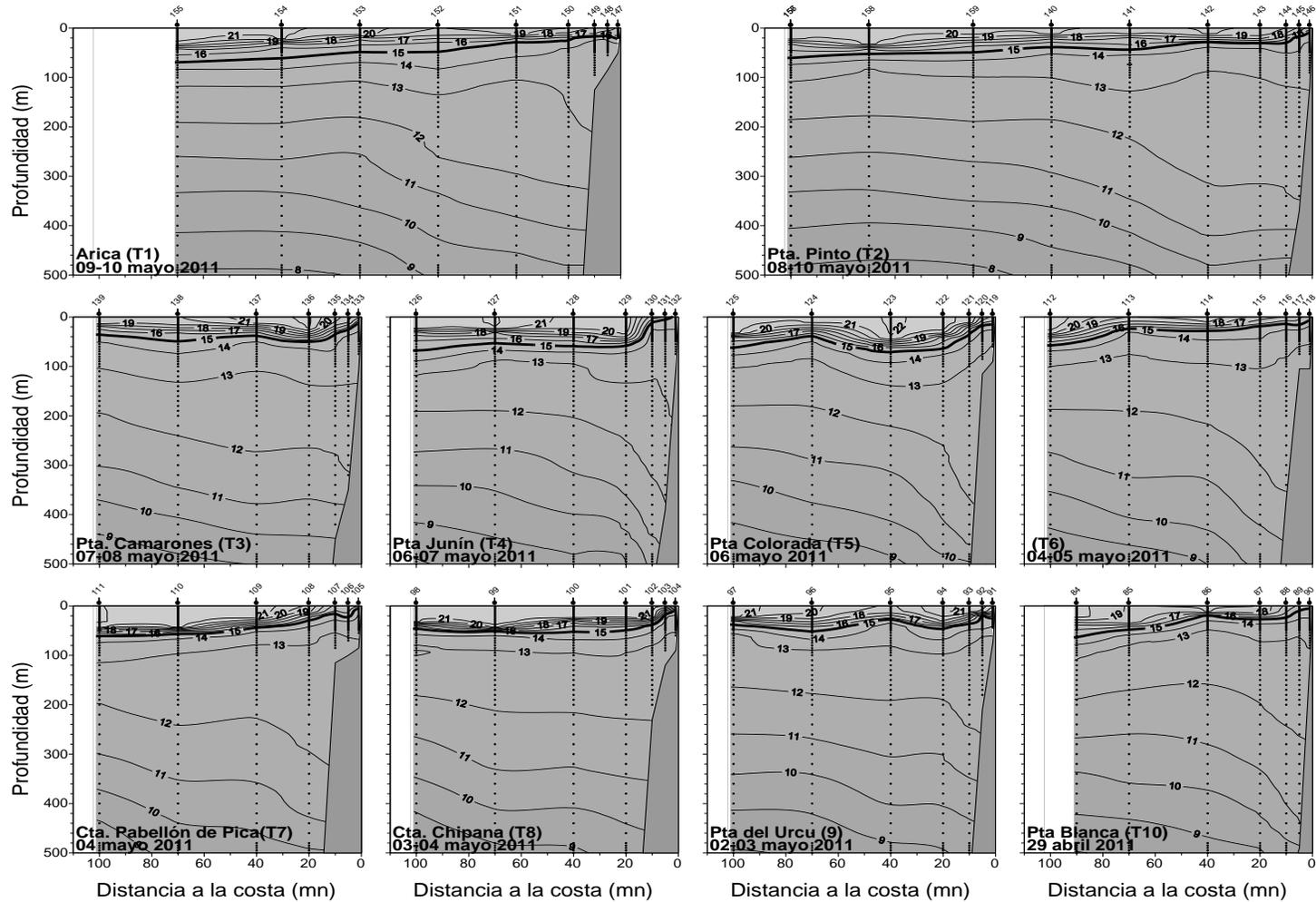


Figura 26. Distribuci3n vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en la columna de agua, transectas oceanogr3ficas 1 a 10. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

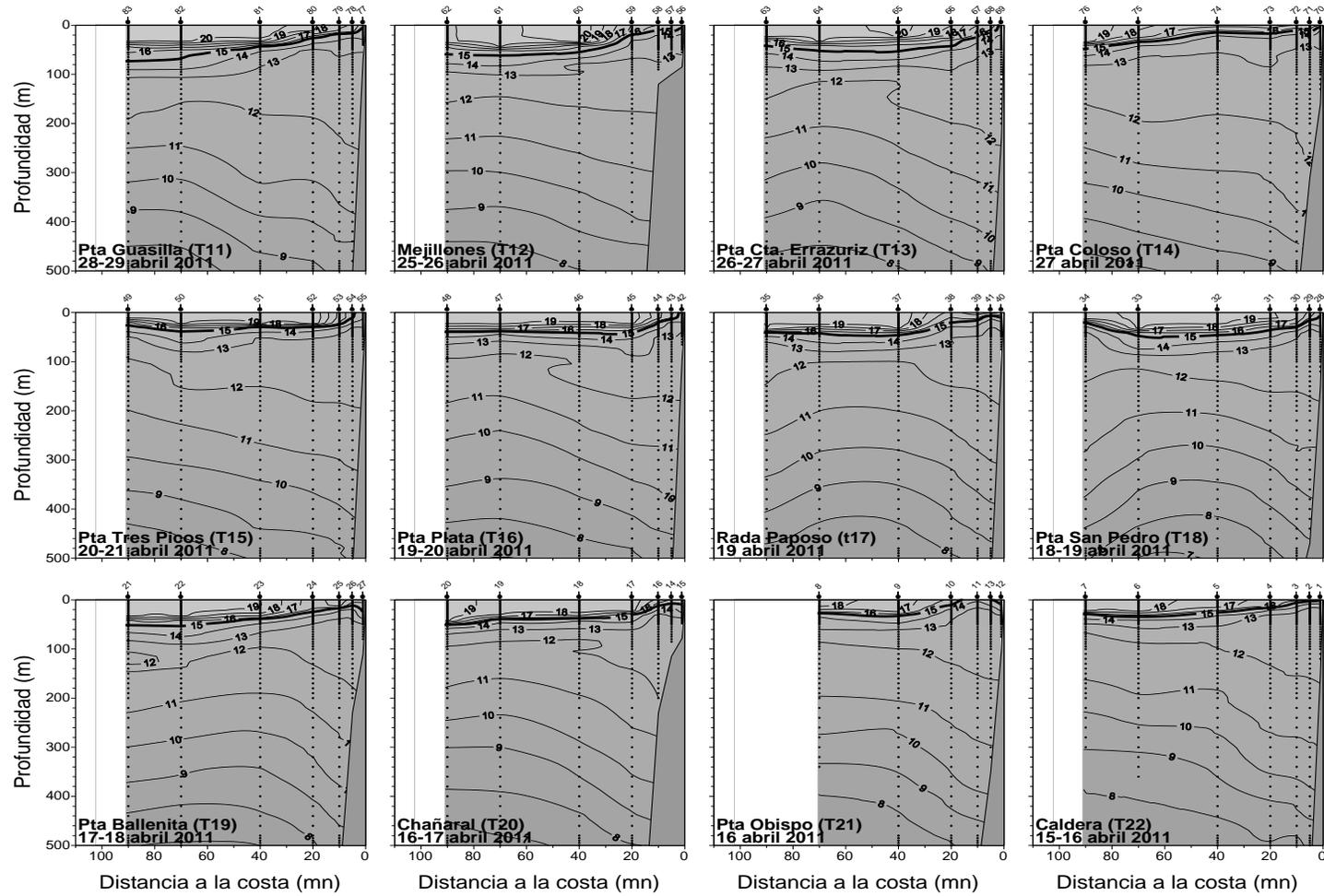


Figura 27. Distribuci3n vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en la columna de agua, transectas oceanogr3ficas 11 a 22. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

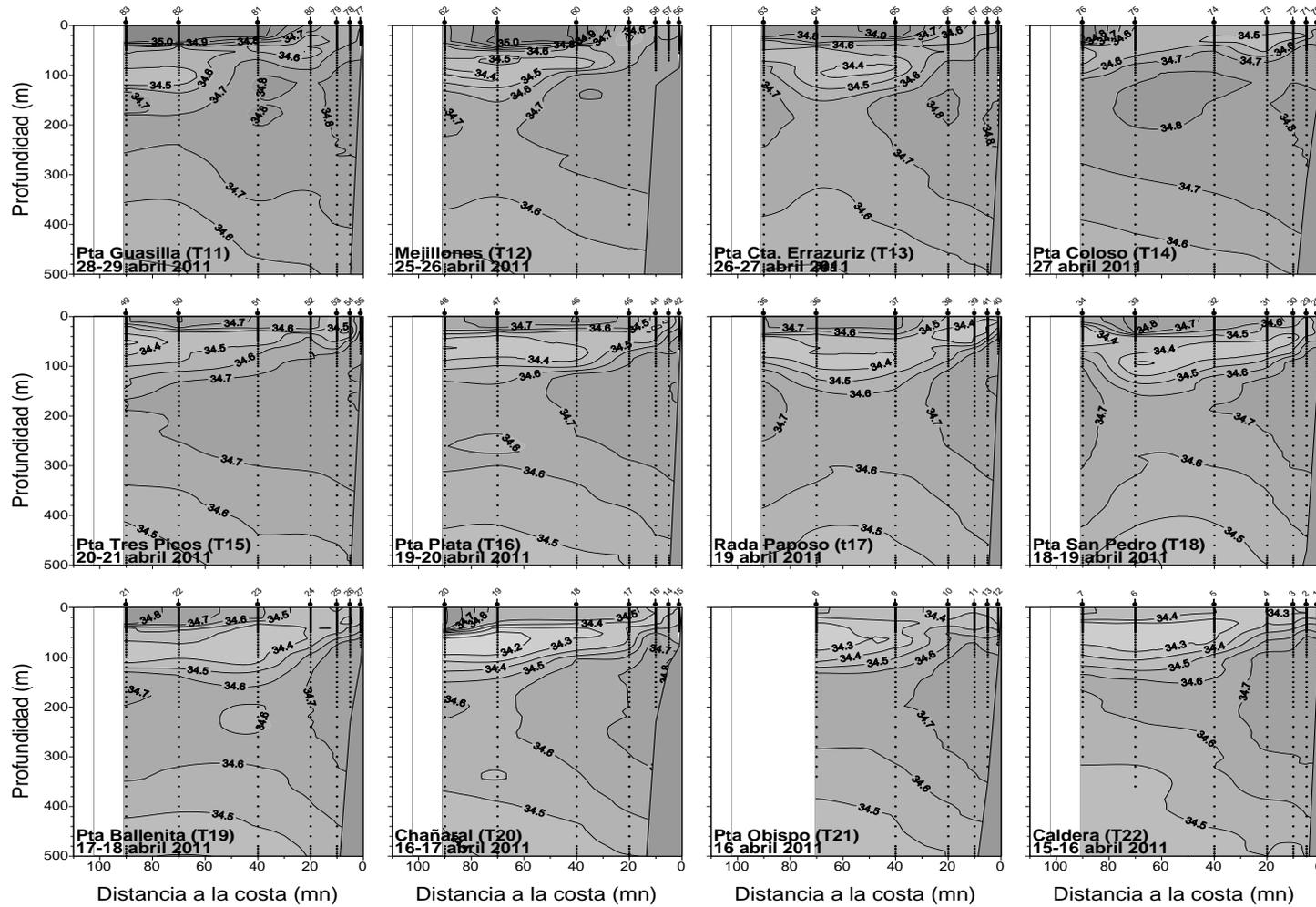


Figura 29. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en la columna de agua, transectas oceanogr3ficas 11 a 22. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

