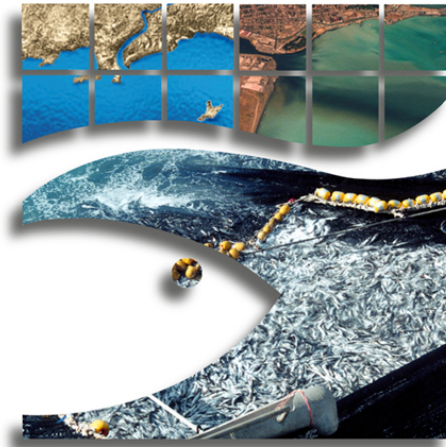


INFORME FINAL

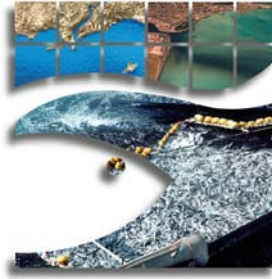
PROYECTO FIP 2007-33

**BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA Y
SUSTENTABILIDAD DE LAS PESQUERÍAS DE LA
ZONA CENTRO-SUR**



**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA
DEPARTAMENTO DE PESQUERÍAS**

14 de Septiembre de 2009



INFORME FINAL

PROYECTO FIP 2007-33 BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA Y SUSTENTABILIDAD DE LAS PESQUERÍAS DE LA ZONA CENTRO-SUR

PROYECTO

FIP N° 2007-33
Biomasa zooplanctónica y sustentabilidad de las
pesquerías de la zona centro-sur

REQUIRENTE

Fondo de Investigación Pesquera
Consejo de Investigación Pequera

UNIDAD EJECUTORA

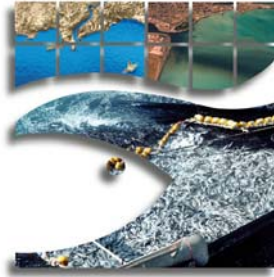
Departamento de Pesquerías
Instituto de Investigación Pesquera

SUBCONTRATOS

Departamento de Geofísica
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción

JEFE DE PROYECTO

Sergio Núñez Elías
Departamento de Pesquerías
Instituto de Investigación Pesquera
Casilla 350, Talcahuano-CHILE
Tel: 56-41-2920410
Fax: 56-41-2920411
Correo electrónico: snunez@inpesca.cl

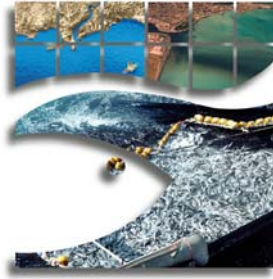


INFORME FINAL

PROYECTO FIP 2007-33 BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA Y SUSTENTABILIDAD DE LAS PESQUERÍAS DE LA ZONA CENTRO-SUR

AUTORES

- Sergio Núñez Elías – Jefe de Proyecto
- Rubén Escribano Veloso
- Samuel Hormazábal Fritz
- Carmen Morales van de Wyngard
- Claudia Bruno Hidalgo
- Rubén Alarcón Muñoz
- Aquiles Sepúlveda Oróstica

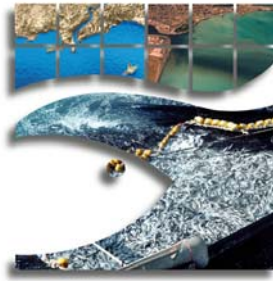


INFORME FINAL

PROYECTO FIP 2007-33 BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA Y SUSTENTABILIDAD DE LAS PESQUERÍAS DE LA ZONA CENTRO-SUR

PERSONAL PRINCIPAL

PERSONAL	ACTIVIDAD
Sergio Núñez E.	Jefe de proyecto. Análisis integrado. Índices de abundancia y distribución espacial eufáusidos. Análisis integrado. Taller de Discusión de Resultados. Informe Final.
Rubén Escribano V.	Índices de abundancia planctónica y distribución espacial de eufáusidos. Análisis integrado. Estructura de tamaños de eufáusidos. Taller de Discusión de Resultados. Informe Final.
Carmen Morales V.	Análisis integrado. Distribución planctónica. Taller de Discusión de Resultados. Informe Final.
Samuel Hormazábal F.	Análisis oceanográfico para el área y período de estudio. Análisis integrado. Taller de Discusión de Resultados. Informe Final.
Claudia Bruno H.	Análisis de contenidos gástricos de peces con énfasis en eufáusidos. Taller de Discusión de Resultados. Informe Final.
Rubén Alarcón M.	Análisis de información acústica para eufáusidos. Geoestadística. Taller de Discusión de Resultados. Informe Final.
Aquiles Sepúlveda S.	Recopilación de información acústica para el análisis del zooplancton. Informe Final.

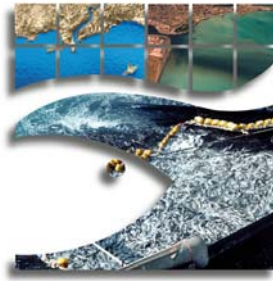


INFORME FINAL

PROYECTO FIP 2007-33 BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA Y SUSTENTABILIDAD DE LAS PESQUERÍAS DE LA ZONA CENTRO-SUR

PERSONAL ASISTENTE

PERSONAL	ACTIVIDAD
Lesly Valenzuela	Biólogo Marino. Procesamiento y análisis de muestras planctónicas.
Erika Jorquera	Biólogo Marino. Procesamiento y análisis de muestras planctónicas.
Ramiro Riquelme	Biólogo Marino. Procesamiento y análisis de muestras planctónicas.
Odette Vergara	Biólogo Marino. Procesamiento y análisis de muestras planctónicas.
Sebastián Vásquez	Biólogo Marino. Procesamiento y análisis de muestras planctónicas.
Cristián Capponi	Biólogo Marino. Procesamiento y análisis de contenidos gástricos.
Marcos Correa	Oceanógrafo Dr(c). Procesamiento de datos satelitales. Oceanografía.
Fabián Gómez	Biólogo Marino. Oceanografía. Análisis integrado.
René Vargas	Biólogo Marino. Análisis de base de datos acústicos.
Carlos González	Técnico Marino. Coordinador de personal embarcado y análisis de flota.



INFORME FINAL

PROYECTO FIP 2007-33 BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA Y SUSTENTABILIDAD DE LAS PESQUERÍAS DE LA ZONA CENTRO-SUR

PARTICIPANTES EN EMBARQUES

PERSONAL	ACTIVIDAD
Lesly Valenzuela	Biólogo Marino. Obtención de muestras planctónicas.
Maximiliano Reyes	Biólogo Marino. Obtención de muestras planctónicas.
Carlos Pincheira	Biólogo Marino. Obtención de muestras planctónicas.
Sebastián Vásquez	Biólogo Marino UdeC. Obtención de muestras planctónicas.
Erika Jorquera	Biólogo Marino UdeC. Obtención de muestras planctónicas.
Ramiro Riquelme	Biólogo Marino UdeC. Obtención de muestras planctónicas.
Odette Vergara	Biólogo Marino UdeC. Obtención de muestras planctónicas.
Héctor Medina	Técnico. Obtención de muestras planctónicas.
Roberto Torres	Técnico. Embarque Flota cerquera regional. Muestreo Biológico de peces (contenidos gástricos).
Orestes Riquelme	Técnico. Embarque Flota cerquera regional. Muestreo Biológico de peces (contenidos gástricos).
Claudio Galloso	Técnico. Embarque Flota arrastrera regional. Muestreo Biológico de peces (contenidos gástricos).
Pedro Carrasco	Técnico. Embarque Flota arrastrera regional. Muestreo Biológico de peces (contenidos gástricos).
David Mena	Técnico. Embarque Flota cerquera regional. Muestreo Biológico de peces (contenidos gástricos).
Gonzalo Paredes	Técnico. Embarque Flota arrastrera regional. Muestreo Biológico de peces (contenidos gástricos).

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente **Informe Final** comunica resultados del proyecto FIP 2007-33 titulado Biomasa zooplanctónica y sustentabilidad de las pesquerías de la zona centro-sur, el cual tiene el objetivo central de evaluar la biomasa zooplanctónica requerida para sustentar las pesquerías en la zona centro-sur de Chile, y determinar su ciclo de producción anual.

Para dar cuenta del objetivo central y de los cinco objetivos específicos de la investigación, se estableció un diseño de muestreo del zooplancton local que integre observaciones temporales en la escala mensual (objetivo específico 1), observaciones espaciales de la región costera y oceánica frente a Chile centro-sur (objetivo específico 2), el cálculo de la biomasa y producción de biomasa de eufáusidos en una base anual (objetivo específico 3), el análisis de la variabilidad espacio-temporal de los contenidos gástricos e indicadores tróficos de recursos pesqueros regionales (objetivo específico 4), y del marco oceanográfico a través del análisis de la variabilidad estacional e interanual (objetivo específico 5).

El área de estudio abarcó la región costera y oceánica frente al centro-sur de Chile, entre los 30°00'S y los 45°S, y entre la costa y los 92°W, donde se ha concentrado la mayor parte de la actividad pesquera de merluza común y jurel. La época de estudio comprendió entre Agosto 2007 y Enero 2009. Se obtuvo muestras planctónicas mensuales para todo el período de estudio.

Para la determinación de la diversidad planctónica, índices de abundancia y distribución espacio-temporal del zooplancton, se consideró la evaluación mensual y zonal de estaciones de muestreo, combinando la recolección de muestras a través de naves de oportunidad (resolución temporal) y grillas de estaciones (resolución espacial). En general, las pescas planctónicas se realizaron por medio de lances oblicuos con redes Bongo (65 cm, 303 μ m). Algunas muestras fueron colectadas con redes Tucker (303 μ m), y otras correspondieron a arrastres con redes WP2 (303 μ m).