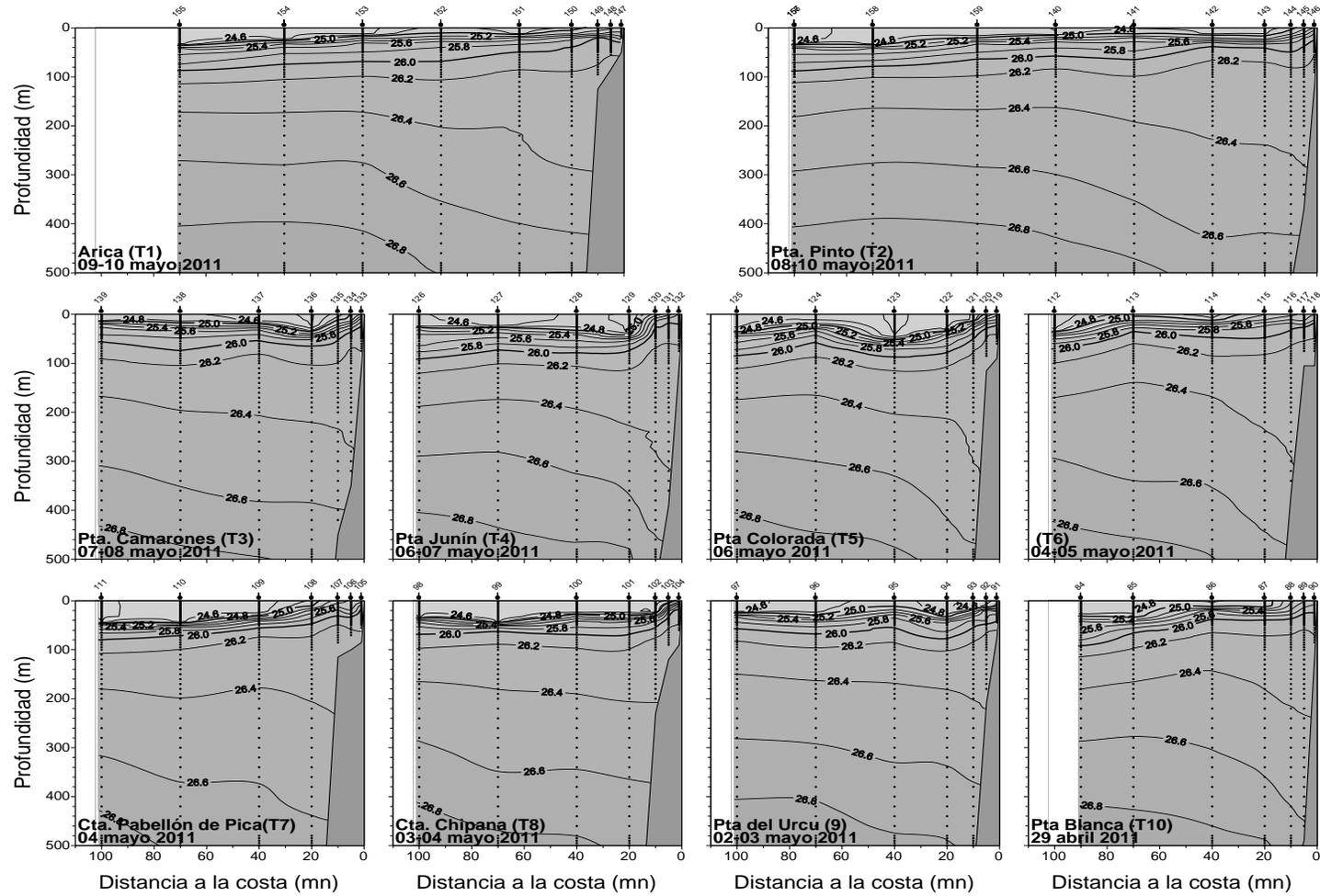


Figura 30. Distribuci3n vertical de sigma-t (densidad-1000) (kg/m^3) en la columna de agua, transectas oceanogr3ficas 1 a 10. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

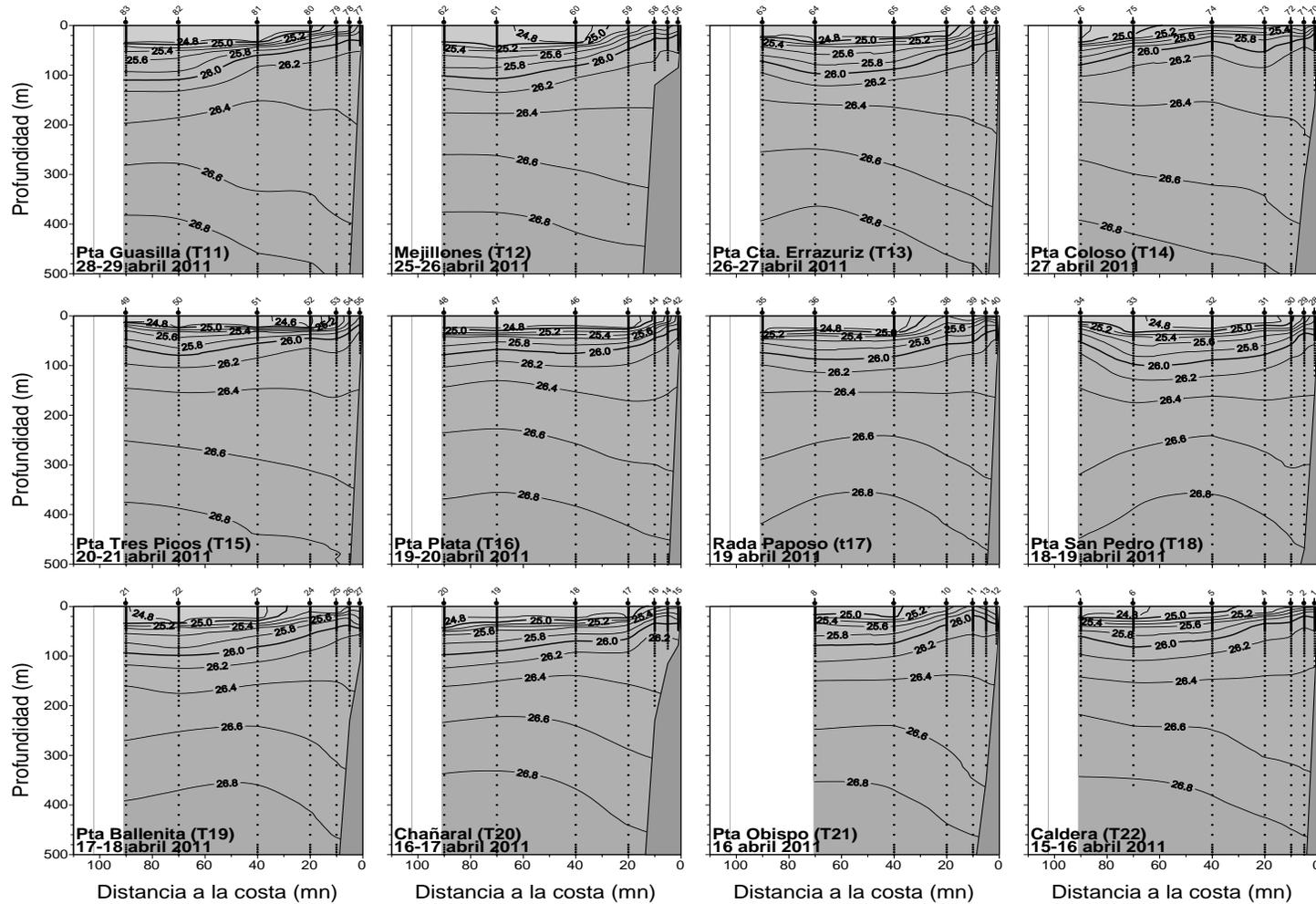


Figura 31. Distribuci3n vertical de sigma-t (densidad-1000) (kg/m³) en la columna de agua, transectas oceanogr3ficas 11 a 22. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

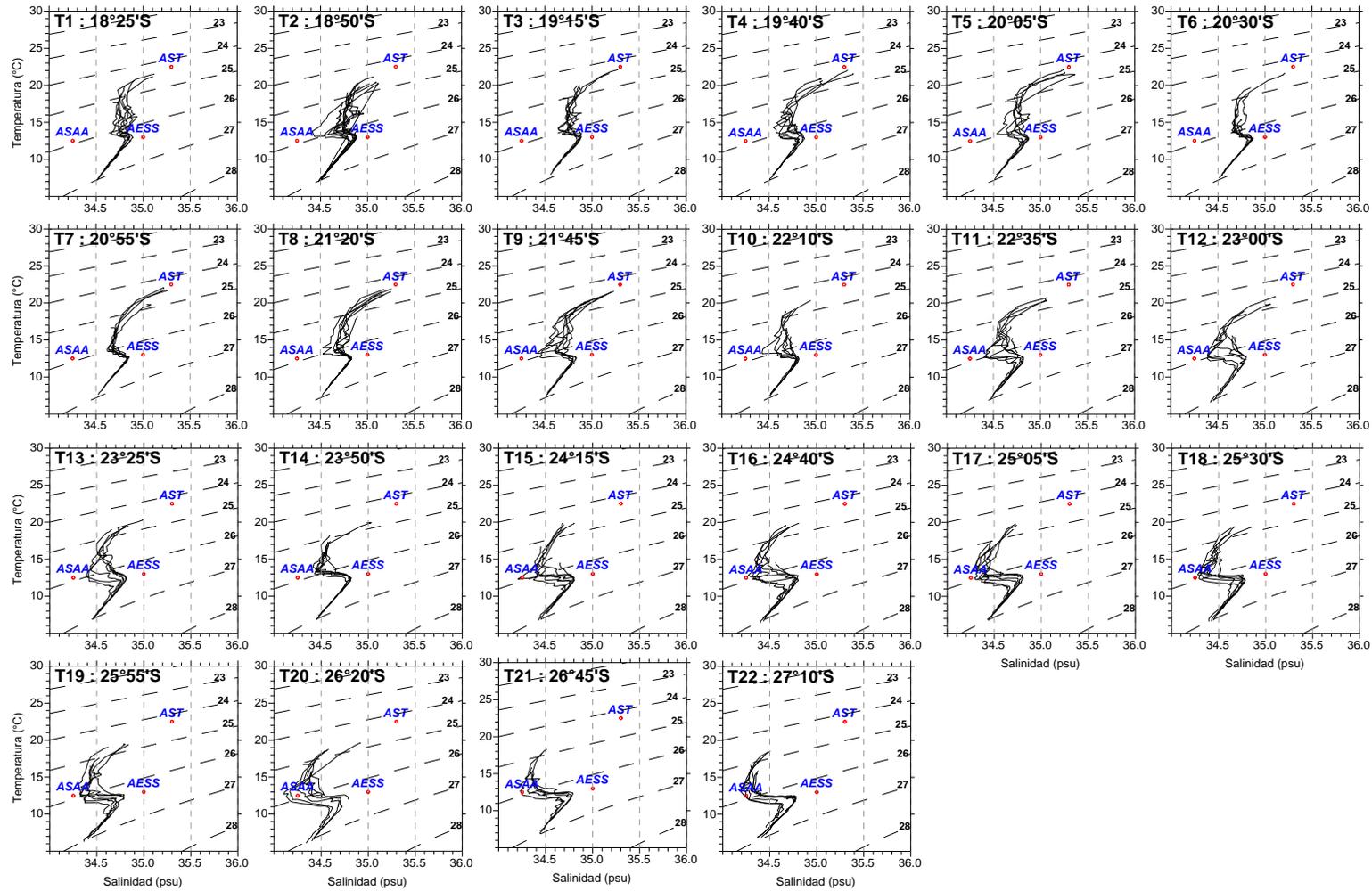


Figura 32. Diagramas T-S de todas las transectas oceanográficas. Jurel, Abril-Mayo 2011.

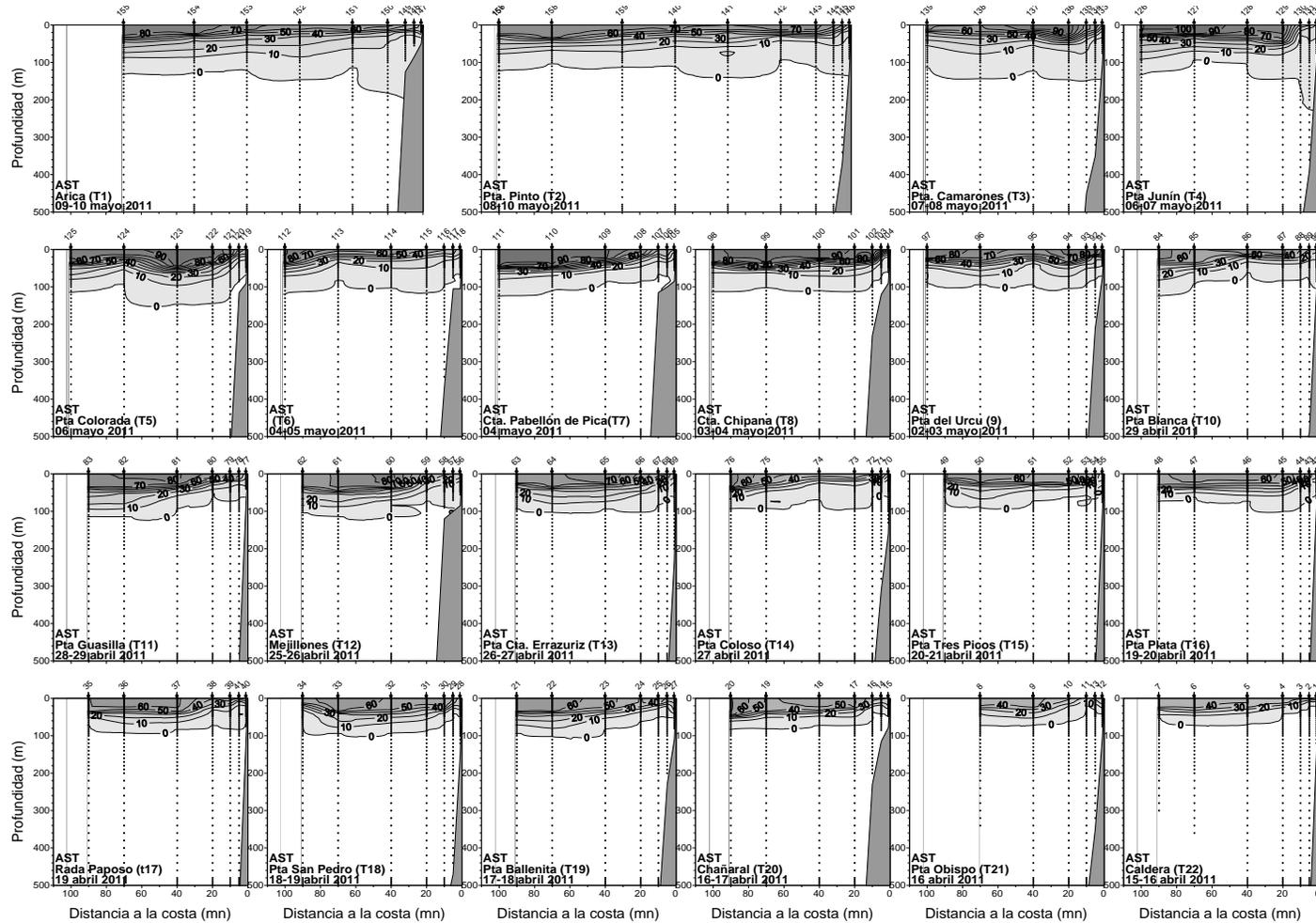


Figura 33. Porcentajes de participaci3n en la mezcla de la masa de agua Subtropical (AST) para todas las transectas oceanogr3ficas. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