El análisis planctónico se enfocó principalmente a la determinación de la composición y abundancia de grupos zooplanctónicos mayores (holoplancton y meroplancton), y en forma detallada para el grupo de los eufáusidos a través de la identificación de especies y estadios de desarrollo (adultos, juveniles, furciliias, calyptopis, nauplios, metanauplios y huevos). Por su parte, la biomasa zooplanctónica total fue determinada mediante la medición del peso seco de una alícuota de cada muestra planctónica y para la especie dominante de eufáusidos, la biomasa se determinó por regresiones longitud-peso para la especie.

La información planctónica (674 muestras) se presenta a la forma de a) indicadores promedio de abundancia (grupos zooplanctónicos y especies de eufáusidos) en la componente espacial (zonal) y temporal (estacional, mensual), b) distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica y del eufáusido dominante, de la densidad de grupos mayores, especies de eufáusidos y estadios de desarrollo y, c) series mensuales (Agosto 2007-Enero 2009) de la biomasa zooplanctónica, grupos mayores, eufáusidos dominantes, y biomasa de *E. mucronata*. Por su parte, la densidad acústica de eufáusidos fue estimada de los registros acústicos obtenidos de barcos de oportunidad en la región costera y oceánica del área de estudio para el período Febrero-Septiembre de 2008.

Para la estimación de producción de biomasa de la especie de eufáusido dominante, se realizaron experimentos de laboratorio y a bordo aplicando el método de tasas de mudas a diferentes temperaturas, hasta obtener un conjunto de datos con tallas promedio y un número de mudas en experimentos de 72 horas. La estimación de la producción de *E. mucronata* se basó en producción de biomasa a través de 3 componentes: 1) Producción somática, 2) Producción de mudas, y 3) Producción de huevos, para posteriormente estimar la producción anual de *E. mucronata* en el área de estudio.

El análisis de los contenidos gástricos de merluza común, merluza de cola y jurel comprendió la zona centro-sur de Chile. Los ejemplares fueron obtenidos a bordo de las embarcaciones con una frecuencia semanal a quincenal. Posteriormente al

muestreo biológico específico, el análisis del contenido estomacal fue realizado utilizando el método numérico, el método gravimétrico, la frecuencia de ocurrencia y el índice de importancia relativa.

Por último, la caracterización oceanográfica de la región fue realizada para la escala estacional e interanual (1997-2008), utilizando información satelital de altura del nivel del mar, vientos, temperatura superficial del mar y concentración de clorofila, así como información del modelo de asimilación oceánica SODA para el período 1958 y 2005. A partir de la información de altura del nivel del mar se calculó la velocidad geostrofica y la energía cinética por unidad de masa (EKE). En base a los perfiles mensuales de temperatura provenientes del modelo SODA se calculó la profundidad de la capa de mezcla.

Los principales resultados del proyecto son los siguientes:

La composición y abundancia de los grupos mayores del zooplancton reveló 32 taxa o formas distintas, 19 de ellos pertenecientes al holoplancton y 13 al meroplancton. De éstos, 7 tuvieron abundancias relativas sobre el 1%, destacando los copépodos (71,1%).

Se identificó 22 especies de eufáusidos: 8 especies del género *Euphausia* (*E. mucronata*, *E. gibba*, *E. gibboides*, *E. recurva*, *E. similis*, *E. mutica*, *E. spinifera* y *E. diomedae*), 2 especies de *Nematoscelis* (*N. megalops*, *N. atlantica*), 3 del género *Thysanoessa* (*T. gregaria*, *T. orientalis*, *T. obstusifrons*), 1 especie de *Nematobrachion* (*N. flexipes*), 1 especie de *Thyssonopoda* (*T. astylata*), y 7 especies del género *Stylocheiron* (*S. abbreviatum*, *S. carinatum*, *S. longicorne*, *S. affine*, *S. elongatum*, *S. maximum*, *S. suhmi*). Destaca *E. mucronata* como la especie dominante en el área y período de estudio con una contribución del 63,5% al total de eufáusidos contabilizados.

La distribución espacial de los eufáusidos dominantes verificó patrones de distribución zonal distintos. *E. mucronata* estuvo claramente agregada hacia la región costera al igual que *N. megalops* y, por el contrario, *S. abbreviatum*, *S.*

carinatum, *E. recurva* y *E. similis* mostraron una distribución más oceánica. *T. gregaria* evidenció densidades importantes a lo largo del gradiente zonal, verificándose en ambos ambientes.