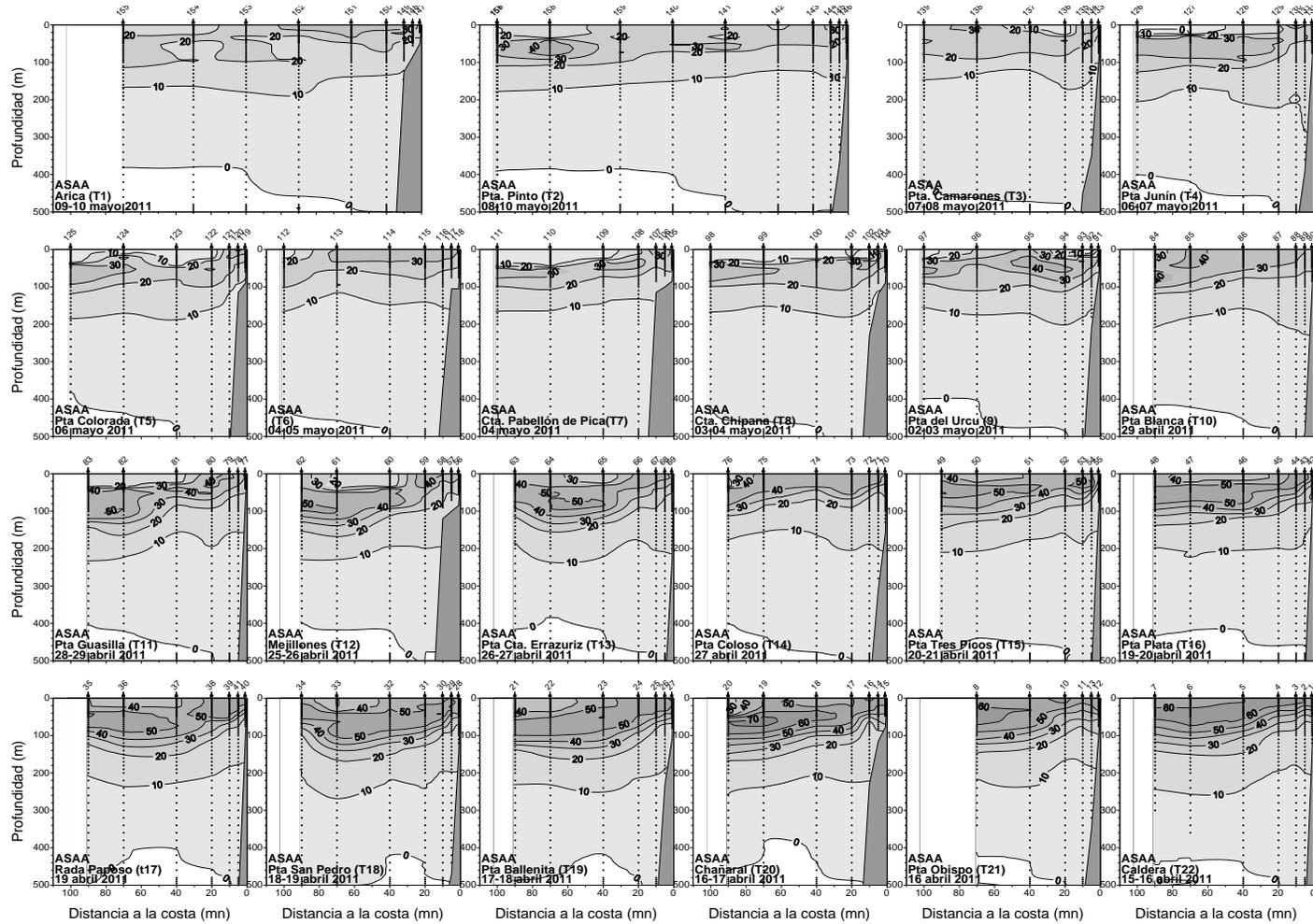


Figura 34. Porcentajes de participaci3n en la mezcla de la masa de agua Subantártica (ASAA) para todas las transectas oceanográficas. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

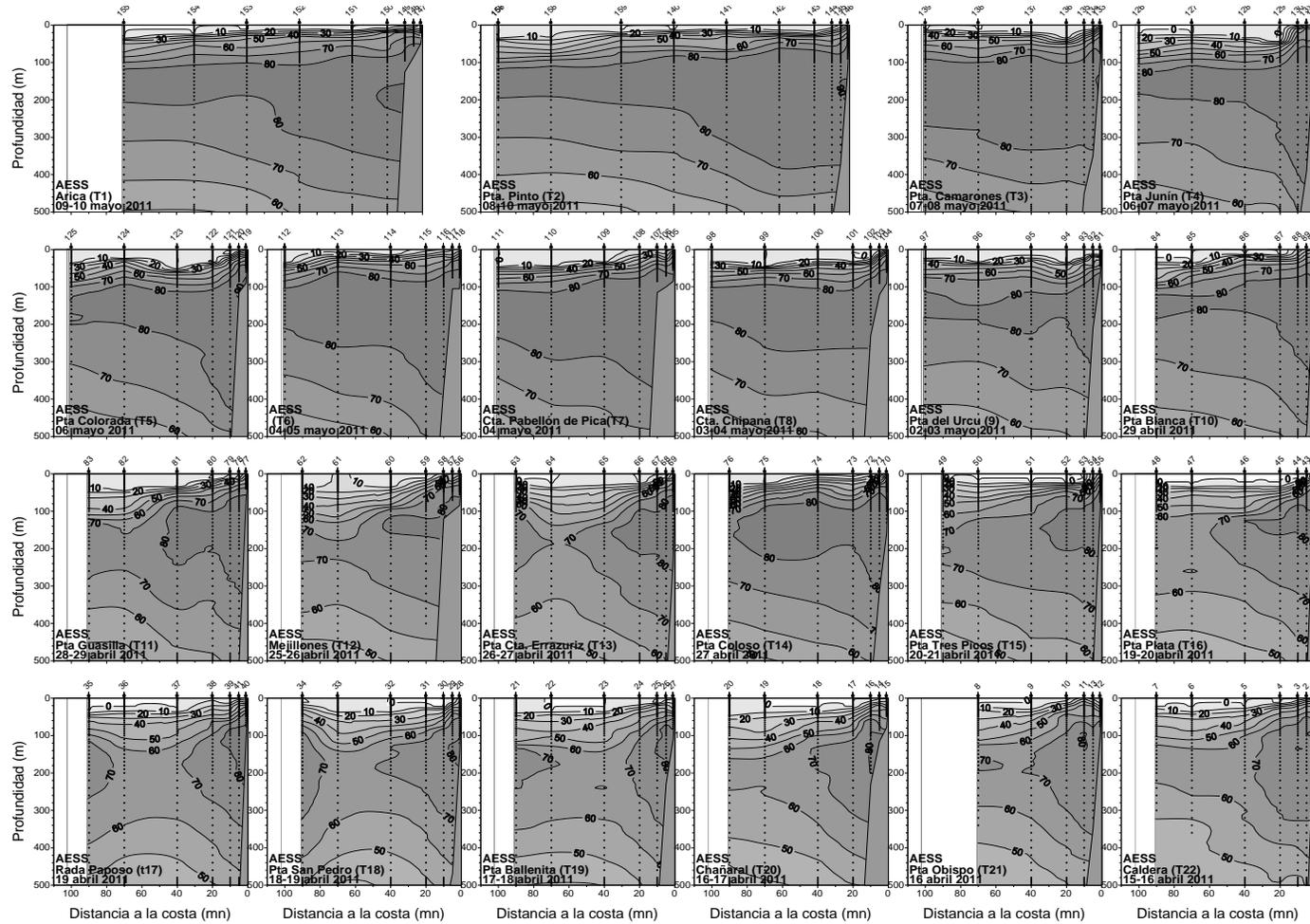


Figura 35. Porcentajes de participaci3n en la mezcla de la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) para todas las transectas oceanogr3ficas. Crucero Jurel, Abril-Mayo 2011.

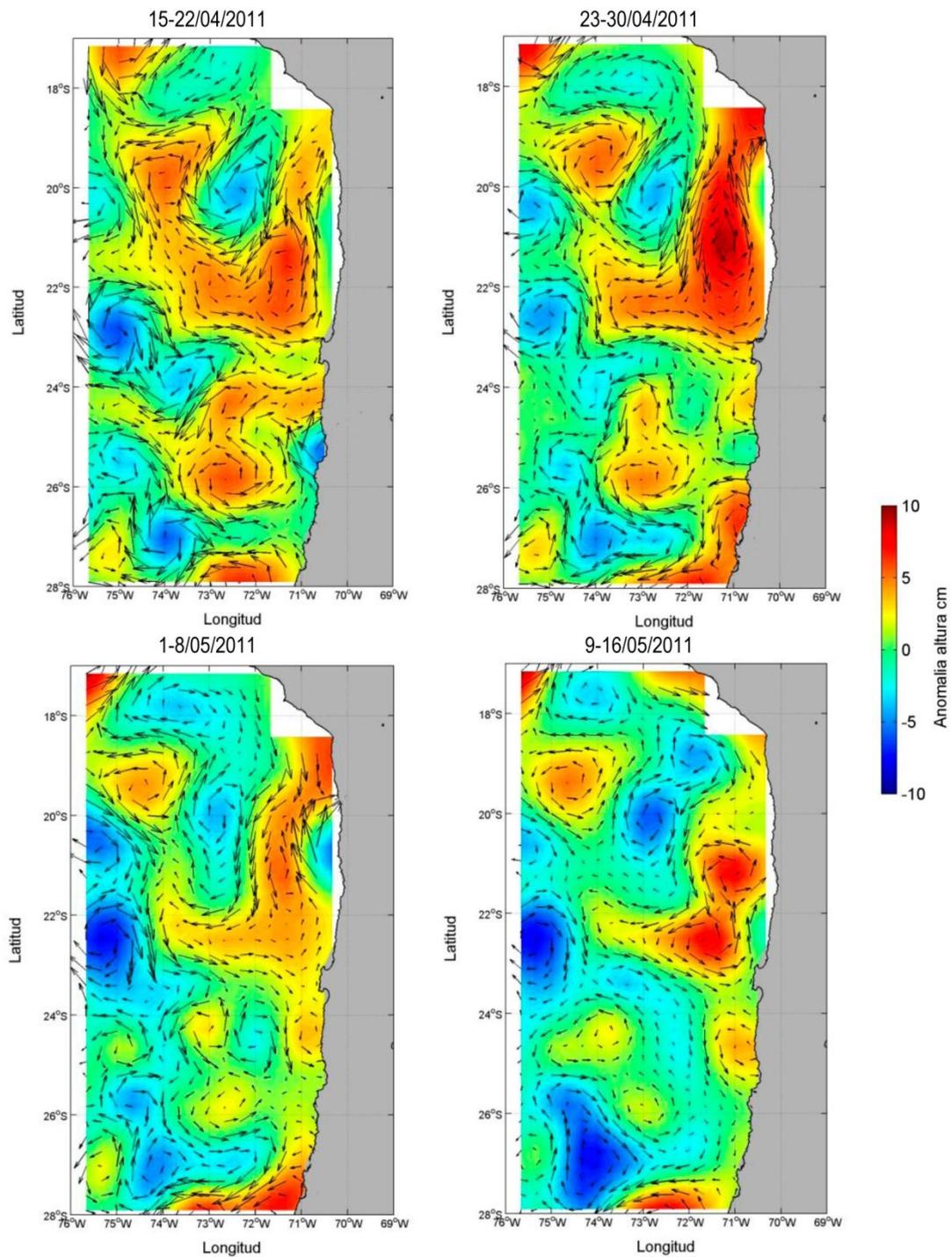


Figura 36. Anomalías de nivel del mar (cm) y velocidades geostróficas (cm/s) de los días 15-22; 23-30 de Abril y 1 -8 ; 9-16 de mayo de 2011.

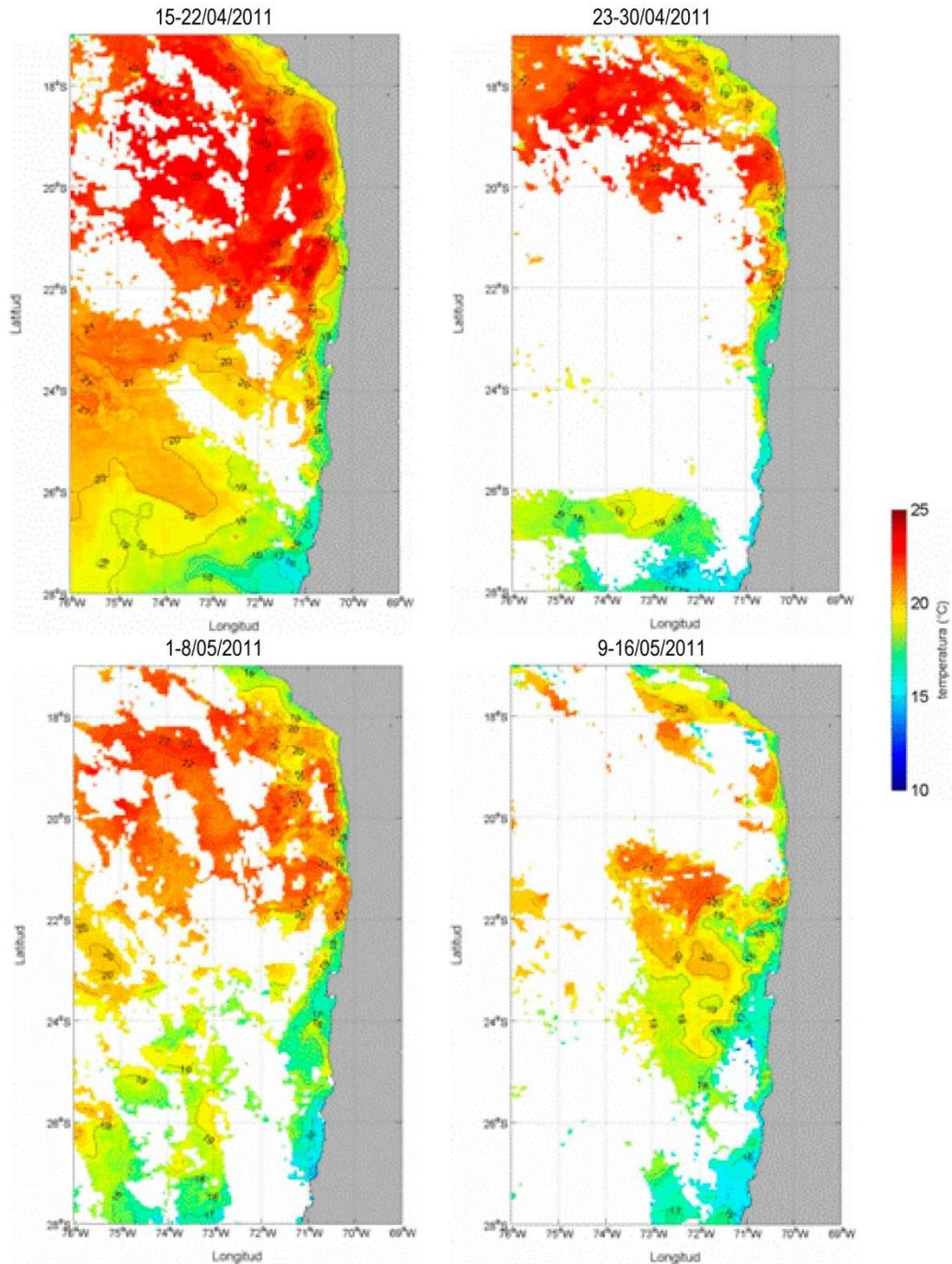


Figura 37.. Temperaturas superficiales del mar (°C) de las imágenes satelitales MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales compuestos de los días 15 a 22 y 23 a 30 de abril y de 1 a 8 y 9 a 16 de mayo de 2011.

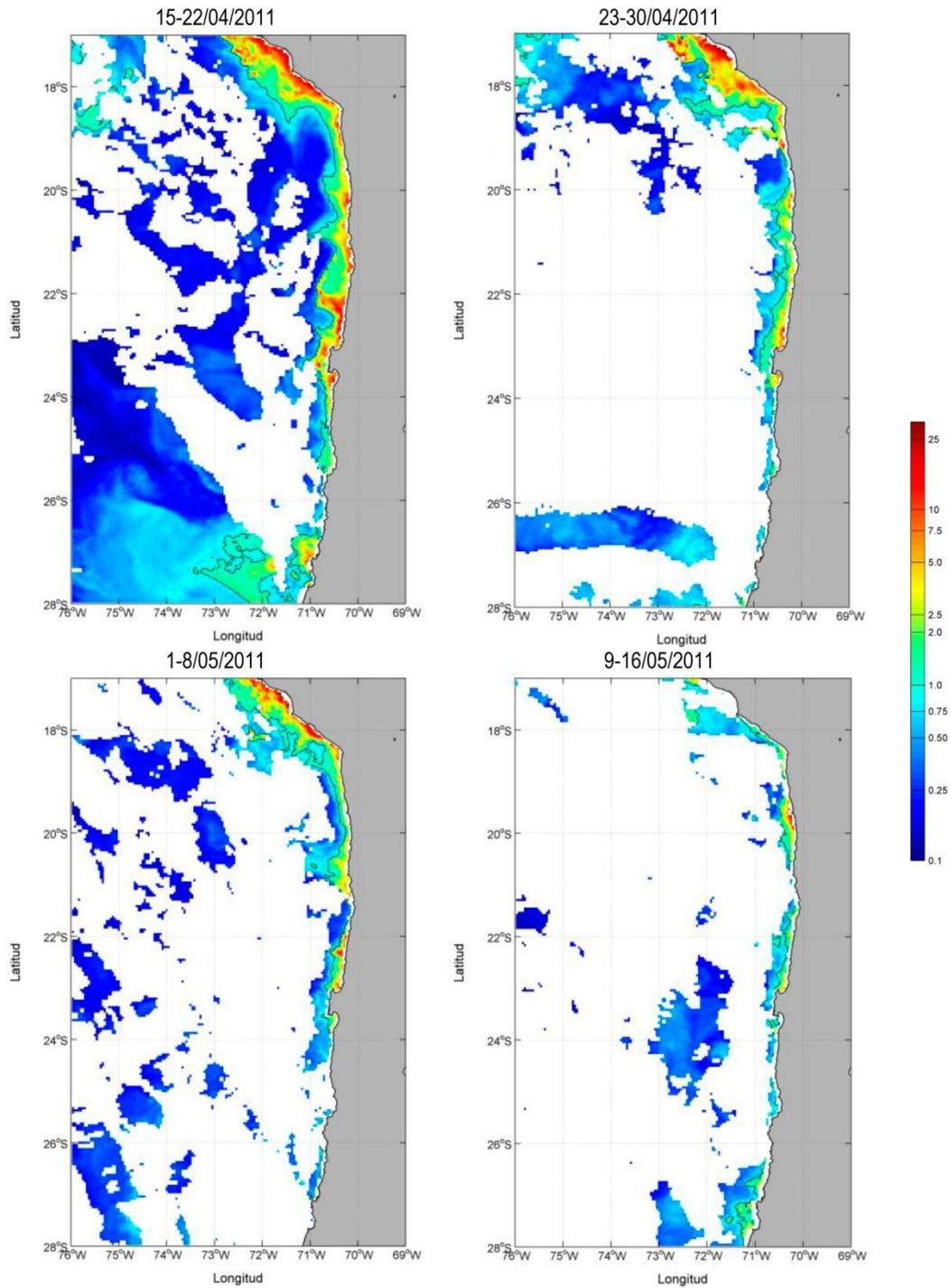


Figura 38. Imágenes satelitales de Clorofila-a (mg/m³) MODIS-A, de los promedios semanales compuestos de los días 15 a 22 y 23 a 30 de abril y de 1 a 8 y 9 a 16 de mayo de 2011.

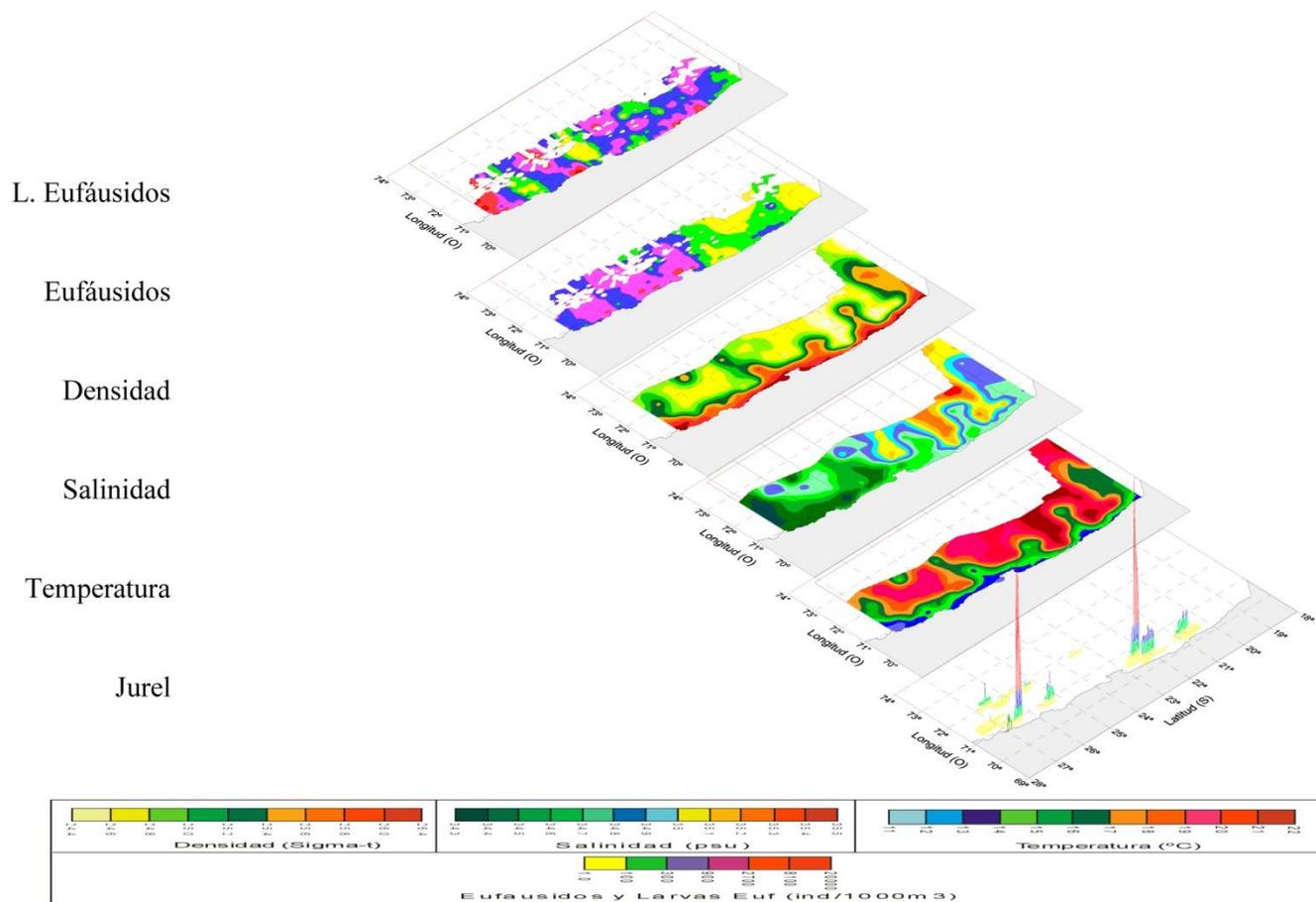


Figura 39. Distribuci3n espacial del jurel y de las variables bio-oceanogr3ficas. Estrato 5-25 metros.