La biomasa zooplanctónica fluctuó entre los 0,11 – 516,4 g 1000 m⁻³, mostrando mayores valores promedio para la región costera y una disminución importante hacia el sector oceánico, así como mayores valores hacia el invierno-primavera, y una disminución hacia el otoño. La biomasa de *E. mucronata* fue mayor en la costa con un promedio de 1,10 mg C m⁻³ (el 67,9% de la biomasa de la especie), y sólo un 20,8% (0,39 mg C m⁻³) en la región oceánica. La biomasa de *E. mucronata* mostró máximos en Mayo, Junio y Noviembre de 2008, alcanzando 1,5, 1,3 y 5,9 mgC m⁻³, y biomásas centradas ~0,4-0,5 mgC m⁻³ para el resto de la serie.

El análisis de los contenidos gástricos de jurel, merluza común y de cola durante 2008 muestra a los eufáusidos como la presa recurrente, lo que fue también válido al estudiar las variaciones interanuales de la dieta de estos recursos para el período 1992-2008. La ración diaria para jurel, merluza común y de cola reportó valores anuales de 2,9g d⁻¹, 4,8g d⁻¹ y 2,2g d⁻¹ respectivamente, en tanto que el consumo poblacional de eufáusidos indicó un 76,36% del total de presas para jurel (~8,8 mill. ton), considerando la biomasa de jurel evaluada para el año 2008. Para el caso de merluza común, el consumo de eufáusidos fue de 0,35 toneladas (17,3% del total de presas).

La biomasa acústica de eufáusidos fluctuó entre 48 y 60,8 millones de toneladas. La distribución espacial de eufáusidos en el primer y segundo trimestre de 2008 mostró valores más altos en la costa, situación contraria a lo observado en el tercer trimestre. Por su parte, la biomasa de *E. mucronata* varió entre 15 y 42 mg C m⁻³, pudiendo llegar a representar hasta el 95% de la biomasa total de eufáusidos sobre la plataforma continental de la región de estudio.

Para un ciclo anual y la región estudiada, *E. mucronata* presentó una tasa promedio de producción de 0,11 g C m⁻² d⁻¹ (CV= 44%). Esta tasa integrada a través del año implica una producción anual de 47,39 g C m⁻² año⁻¹. Esta

producción y crecimiento de *E. mucronata* son sustancialmente mayores que aquellos estimados para otros eufáusidos en otras regiones. El valor de producción anual ($47,39 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) implica $\sim 146,6 \text{ g m}^{-2}$, valor que es consistente (mismo orden de magnitud) con lo estimado en este informe como densidad acústica de eufáusidos para el área y período estudiado ($\sim 373,5 \text{ g m}^{-2}$). Cabe destacar que los resultados de crecimiento y producción de biomasa de *E. mucronata* presentados en este informe, constituyen la primera estimación para una especie de eufáusidos en la costa chilena.

La información ambiental muestra un intenso ciclo estacional con importantes diferencias costeras al norte y al sur de 37°S , prevaleciendo el transporte zonal costa afuera e intensa energía cinética vinculada a remolinos de mesoescala hacia el norte, y un transporte costa afuera menos acentuado, y niveles más bajos de turbulencia y energía cinética al sur de $\sim 37^\circ\text{S}$. En la escala interanual, destaca la variabilidad de la TSM, viento meridional, nivel de mar y clorofila con una fuerte influencia del ENOS. Por su parte, el análisis de ordenación permitió discriminar especies costeras y oceánicas. La TSM y clorofila estuvieron fuertemente asociadas al gradiente zonal costa-océano, y son las variables que más se asocian con la distribución de las siete especies de eufáusidos más abundantes. De esta manera, las especies costeras *E. mucronata* y *N. megalops* se encontraron principalmente asociadas a aguas frías y productivas, en tanto las especies oceánicas *S. carinatum*, *E. gibboides*, *S. abbreviatum* y *E. recurva*, se observaron en aguas más cálidas y con baja concentración de clorofila. La energía cinética y el nivel del mar no mostraron un patrón muy claro en relación a la distribución de los eufáusidos. Cabe destacar que desde 2007 a la fecha, se observa una condición ambiental con altos niveles de clorofila y anomalías negativas de temperatura y nivel del mar, que puede vincularse con la condición fría que prevaleció en el Pacífico ecuatorial a partir de dicho año, la que podría estar favoreciendo la alta abundancia de *E. mucronata* y *N. megalops*, especies vinculadas a aguas con alta biomasa fitoplanctónica.

2. ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.- RESÚMEN EJECUTIVO	i
2.- ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
3.- ÍNDICE DE TABLAS	ix
4.- ÍNDICE DE FIGURAS	xii
5.- PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL	1
6.- INTRODUCCIÓN	3
7.- OBJETIVOS	5
7.1. Objetivo general	5
7.2. Objetivos específicos	5
8.- ÁREA Y PERÍODO DE ESTUDIO	5
8.1. Área de estudio	5
8.2. Época de estudio	6
9.- METODOLOGÍAS	7
9.1. Estandarización de revisión taxonómica	7
9.2. Diversidad y distribución del zooplancton	8
9.2.1. Antecedentes	8
9.2.2. Diseño de muestreo.....	9
9.2.3. Pescas planctónicas y procesamiento de muestras	12
9.2.4. Estimación de densidad y biomasa planctónica.....	14
9.2.5. Análisis de información.....	16
9.3. Estimación de densidad acústica de eufáusidos	17
9.3.1. Antecedentes	17
9.3.2. Biomasa acústica de eufáusidos	19
Muestreo acústico	19
Calibración del sistema acústico	19
Información acústica y procesamiento	19
Fuerza de blanco para eufáusidos	21
Distribución espacial	24
Estimación del área de focos de abundancia	30
9.4. Estimación de la producción de eufáusidos	32
9.4.1. Antecedentes	32
9.4.2. Muestreo de zooplancton	33
Análisis de muestras y estimación de biomasa	34
Estimaciones de tasas de desarrollo	34
Estimación de biomasa y producción de biomasa	36
Producción anual	37
9.5. Indicadores tróficos y consumo de eufáusidos	38
9.5.1. Antecedentes	38
9.5.2. Obtención de muestras y análisis de contenidos gástricos	39
Área de muestreo	39
Lances de pesca	40

Obtención de muestras biológicas	40
Análisis de contenido estomacal	41
9.6. Marco ambiental bio-físico	48
9.6.1. Antecedentes	48
9.6.2. Datos y métodos	50
Variabilidad interanual	52
Asociación entre ambiente y eufáusidos	52
10.- RESULTADOS.....	54
10.1. Análisis de la comunidad planctónica	54
10.1.1. Diversidad y distribución de grupos mayores del zooplancton	55
Región costera	56
Región de transición	57
Región oceánica	58
Distribución espacial de grupos mayores del zooplancton	61
Distribución temporal de grupos mayores del zooplancton	63
10.1.2. Diversidad y distribución de eufáusidos	68
Región costera	71
Región de transición	72
Región oceánica	74
Distribución espacial de eufáusidos	76
Distribución temporal de eufáusidos	79
Frecuencia de longitudes	81
10.2. Estimación de biomasa acústica de eufáusidos	83
10.2.1. Muestreos acústicos	83
10.2.2. Composición de tamaños de eufáusidos	84
10.2.3. Distribución espacial y biomasa de eufáusidos	87
10.3. Estimación de producción de eufáusidos	90
10.3.1. Estructura de edad de la población de <i>E. mucronata</i>	90
10.3.2. Tasas de mudas y períodos intermuda de <i>E. mucronata</i>	91
10.3.3. Biomasa y producción de <i>E. mucronata</i>	91
10.3.4. Biomasa y producción de eufáusidos en su conjunto	95
10.4. Análisis de contenidos gástricos de recursos pesqueros	96
10.4.1. Variaciones interanuales de indicadores tróficos	96
10.4.2. Variaciones mensuales de indicadores tróficos	97
10.4.3. Índice de importancia relativa	98
10.4.4. Índice de similitud trófica	98
10.4.5. Ración diaria y consumo poblacional	100
10.4.6. Índice de selectividad de Ursin	104
10.5. Caracterización ambiental del área de estudio	105
10.5.1. Distribución de variables ambientales	105
10.5.1.1. Clorofila satelital	105
10.5.1.2. Viento satelital	107
10.5.1.3. Índice de turbulencia	108
10.5.1.4. Transporte zonal de Ekman	109
10.5.1.5. Temperatura superficial del mar	109
10.5.1.6. Energía cinética	110
10.5.1.7. Profundidad de la capa de mezcla	111

10.5.1.8. Nivel del mar	111
10.5.2. Funciones ortogonales empíricas	112
10.5.3. Relaciones entre ambiente y eufáusidos	113
11.- DISCUSIÓN GENERAL	116
10.- CONCLUSIONES	121
13.- REFERENCIAS CITADAS	125
FIGURAS	140
ANEXO 1. TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS	224
ANEXO 2: LISTADO DE PERSONAL PARTICIPANTES	247

3. ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Coeficientes y longitud de referencia para el modelo de TS simplificado de <i>Euphausia superba</i>	24
TABLA 2: Densidad (ind m ⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de los grupos mayores del mesozooplancton identificados en 638 muestras planctónicas recolectadas en el sector costero y oceánico de la región centro-sur de Chile, en el período comprendido entre Agosto de 2007 y Diciembre de 2008.....	56
TABLA 3: Densidad (ind m ⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de los grupos mayores del mesozooplancton identificados en 92 muestras planctónicas recolectadas en el sector costero (<75°W) de la región centro-sur de Chile, en el período comprendido entre Agosto de 2007 y Diciembre de 2008.....	59
TABLA 4: Densidad (ind m ⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de los grupos mayores del mesozooplancton identificados en 116 muestras planctónicas recolectadas en el sector de transición (75-78°W) de la región centro-sur de Chile, en el período comprendido entre Agosto de 2007 y Diciembre de 2008.....	60
TABLA 5: Densidad (ind m ⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de los grupos mayores del mesozooplancton identificados en 430 muestras planctónicas recolectadas en el sector oceánico (>78°W) de la región centro-sur de Chile, en el período comprendido entre Agosto de 2007 y Diciembre de 2008.....	61
TABLA 6: Densidad promedio (ind m ⁻³), abundancia relativa (en paréntesis, %) de los grupos zooplanctónicos dominantes y de la biomasa zooplanctónica total (g 1000 m ⁻³) reportados en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Diciembre 2008, separados zonalmente en regiones costera (costa-75°W), de transición (75-78° W) y oceánica (78-94°W).....	63
TABLA 7: Densidad promedio (ind m ⁻³), abundancia relativa (en paréntesis, %) de los grupos zooplanctónicos dominantes y biomasa zooplanctónica promedio (g 1000 m ⁻³) reportados en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Diciembre 2008, separados estacionalmente en el ciclo anual.....	67
TABLA 8: Ordenamiento sistemático de las especies de eufáusidos identificadas en el sector costero y oceánico de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.....	68

TABLA 9: Densidad (ind m ⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de las especies de eufáusidos (adultos + juveniles) y estadios de desarrollo, identificados en 674 muestras planctónicas recolectadas en el sector costero y oceánico de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.).....	70
TABLA 10: Densidad (ind m ⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de las especies de eufáusidos (adultos + juveniles) y estadios de desarrollo, identificados en 158 muestras planctónicas recolectadas en el sector costero (< 75°W) de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.).....	73
TABLA 11: Densidad (ind m ⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de las especies de eufáusidos (adultos + juveniles) y estadios de desarrollo, identificados en 103 muestras planctónicas recolectadas en el sector de transición (75-78°W) de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.....	75
TABLA 12: Densidad (ind m ⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de las especies de eufáusidos (adultos + juveniles) y estadios de desarrollo, identificados en 413 muestras planctónicas recolectadas en el sector oceánico (> 78°W) de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.....	76
TABLA 13: Densidad promedio (ind m ⁻³) y abundancia relativa (en paréntesis, %) de las especies dominantes de eufáusidos y de la biomasa de <i>E. mucronata</i> (g C 1000 m ⁻³) reportados en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Enero 2009, separados zonalmente en regiones costera (costa-75°W), de transición (75-78° W) y oceánica (>78°W).....	78
TABLA 14: Densidad promedio (ind 1000 m ⁻³), abundancia relativa (en paréntesis, %) de los especies de eufáusidos dominantes reportados en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Diciembre 2008, separados por estación del año.....	81
TABLA 15: Rango de tamaños (longitud total, mm), media y desviación estándar de estadios adultos y juveniles de las especies de eufáusidos numéricamente dominantes en todas las muestras analizadas para el área y período de estudio.	82
TABLA 16: Número de viajes (recorridos) realizados por las embarcaciones industriales que participaron en el estudio y número de UBM colectadas por trimestre y embarcación.).....	84

TABLA 17: Parámetros del variograma teórico según modelo para los polígonos de estimación de la densidad de eufausidos por trimestre. SCR: suma de cuadrados de los residuos, VNE: Varianza no explicada.....	87
TABLA 18: Biomasa de eufáusidos (tons), área de estimación (mn ²) y densidad poblacional en ton mn ⁻² y g m ⁻² , por trimestre.....	87
TABLA 19: Tallas (longitud total, mm) de estadios de desarrollo de <i>Euphausia mucronata</i> encontrados frente a la zona centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Diciembre 2008. DE=desviación estándar, ES=error estándar y CV=coeficiente de variación.....	90
TABLA 20: Biomasa, producción de biomasa y razón P/B estimadas para <i>Euphausia mucronata</i> en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Diciembre del 2008, de acuerdo a las 3 zonas de estudio: costera, transición y oceánica.....	93
TABLA 21: Porcentaje numérico (%N), en peso (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (% IIR) de los ítems presas encontrados en Merluza común para el año 2008.).....	99
TABLA 22: Porcentaje Numérico (%N), en peso (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (% IIR) de los ítems presas encontrados en jurel para el año 2008.).....	100
TABLA 23: Porcentaje Numérico (%N), en peso (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (% IIR) de los ítems presas encontrados en merluza de cola para el año 2008.....	100
TABLA 24: Estimación de la tasa de evacuación gástrica y ración diaria de merluza común y jurel, a partir del análisis de los contenidos gástricos analizados para el año 2008.....	102
TABLA 25: Variación estacional de la razón consumo/biomasa (Q/B) de los principales ítem presa para (a) Merluza común y (b) Jurel.....	103
TABLA 26: Consumo poblacional estimado (Q, ton) de las principales presas para merluza común y jurel.....	104

4. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución espacial de las estaciones de muestreo planctónico, que consideran la región costera, de transición y oceánica frente al centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.....	140
Figura 2: Distribución temporal de las estaciones de muestreo planctónico analizadas para el período Agosto 2007 – Enero 2009, en la región costera y oceánica frente al centro-sur de Chile.....	142
Figura 3 Distribución espacial mensual de los lances de pesca de merluza común para la obtención de ejemplares para el análisis del contenido estomacal en el período Febrero – Diciembre de 2008.....	142
Figura 4. Distribución espacial mensual de los lances de pesca de jurel para la obtención de ejemplares para el análisis del contenido estomacal en el período Enero – Octubre de 2008.....	143
Figura 5. Distribución espacial mensual de los lances de pesca de merluza de cola para la obtención de ejemplares para el análisis del contenido estomacal en el período Febrero – Diciembre de 2008.....	144
Figura 6: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m ⁻³) de copépodos, apendicularias y eufáusidos en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.....	145
Figura 7: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m ⁻³) de quetognatos, sifonóforos y salpas en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.....	146
Figura 8: Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica total (g 1000 m ⁻³) en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.....	148
Figura 9: Histogramas mensuales de la densidad promedio (± DE) de copépodos (ind m ⁻³) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.....	148
Figura 10: Histogramas mensuales de la densidad promedio (± DE) de eufáusidos (ind m ⁻³) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de	

Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.....	148
Figura 11: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de salpas (ind m ⁻³) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.....	149
Figura 12: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de quetognatos (ind m ⁻³) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.....	149
Figura 13: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de apendicularias (ind m ⁻³) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.....	150
Figura 14: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de sifonóforos analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.....	150
Figura 15: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de doliólidos (ind m ⁻³) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.....	151
Figura 16: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de ostrácodos (ind m ⁻³) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.....	151
Figura 17: Serie mensual de la biomasa zooplanctónica total (g 1000 m ⁻³) entre los meses de Agosto 2007 y Diciembre de 2009.....	152
Figura 18: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m ⁻³) de las especies dominantes de eufáusidos en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.....	152
Figura 19: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m ⁻³) de <i>E. mucronata</i> , <i>S. abbreviatum</i> y <i>S. carinatum</i> en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.....	153
Figura 20: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m ⁻³) de <i>T. gregaria</i> , <i>N megalops</i> y <i>E. recurva</i> en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Agosto 2007 – Enero 2009.....	154

Figura 21: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m ⁻³) de <i>E. gibba</i> , <i>E. gibbons</i> y <i>E. similis</i> en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.....	155
Figura 22: Distribución espacial de de la densidad (ind 1000 m ⁻³) de ejemplares adultos y juveniles, estados de furcilia y calyptopis de eufáusidos en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.....	156
Figura 23: Distribución espacial de de la densidad (ind 1000 m ⁻³) de estadíos de nauplios y huevos de eufáusidos en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009...	157
Figura 24: Análisis de componentes principales. Distribución de las 7 especies de eufáusidos más abundantes en el área y período de estudio. EMUC= <i>E. mucronata</i> , EREC= <i>E. recurva</i> , EGIBBO= <i>E. gibbons</i> , SCAR= <i>S. carinatum</i> , SABR= <i>S. abbreviatum</i> , TGRE= <i>T. gregaria</i> , NMEG= <i>N. megalops</i>	158
Figura 25: Serie mensual del número de estaciones de muestreo planctónico y estaciones positivas para <i>E. mucronata</i> , considerando el período Agosto 2007 – Enero 2009.....	159
Figura 26: Serie mensual de la densidad promedio (ind 1000 m ⁻³) de <i>E. mucronata</i> para el período Agosto 2007 – Enero 2009.....	160
Figura 27: Serie mensual de la biomasa promedio (mgC m ⁻³) de <i>E. mucronata</i> para el período Agosto 2007 – Noviembre 2008.....	160
Figura 28: Serie mensual de la densidad promedio (ind 1000 m ⁻³) de <i>E. mucronata</i> para el período Agosto 2007 – Enero 2009, considerando las estaciones costeras, de transición y oceánicas en el área de estudio.....	161
Figura 29: Serie mensual de la densidad promedio de ejemplares adultos + juveniles de <i>T. gregaria</i> , <i>N. megalops</i> y <i>S. abbreviatum</i> reportados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Enero 2009.....	162
Figura 30: Serie mensual de la densidad promedio de ejemplares adultos + juveniles de <i>S. carinatum</i> , <i>E. recurva</i> y <i>E. gibboides</i> reportados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Enero 2009.....	163
Figura 31. Serie mensual de la densidad promedio de eufáusidos totales (adultos + juveniles), estadíos de furcilia y calyptopis reportados	