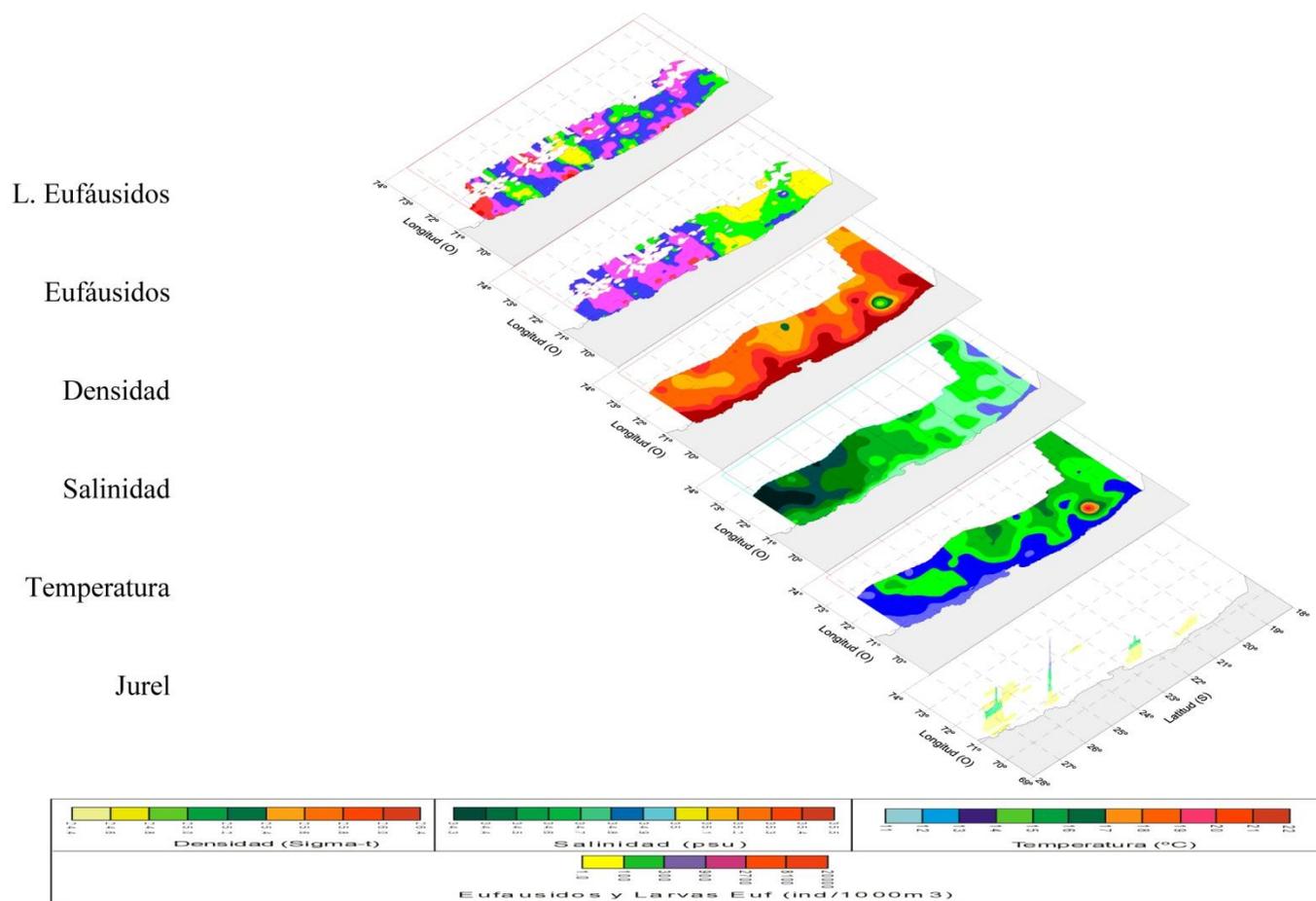


Figura 40. Distribuci3n espacial del jurel y de las variables bio-oceanográficas. Estrato 26-50 metros.

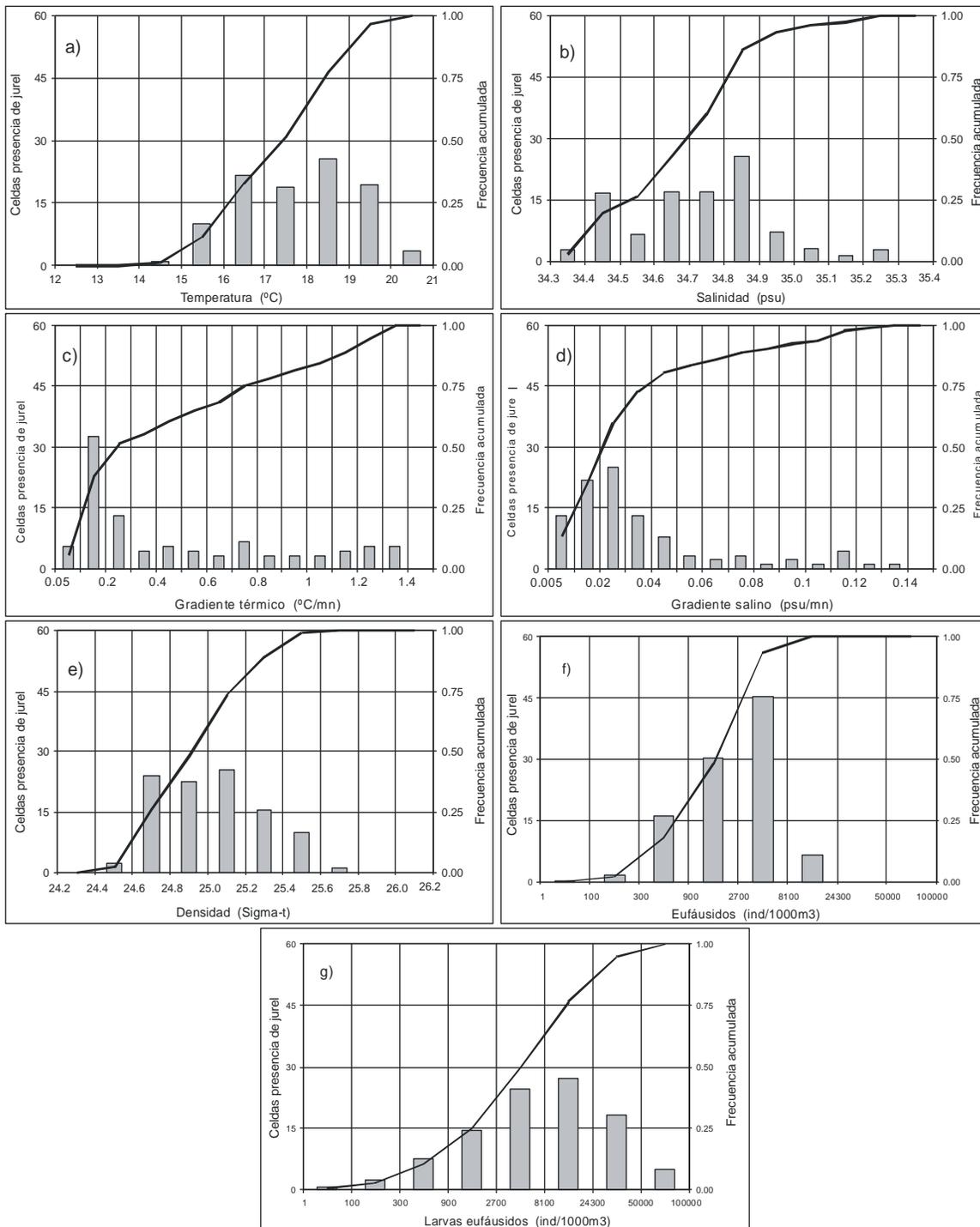


Figura 41. Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de jurel en relación a las variables bio-oceanográficas. Estrato 5-25 m.

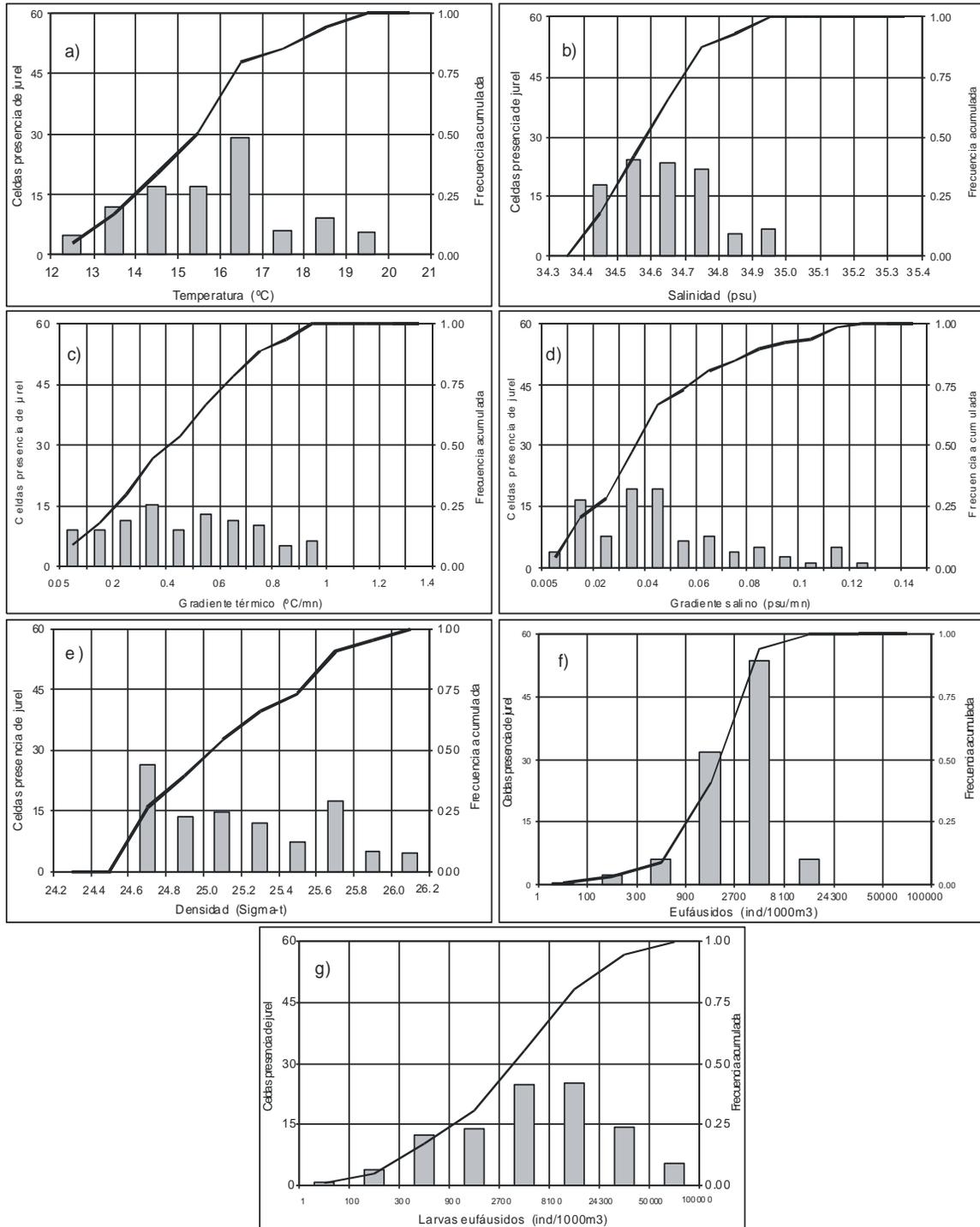
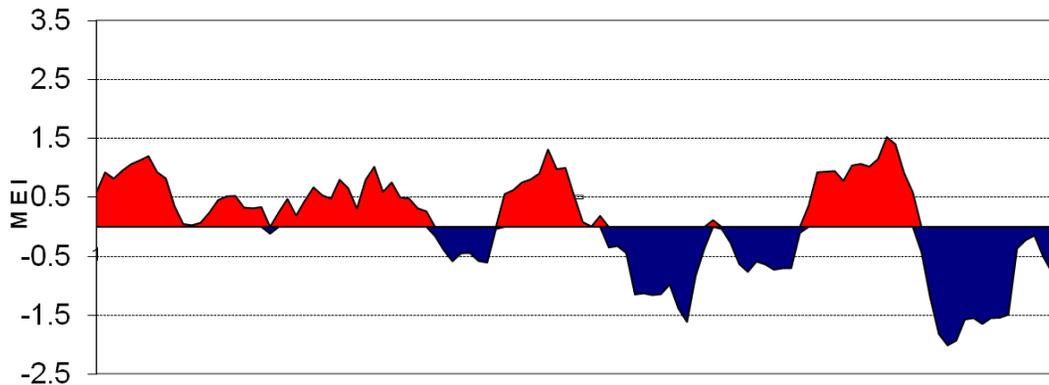


Figura 42. Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de jurel en relación a las variables bio-oceanográficas. Estrato 26-50 m.



Serie Indice Ecuatorial Multivariado (MEI)



Clasificaci3n de eventos ENOS de acuerdo al valor MEI

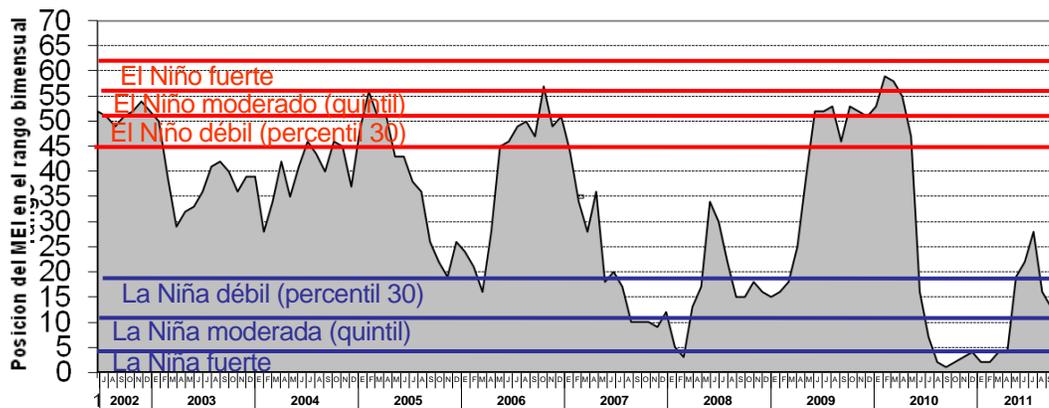


Figura 43. Valores hist3ricos del Índice Multivariado Ecuatorial (MEI) entre el periodo junio 2002–octubre 2011.y clasificaci3n del ENOS seg3n (MEI) (Fuente:Earth system research Laboratory. (<http://www.cdc.noaa.gov/people/-klaus.wolter/MEI/>)). Se indica en la serie el inicio del crucero Jurel.

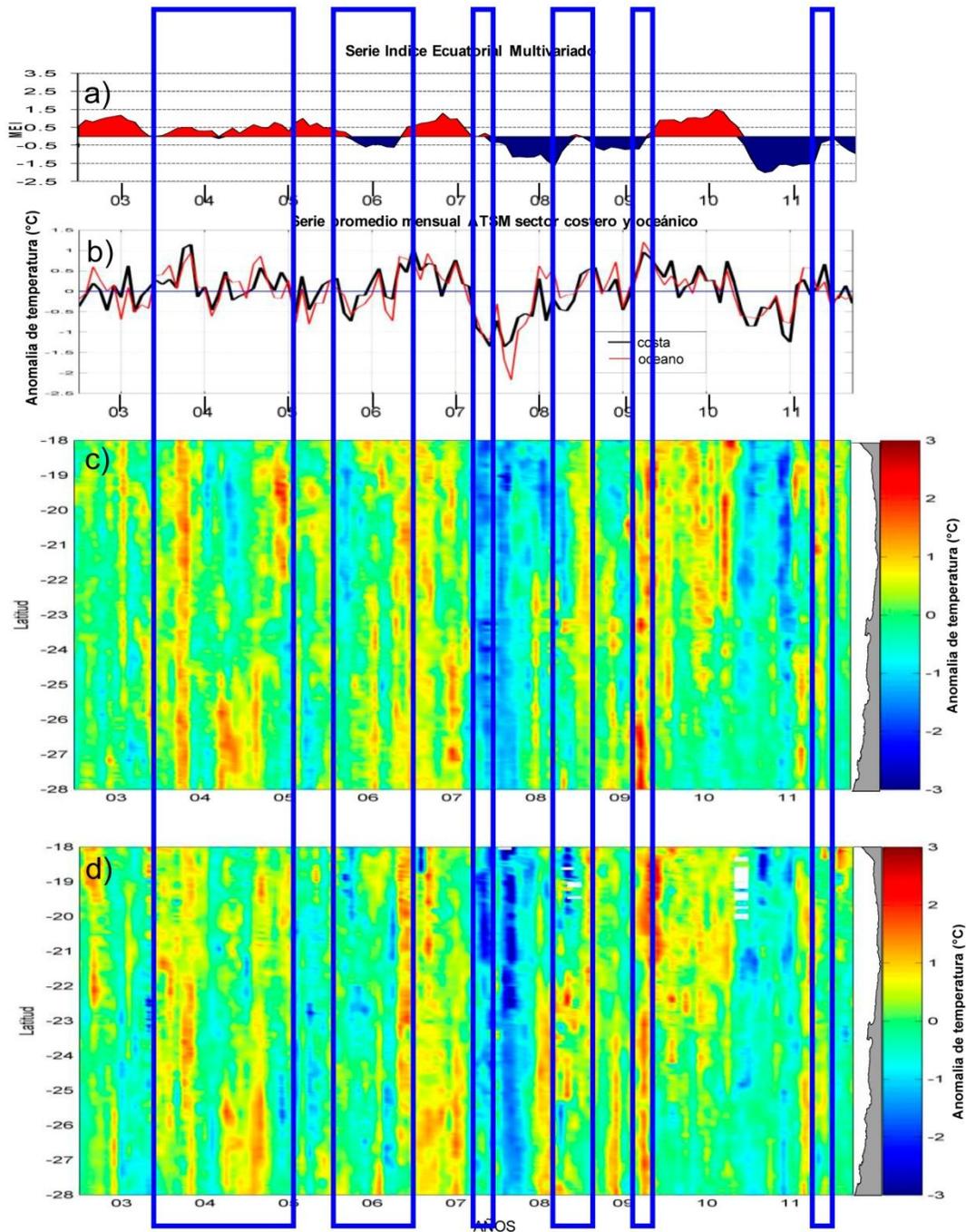


Figura 44.- Índice Multivariado Ecuatorial (MEI) y Anomalia Térmica Satelital del mar (ATSM) entre 2002 y 2011.

A N E X O S

A N E X O I

**“Comparación de estructura de talla de cruceros
y flota de cerco XV, I y II Región.”**



COMPARACIÓN DE ESTRUCTURA DE TALLA DE CRUCEROS Y FLOTA DE CERCO XV, I y II REGIÓN

Para el evaluación de primavera del 2009, la información requerida para estudios biológicos, fue obtenida desde muestreos contemporáneos realizados en naves de la flota cerco industrial durante el crucero de evaluación, en atención al reducido número de lances y la no captura de jurel por parte del B/C "Abate Molina" en la evaluación del recurso, dado la escasa presencia del recurso y la amplia separación entre si de las agregaciones de jurel, la cuales están mas accesible a la captura con arte de cerco, al requerir el arrastre una continuidad de ellas durante su recorrido en la zona de pesca.

En este sentido, para establecer si es necesario de corregir las estructuras de tamaño recolectadas a bordo de naves de cerco, se comparó la composición de tamaño obtenidas en los cruceros de evaluación (sistema arrastre a mediagua) y los registrados por la flota de cerco de la XV, I Y II Región para el periodo 2006-2008, orientado a establecer posibles diferencias estadísticas significativas entre las estructuras de tallas colectadas por los dos diferentes sistemas de pesca. Atendiendo a que se ha utilizado diferente arte de pesca, y a que la flota industrial podría cierta predilección por ejemplares de mayor tamaño evitando zona donde se detectan individuos pequeños, parece natural tener ciertas aprehensiones respecto de la similitud de ambas estructura de tallas obtenidas de ambas capturas.

Luego, con el propósito de dilucidar respecto de esta duda se planteó la hipótesis de similitud entre las dos estructuras obtenidas con cada muestra, dada en los siguientes términos:

H_0 : Las estructuras de talla obtenidas a partir de las capturas logradas con red de media agua son estadísticamente similares a las logradas con red de cerco y las diferencias observadas son causas del azar.

O bien puede ser expresada en los siguientes términos:

H_0 : Las dos muestras provienen de una misma población.

La hipótesis alternativa H_1 es planteada como una negación de la hipótesis nula.

Una forma alternativa en que podemos plantear la hipótesis nula y alternativa puede ser en los siguientes términos:

$$H_0 : P_{1k} = P_{2k} \quad \forall k = 1, 2, \dots, k, \dots, K$$

$$H_1 : P_{1k} \neq P_{2k} \quad \text{para al menos al g un } k = 1, 2, \dots, k, \dots, K$$

En esta última hipótesis se plantea que bastará que al menos para una clase de tallas en que se encuentren diferencias significativas o contribuya de manera importante a la estadística de prueba,



bastarí­a para asumir que las dos estructura son estadísticamente diferentes. Para dilucidar sobre esta disyuntiva, se realiz3 una prueba de hip3tesis basado en una estadística de χ^2 para comparar dos distribuciones multinomiales, la cual intentara detectar cuan diferentes son ambas distribuciones en la totalidad de las clases coincidentes y, en particular, en aquella(s) en que no lo son.

Los resultados alcanzados muestran que no es posible aceptar la existencia de diferencias significativas entre las distribuciones de tallas de los cruceros y la flota de cerco, al obtener valores de chi cuadrado calculados inferiores a los de tabla ($\alpha = 0,5$), para la serie hist3rica recolectada en la zona norte del país (Tabla 1), raz3n por lo cual es posible considerar la estructura de talla de jurel proveniente de la flota para la estimaci3n de la biomasa durante el 2009 (Figura 1). Resultado que refleja la presencia de ejemplares peque­os y de mayor tama­o en la estructura de talla de estos a­os, sin evidenciar diferencias por una intencionalidad a evitar la captura de ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm, como se observo desde 1997 en la zona centro sur del país, dado que las capturas comerciales en la zona norte se realizan bajo el marco de una Pesca de Investigaci3n que permite capturas de ejemplares menores a 26 cm.

Tabla 1.
Resultados de comparaci3n estructura talla crucero y flota con prueba estadística de chi cuadrado.

A­os	χ calculado	χ Tabla ($\alpha=0.95$)	N
2006	6,9	31,4	20
2007	8,9	18,3	10
2008	15,8	33,9	22

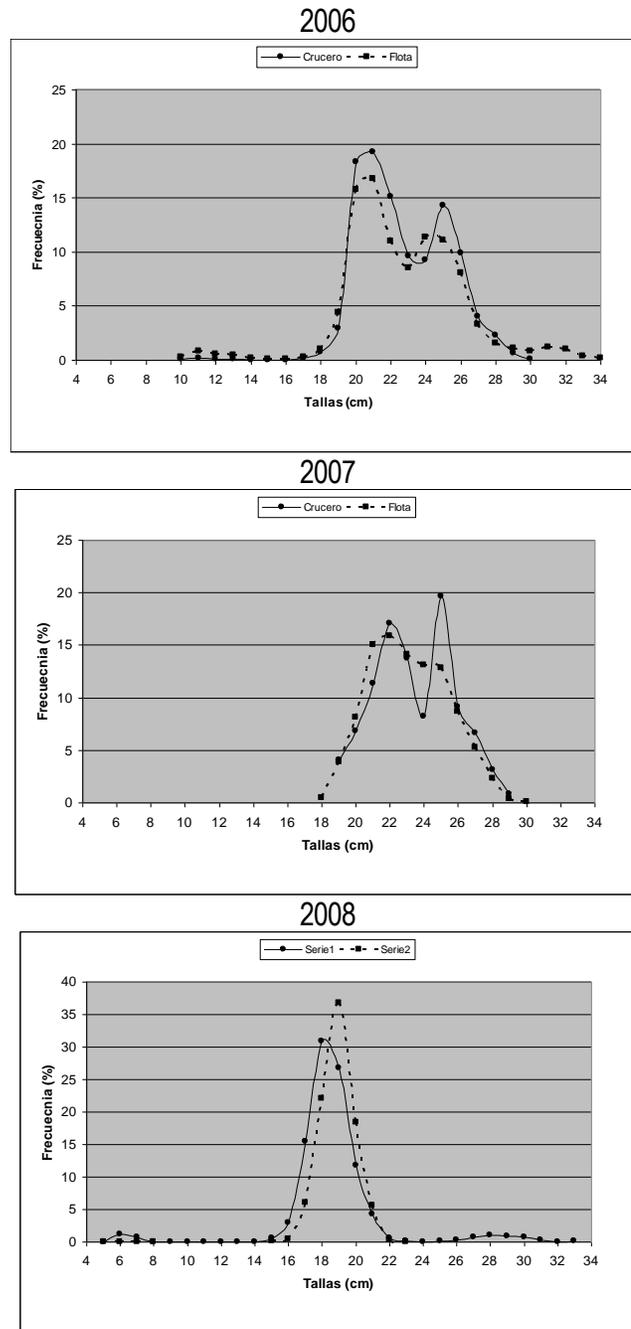


Figura 1. Estructura de tallas de crucero y flota de cerco XV, I y II Regi3n (2006-2008).

A N E X O II

“Posición y fecha de los muestreos acústicos y bio-oceanográficos”.



POSICIÓN Y FECHA DE LAS TRANSECTAS POR BARCO

Transecta	Embarcación	Latitud (°S)	Fecha	
			5-100 mn	100-200 mn
1	Eperva 64	18°25'	09-05-2011	10-05-2011
2	Eperva 64	19°15'	08-05-2011	
3	Eperva 64	19°40'	07-05-2011	09/10-05-2011
4	Eperva 64	20°05'	06/07-05-2011	
5	Eperva 64	20°30'	06-05-2011	
6	Eperva 64	20°55'	05-05-2011	
7	Eperva 64	21°20'	04-05-2011	
8	Eperva 64	21°45'	03-05-2011	
9	Eperva 64	22°10'	02-05-2011	
10	Eperva 64	22°35'	29-04-2011	
11	Eperva 64	23°00'	28-04-2011	
12	Eperva 64	23°25'	25-05-2011	
13	Eperva 64	23°50'	26-04-2011	
14	Eperva 64	24°15'	27-04-2011	
15	Eperva 64	24°40'	21-04-2011	
16	Eperva 64	25°05'	20-04-2011	
17	Eperva 64	25°30'	19-04-2011	
18	Eperva 64	25°55'	18-04-2011	
19	Eperva 64	26°20'	17/18-04-2011	
20	Eperva 64	26°45'	17-04-2011	
21	Eperva 64	27°35'	16-04-2011	
22	Eperva 64	27°10'	15-04-2011	

**POSICIÓN Y FECHA DE ESTACIONES BIOCEANOGRÁFICAS.**

Estación	Embarcación	Fecha	Latitud (S)	Longitud (W)
1	Eperva 64	15-04-2011	71°00'	27°10'
2	Eperva 64	15-04-2011	71°04'	27°10'
3	Eperva 64	15-04-2011	71°10'	27°10'
4	Eperva 64	15-04-2011	71°21'	27°10'
5	Eperva 64	15-04-2011	71°44'	27°10'
6	Eperva 64	16-04-2011	72°18'	27°10'
7	Eperva 64	16-04-2011	72°27'	26°45'
8	Eperva 64	16-04-2011	72°03'	26°45'
9	Eperva 64	16-04-2011	71°30'	26°45'
10	Eperva 64	16-04-2011	71°09'	26°45'
11	Eperva 64	16-04-2011	70°58'	26°45'
12	Eperva 64	16-04-2011	70°48'	26°45'
13	Eperva 64	16-04-2011	70°52'	26°45'
14	Eperva 64	16-04-2011	70°46'	26°20'
15	Eperva 64	17-04-2011	70°41'	26°20'
16	Eperva 64	17-04-2011	70°51'	26°20'
17	Eperva 64	17-04-2011	71°02'	26°20'
18	Eperva 64	17-04-2011	71°24'	26°20'
19	Eperva 64	17-04-2011	71°57'	26°20'
20	Eperva 64	17-04-2011	72°21'	26°20'
21	Eperva 64	17-04-2011	72°23'	25°55'
22	Eperva 64	17-04-2011	72°03'	25°55'
23	Eperva 64	17-04-2011	71°29'	25°55'
24	Eperva 64	18-04-2011	71°04'	25°55'
25	Eperva 64	18-04-2011	70°53'	25°55'
26	Eperva 64	18-04-2011	70°47'	25°55'
27	Eperva 64	18-04-2011	70°43'	25°55'
28	Eperva 64	18-04-2011	70°40'	25°31'
29	Eperva 64	18-04-2011	70°44'	25°30'
30	Eperva 64	18-04-2011	70°50'	25°31'
31	Eperva 64	18-04-2011	71°01'	25°30'
32	Eperva 64	18-04-2011	71°23'	25°30'
33	Eperva 64	18-04-2011	71°57'	25°30'
34	Eperva 64	19-04-2011	72°19'	25°30'
35	Eperva 64	19-04-2011	72°13'	25°05'
36	Eperva 64	19-04-2011	71°51'	25°05'



Estación	Embarcación	Fecha	Latitud (S)	Longitud (W)
37	Eperva 64	19-04-2011	71°18'	25°06'
38	Eperva 64	19-04-2011	70°52'	25°05'
39	Eperva 64	19-04-2011	70°41'	25°05'
40	Eperva 64	19-04-2011	70°33'	25°05'
41	Eperva 64	19-04-2011	70°36'	25°05'
42	Eperva 64	19-04-2011	70°35'	24°40'
43	Eperva 64	19-04-2011	70°40'	24°40'
44	Eperva 64	19-04-2011	70°45'	24°40'
45	Eperva 64	20-04-2011	70°57'	24°40'
46	Eperva 64	20-04-2011	71°19'	24°40'
47	Eperva 64	20-04-2011	71°50'	24°40'
48	Eperva 64	20-04-2011	72°11'	24°40'
49	Eperva 64	20-04-2011	72°12'	24°15'
50	Eperva 64	20-04-2011	71°50'	24°15'
51	Eperva 64	20-04-2011	71°16'	24°15'
52	Eperva 64	20-04-2011	70°54'	24°17'
53	Eperva 64	20-04-2011	70°43'	24°15'
54	Eperva 64	20-04-2011	70°37'	24°15'
55	Eperva 64	21-04-2011	70°33'	24°15'
56	Eperva 64	25-04-2011	70°22'	23°00'
57	Eperva 64	25-04-2011	70°27'	23°00'
58	Eperva 64	25-04-2011	70°32'	23°00'
59	Eperva 64	25-04-2011	70°43'	23°00'
60	Eperva 64	26-04-2011	71°05'	23°00'
61	Eperva 64	26-04-2011	71°37'	23°00'
62	Eperva 64	26-04-2011	71°59'	23°00'
63	Eperva 64	26-04-2011	72°25'	23°25'
64	Eperva 64	26-04-2011	72°03'	23°25'
65	Eperva 64	26-04-2011	71°22'	23°25'
66	Eperva 64	26-04-2011	70°59'	23°25'
67	Eperva 64	26-04-2011	70°48'	23°25'
68	Eperva 64	26-04-2011	70°42'	23°25'
69	Eperva 64	27-04-2011	70°39'	23°25'
70	Eperva 64	27-04-2011	70°33'	23°50'
71	Eperva 64	27-04-2011	70°37'	23°50'
72	Eperva 64	27-04-2011	70°42'	23°50'



Estación	Embarcación	Fecha	Latitud (S)	Longitud (W)
73	Eperva 64	27-04-2011	70°54'	23°50'
74	Eperva 64	27-04-2011	71°15'	23°50'
75	Eperva 64	27-04-2011	71°46'	23°50'
76	Eperva 64	27-04-2011	72°08'	23°50'
77	Eperva 64	28-04-2011	70°18'	22°35'
78	Eperva 64	28-04-2011	70°23'	22°35'
79	Eperva 64	28-04-2011	70°28'	22°35'
80	Eperva 64	28-04-2011	70°39'	22°35'
81	Eperva 64	28-04-2011	71°00'	22°35'
82	Eperva 64	28-04-2011	71°35'	22°35'
83	Eperva 64	29-04-2011	72°01'	22°35'
84	Eperva 64	29-04-2011	71°59'	22°35'
85	Eperva 64	29-04-2011	71°32'	22°10'
86	Eperva 64	29-04-2011	70°59'	22°10'
87	Eperva 64	29-04-2011	70°36'	22°10'
88	Eperva 64	29-04-2011	70°25'	22°10'
89	Eperva 64	29-04-2011	70°19'	22°10'
90	Eperva 64	29-04-2011	70°15'	22°10'
91	Eperva 64	02-05-2011	70°11'	21°45'
92	Eperva 64	02-05-2011	70°15'	21°45'
93	Eperva 64	02-05-2011	70°21'	21°45'
94	Eperva 64	02-05-2011	70°31'	21°45'
95	Eperva 64	02-05-2011	70°53'	21°45'
96	Eperva 64	03-05-2011	71°25'	21°45'
97	Eperva 64	03-05-2011	71°57'	21°45'
98	Eperva 64	03-05-2011	71°54'	21°20'
99	Eperva 64	03-05-2011	71°21'	21°20'
100	Eperva 64	03-05-2011	70°49'	21°20'
101	Eperva 64	03-05-2011	70°28'	21°20'
102	Eperva 64	04-05-2011	70°17'	21°20'
103	Eperva 64	04-05-2011	70°12'	21°20'
104	Eperva 64	04-05-2011	70°07'	21°20'
105	Eperva 64	04-05-2011	70°10'	20°55'
106	Eperva 64	04-05-2011	70°15'	20°25'
107	Eperva 64	04-05-2011	70°20'	20°55'
108	Eperva 64	04-05-2010	70°30'	20°55'



Estaci3n	Embarcaci3n	Fecha	Latitud (S)	Longitud (W)
109	Eperva 64	04-05-2011	70°52'	20°55'
110	Eperva 64	04-05-2011	71°24'	20°55'
111	Eperva 64	04-05-2011	71°56'	20°55'
112	Eperva 64	04-05-2011	71°57'	20°30'
113	Eperva 64	05-05-2011	71°25'	20°30'
114	Eperva 64	05-05-2011	70°53'	20°30'
115	Eperva 64	05-05-2011	70°32'	20°30'
116	Eperva 64	05-05-2011	70°22'	20°30'
117	Eperva 64	05-05-2011	70°17'	20°30'
118	Eperva 64	05-05-2011	70°13'	20°30'
119	Eperva 64	06-05-2011	70°09'	20°05'
120	Eperva 64	06-05-2011	70°13'	20°05'
121	Eperva 64	06-05-2011	70°18'	20°05'
122	Eperva 64	06-05-2011	70°29'	20°05'
123	Eperva 64	06-05-2011	70°50'	20°05'
124	Eperva 64	06-05-2011	71°23'	20°05'
125	Eperva 64	06-05-2011	71°54'	20°05'
126	Eperva 64	06-05-2011	71°59'	19°40'
127	Eperva 64	06-05-2011	71°27'	19°40'
128	Eperva 64	06-05-2011	70°55'	19°40'
129	Eperva 64	07-05-2011	70°34'	19°40'
130	Eperva 64	07-05-2011	70°22'	19°40'
131	Eperva 64	07-05-2011	70°17'	19°40'
132	Eperva 64	07-05-2011	70°12'	19°40'
133	Eperva 64	07-05-2011	70°18'	19°15'
134	Eperva 64	07-05-2011	70°22'	19°15'
135	Eperva 64	07-05-2011	70°28'	19°15'
136	Eperva 64	07-05-2011	70°38'	19°15'
137	Eperva 64	07-05-2011	71°00'	19°15'
138	Eperva 64	07-05-2011	71°32'	19°15'
139	Eperva 64	08-05-2011	72°04'	19°15'
140	Eperva 64	08-05-2011	72°09'	18°50'
141	Eperva 64	08-05-2011	71°38'	18°50'
142	Eperva 64	08-05-2011	71°06'	18°50'
143	Eperva 64	08-05-2011	70°45'	18°50'
144	Eperva 64	08-05-2011	70°34'	18°50'



Estaci3n	Embarcaci3n	Fecha	Latitud (S)	Longitud (W)
145	Eperva 64	08-05-2011	70°28'	18°50'
146	Eperva 64	08-05-2011	70°24'	18°50'
147	Eperva 64	09-05-2011	70°22'	18°26'
148	Eperva 64	09-05-2011	70°27'	18°25'
149	Eperva 64	09-05-2011	70°32'	18°25'
150	Eperva 64	09-05-2011	70°41'	18°25'
151	Eperva 64	09-05-2011	71°02'	18°25'
152	Eperva 64	09-05-2011	71°34'	18°25'
153	Eperva 64	09-05-2011	72°14'	18°25'
154	Eperva 64	10-05-2011	72°45'	18°25'
155	Eperva 64	10-05-2011	73°27'	18°25'
156	Eperva 64	10-05-2011	73°58'	18°25'
157	Eperva 64	10-05-2011	73°51'	19°15'
158	Eperva 64	10-05-2011	73°19'	19°15'
159	Eperva 64	10-05-2011	72°37'	19°15'

A N E X O III

“Personal participante por actividad (HH)”

**Personal Participante Actividad
FIP 2011-06****Objetivo General**

Participantes	Preparaci3n	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Total
José C3rdova M.	27	165	136	236	106	670
Bernardo Leiva. P.			85			85
Álvaro Saavedra G.	7		81	30	15	133
Hernán Miranda P.	7		15	19		41
Mauricio Braun A.				2	4	6
Víctor Bocic W.	7		106	7		120
Hernán Reyes R.	7	80	37	49	3	176
Luis Ossa M.			173	100	27	300
Víctor Catasti B.	7		119	64	37	227
Vivian Valenzuela C.	30		152	98	32	312
Guillermo Galindo P.	15		242			257
Manuel Rojas G.	27					27
Cristian Canales R.	7			7		14
Rodolfo Serra B.	7			7	7	14
Juan Saavedra N.			88	46	21	155
Francisco Leiva D.		165	269	38	32	504
Carolina Lang A..	5		300			305
Esteban Molina G.			160	87		247
Jorge Angulo A.		165	165			330
Gabriela Bh3m S.		6		4		10
Profesional 1					82	82
Cristian Ibieta P.		165				165
Andrés Ruiz R.		165				165
Carlos Concha P.		165				165
Eduardo Iribarra M.		165				165
TOTAL HORAS	153	1.241	2.128	794	359	4.675



Objetivo específico N° 1

Participante	Prep.	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova M.	12	165	90	76	42	385
Bernardo Leiva P.			85			85
Álvaro Saavedra G.			81	15	15	111
Manuel Rojas G.	27					27
Francisco Leiva D.		165	170	17	17	369
Carolina Lang A.	5		116			121
Esteban Molina G.			160	87		247
Jorge Angulo A.		165				165
Gabriela Bhöm S.		6				6
Profesional 1					82	82
Cristian Ibieta P.		165				165
Andrés Ruiz R.		165				165
Carlos Concha P.		165				165
Eduardo Iribarra M.		165				165
Sub Total	44	1.161	702	195	156	2.258

Objetivo específico N°2

Participante	Prep.	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova M.			26	47	11	84
Hernán Miranda P.			15	12		27
Víctor Bocic W.			106			106
Francisco Leiva D.			72			72
Sub Total			219	59	11	289

Objetivo específico N°3

Participante	Prep.	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova M.				25	29	54
Mauricio Braun A.				2	4	6
Vivian Valenzuela C.	15		152	55	23	245
Guillermo Galindo P.	15		242			257
Juan Saavedra N.			37			37
Jorge Angulo A.			165			165
Sub Total	30		596	82	56	764



Objetivo específico N°4

Participante	Prep.	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova M.				22		22
Luis Ossa M			173	100	27	300
Vivian Valenzuela C.				28	9	37
Francisco Leiva D.				7		7
Sub Total			173	157	36	366

Objetivo específico N°5

Participante	Prep.	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova M.				22	9	31
Francisco Leiva D.			27	14	15	56
Sub Total			27	36	24	87

Objetivo específico N°6

Participante	Prep.	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova M:			20	29	15	64
Hernán Reyes R		80	37	42	3	162
Víctor Catasti B:			119	57	37	213
Juan Saavedra N.			51	46	21	118
Carolina Lang S.			184			184
Sub Total		80	411	174	76	741

Talleres

Participante (IFOP)	Taller I	Taller II	Sub Total
José Córdova M.	15	15	30
Álvaro Saavedra G.	7	15	22
Hernán Miranda P.	7	7	14
Víctor Bocio W	7	7	14
Hernán Reyes R.	7	7	14
Víctor Catasti B.	7	7	14
Vivian Valenzuela C.	15	15	30
Cristian Canales R.	7	7	14
Rodolfo Serra B.	7	7	14
Gabriela Bhöm S.	0	4	4
Sub Total	79	91	170

A N E X O I V

**“Talleres de coordinación de actividades
y difusión-discusión de resultados
(Talleres de trabajo I y II)”**



TALLERES

Proyecto FIP N° 2011--06
“Evaluación Hidroacústica de jurel entre la XV y III Regiones, año 2011”

De acuerdo a lo establecido en los Términos Básicos de Referencia del Proyecto “Evaluación Hidroacústica de jurel entre la XV y III Regiones, año 2011”: FIP 2011-06, durante el desarrollo del estudio se llevaron a cabo dos Talleres de Trabajo. El primero, consideró la coordinación de las actividades inherentes al crucero de evaluación con el FIP y Subsecretaría de Pesca, mientras que el segundo, tuvo como objetivo la discusión metodológica y difusión de los resultados alcanzados en el estudio, con la participación ampliada, en ambos casos de personas del sector pesquero y profesionales involucrados en el manejo de la pesquería del jurel.

El primer taller se desarrollo en Auditorium Marcos Espejos, ubicada en Blanco 839 Valparaíso. IFOP, el día 08 abril del 2011 (Taller I), mientras que segundo se llevo a cabo en Iquique en la sala Gino Schiarella (H-19) Campus Huaiquique, el 29 de diciembre del 2011 (Taller II).

En el primer Taller se analizó la metodología a aplicar durante la evaluación acústica de jurel en la zona norte del país, considerando aspectos tales como el uso de información previa de desembarques para redistribuir el esfuerzo de muestreo en el área, así como evaluar el impacto de realizar una eco prospección con naves industriales previa al crucero de evaluación, para ajustar área de prospección acústica, al igual que lo realizado en las evaluaciones acústica de jurel en la zona centro-sur del país. En este sentido, aspectos operacionales y administrativos para el desarrollo de este estudio fueron analizados, estos es, tiempos requeridos para licitar, asignar y ejecutar estudio durante el periodo optimo, como también las limitaciones metodologías en cuanto a área de prospección, disponibilidad de plataformas para realizar investigación científicas y su costo de oportunidad asociados.

Los resultados presentados en el segundo taller, muestran que las 432.935 t de jurel representan un fuerte incremento respecto a lo evaluado en noviembre del 2006 (114.600 t), 2007 (272.600 t), 2008 (258.836 t) y 2009 (18.457 t), pero no difiere de lo estimado el 2010 (440.358 t), ratificando que el período de evaluación en abril-mayo es adecuado, para construir un índice de abundancia de jurel para ser incorporado en los modelos de evaluación indirecta del stock del recurso en el país.

Las condiciones ambientales muestran que durante la evaluación la zona intertropical presentó una rápida declinación del proceso frío fuerte “La Niña” 2010 registrado en el Pacífico Ecuatorial (MEI) (NOAA, 2010), constituyéndose en el segundo de la serie histórica desde 1950, la cual pasa a una fase de ENSO neutro.

En toda la zona prospectada se registró surgencia costera que acota la distribución espacial de anchoveta y jurel, estableciendo para jurel rangos preferenciales en las variables oceanográficas analizadas. Sin embargo, se destaca que más que rangos de preferencia el recurso podría estar



asociado a procesos oceanográficos, así como el desconocimiento del posible efecto de las condiciones frías sobre los recursos.

En este sentido, hubo consenso en disponer de más evaluaciones que permitan conocer cambios cuantitativos y espaciales relevantes del recurso, y además verificar la hipótesis de zona de crianza en el norte, de alimentación y desove en la zona centro sur del país. En atención a la fuerte presencia de ejemplares de jurel de menor talla registra en el crucero y durante los años anteriores, además del registro en las capturas de ejemplares pequeños (>8cm) durante el crucero de evaluación desde el 2006 al 2008.

A la luz de los resultados, se sugirió la importancia de mantener este estudio a fin de conocer cambios en el comportamiento del recurso, que al igual que las evaluaciones de la zona centro sur (alto porcentaje bajo 26 cm en El Niño 97-98 y el descenso de biomasa en ZEE 2002-2007), permita la toma de decisiones oportunas de administración y manejo del recurso. Asimismo, el Sr Carlos Merino (UNAP) vuelve a destacar la necesidad de incorporar en este estudio análisis de huevos y larvas, que permitan ver de mejor forma una asociación entre las especies (oferta alimento) y presas de jurel.

A continuación se entrega Acta de reunión de coordinación FIP y Subsecretaría de Pesca (**Taller I**) y Programa de **Taller II** más listado de asistentes.



ACTA DE REUNION DE COORDINACION

PROYECTO FIP 2011-06: EVALUACION HIDROACUSTICA DE JUREL ENTRE LA XV Y III REGIONES, AÑO 2011

EJECUTOR: INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

FECHA: 08/04/11	LUGAR: IFOP, VALPARAISO	
TEMAS TRATADOS: <ul style="list-style-type: none">- Presentación metodología y aspectos generales proyecto- Limitantes metodológicas: áreas cubiertas, plataforma de uso para investigación- Aspectos administrativos y consideraciones para el desarrollo del proyecto		
ASISTENTES		
Nombre	Firma	Institución
Se adjunta		



REUNI3N DE PRESENTACI3N PLAN DE ACTIVIDADES

"Evaluaci3n hidroac3stica de jurel en la XV y II Regiones, a3o 2011"
(Proyecto FIP 2011-06)

LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	INSTITUCI3N A LA QUE PERTENECE	FIRMA
1	Jorge Castillo	IFOP	
2	Jose R. Canton	CORPESCA	
3	Sergio Pino A	IFOP	
4	MARIO ACEVEDO G.	SUBPESCA	
5	MAU3 ZAVANDO	FIP	
6	Jose Cordaz ?	IFOP	
7			
8			
9			
10			



TALLER DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Proyecto FIP N° 2011-06: “Evaluación hidroacústica de jurel ente la XV y III Regiones, año 2011”

AGENDA

Iquique, jueves 29 de diciembre del 2011

09:30 a 09:40	Presentación del Proyecto	Sr. José Córdova (IFOP)
09:40 a 09:55	Estimado de abundancia y biomasa de jurel	Sr. José Córdova (IFOP)
10:00 a 10:15	Distribución espacial del zooplancton	Sra. Vivían Valenzuela (IFOP)
10:20 a 10:35	Principales ítems alimentarios de jurel	Sr. José Córdova (IFOP)
10:50 a 11:05	<i>Café</i>	
11:05 a 11:20	Condiciones oceanográficas	Sr. Hernán Reyes (IFOP)
11:25 a 11:40	Interrelaciones entre variables oceanográficas y jurel.	Sr. José Córdova (IFOP)
11:40 a 12:30	Discusión y conclusiones.	



Nombre	Mail	Institución	Firma
Luis Cuevas A	lcuevas@deamuelos.cl	Porque Cabezas	[Firma]
Vivian Valenzuela Cuevas		IFOP	[Firma]
Mauricio Medina F.	mmedina@unap.cl	DCM UNAP	[Firma]
Alexis Salazar Vasquez	ASALAZAR@DGTM.cl	CAPITANIA PUERTO IQQ.	[Firma]
Eduardo Diaz R	EDUARDO.DIAZ@IFOP.cl	IFOP	[Firma]
Christian Toledo	christian.toledo@ifop.cl	IFOP	[Firma]
Gabriel Carramun	gcarramu@unap.cl	UNAP	[Firma]
Graciela Pérez Mora	graciela.perez@ifop.cl	IFOP	[Firma]
Jorge Olaya López	jolaya@wapsca.cl	INDESUR	[Firma]
Liliana Herrera	lherrera@unap.cl	UNAP	[Firma]
Carlos P. Gaspar Solís	carlos.gaspar@ifop.cl	IFOP	[Firma]
Carlos Merino P	cmerino@unap.cl	UNAP	[Firma]
José Oporto H.	HOOPORT@SERENAPESCA.cl	SERENAPESCA	[Firma]
José Azueta Azueta	azueta@serenapescas.cl	SERENAPESCA	[Firma]
Hernán Reyes R.	Hernan.Reyes@IFOP.cl	IFOP	[Firma]

A N E X O V

Material Audiovisual FIP N° 2011-06



MATERIAL AUDIO VISUAL

Crucero de Investigaci3n FIP 2011-06

(13 abril al 11 mayo de 2011)

Proyecto: "Evaluaci3n hidroac3stica de jurel entre la XV y III Regiones, a3o 2011"



Equipos hidroac3sticos SIMRAD ER-60
Instalados en el PAM "Eperva 64".



Maniobra final del lance, izando el copo de la red de cerco.



Pesca de identificaci3n y selecci3n de
muestras biol3gicas de jurel



Selecci3n de muestras de jurel para
tomar peso, longitud y otolitos (edad)



Toma de muestras



Alta presencia de lobos marinos en el copo de la red



Muestreo de plancton (red tipo bongo 300 micras con flujómetros TSK calibrados)



Muestreo oceanográfico: CTD SEA BIRD



Maniobras muestro oceanogr3fico



Muestreo biol3gico-pesquero en un ejemplar de jurel (peso)



Muestreo de longitud y registro de datos



Muestreo de otolitos



Extracción otolitos *sagitta* de un ejemplar de jurel



Almacenamiento y fijación de otolitos de jurel





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

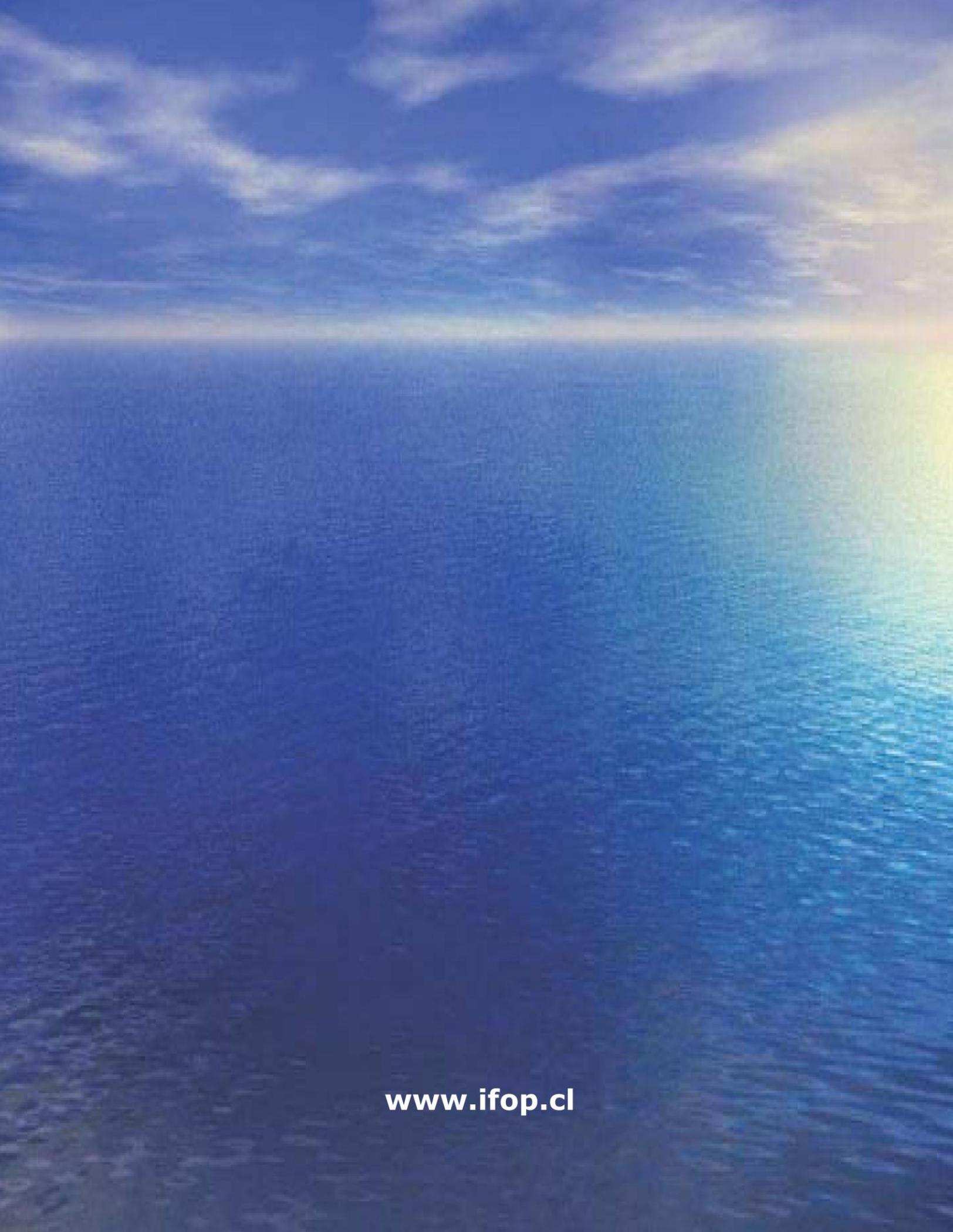
Sección Ediciones y Producción

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

www.ifop.cl



www.ifop.cl