en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 – Diciembre 2009.....	164
Figura 32. Serie mensual de la densidad promedio de nauplios y huevos de eufáusidos reportados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 – Diciembre 2009.....	165
Figura 33: Ciclo anual de dominancia de especies de eufáusidos frente a la zona centro/sur de Chile. Estas especies en su conjunto comprenden el 90% de la abundancia total de eufáusidos entre Agosto de 2007 y Enero de 2009.....	166
Figura 34. Recorrido de los PAMs Don Julio y Lider (línea café) que colectaron información acústica de la densidad de eufausidos en el primer trimestre de 2008 y área del polígono de estimación (celeste) de la biomasa zooplanctónica.....	167
Figura 35. Recorrido de los PAMs Lider y Marpro I (línea café) que colectaron información acústica de la densidad de eufausidos en el segundo trimestre de 2008 y área del polígono de estimación (celeste) de la biomasa zooplanctónica.....	168
Figura 36. Recorrido de los PAMs Don Edmundo y Marpro I (línea café) que colectaron información acústica de la densidad de eufausidos en el tercer trimestre de 2008 y área del polígono de estimación (celeste) de la biomasa zooplanctónica.....	169
Figura 37. Composición de tamaños de eufausidos en muestras planctónicas en el primer trimestre de 2008 por zona geográfica.....	170
Figura 38. Composición de tamaños de eufausidos en muestras planctónicas en el segundo trimestre de 2008 por zona geográfica.....	171
Figura 39. Composición de tamaños de eufausidos en muestras planctónicas en el tercer trimestre de 2008 por zona geográfica. Arriba: sector costero; Centro: zona intermedia. Abajo: sector oceánico.	172
Figura 40. Variograma experimental (puntos) y variograma teórico (línea continua) de la densidad de eufausidos en el primer trimestre de 2008.....	173
Figura 41. Variograma experimental (puntos) y variograma teórico (línea continua) de la densidad de eufáusidos en el segundo trimestre de 2008.....	173

Figura 42. Variograma experimental (puntos) y variograma teórico (línea continua) de la densidad de eupausidos en el tercer trimestre de 2008. Arriba: polígono oceánico. Abajo: polígono costero.....	174
Figura 43. Distribución espacial de la densidad (ton mn ⁻²) de eupausidos en el primer trimestre de 2008.....	175
Figura 44. Distribución espacial de la densidad (ton mn ⁻²) de eupausidos en el segundo trimestre de 2008.....	175
Figura 45. Distribución espacial de la densidad (ton mn ⁻²) de eupausidos en el tercer trimestre de 2008.....	176
Figura 46: Estructura de tamaño y edad (estadios de desarrollo) de <i>Euphausia mucronata</i> encontrados en la región centro-sur de Chile durante el período Agosto 2007 – Diciembre 2008.....	177
Figura 47: Tasa de desarrollo de <i>E. mucronata</i> en condiciones experimentales a 3 temperaturas promedio. La función ajustada corresponde a la ecuación derivada para <i>Euphausia pacifica</i> por Iguchi & Ikeda (1995).....	178
Figura 48: Relación peso-talla para la especie dominante <i>E. mucronata</i> .	179
Figura 49: Distribución espacial de la biomasa (mgC m ⁻²) y de la producción de biomasa (mgC m ⁻² d ⁻¹) de <i>E. mucronata</i> para la región centro-sur de Chile durante el período Agosto 2007 – Diciembre 2008...	180
Figura 50: Variabilidad temporal de la producción, biomasa y la razón P/B de la especie dominante <i>E. mucronata</i>	181
Figura 51: Variaciones de la tasa específica de crecimiento (g) de <i>Euphausia mucronata</i> en función de clases de tallas en el rango de 1,4 a 25,8 mm.....	182
Figura 52. Variación interanual del número de estómagos analizados de merluza común, y del porcentaje de estómagos vacíos y con contenido para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.	183
Figura 53. Variación interanual del número de estómagos analizados de jurel y del porcentaje de estómagos vacíos y con contenido para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.....	183
Figura 54. Variación interanual del índice de importancia relativa (IIR, %) de las presas contenidas en estómagos de merluza común, para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.....	184

Figura 55. Variación interanual del índice de importancia relativa (IIR, %) de las presas contenidas en estómagos de jurel, para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.....	184
Figura 56. Variación interanual de la frecuencia de ocurrencia (FO%), frecuencia en número y peso (%N, %W) de eufáusidos en los contenidos estomacales de merluza común, para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.....	185
Figura 57. Variación interanual de la frecuencia de ocurrencia (FO%), frecuencia en número y peso (%N, %W) de eufáusidos en los contenidos estomacales de jurel, para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.....	185
Figura 58. Distribución de frecuencia de tallas de ejemplares utilizados en el análisis de contenido estomacal de a.-) merluza común Febrero – Diciembre b.-) jurel Enero-Octubre c.-) Merluza de cola Febrero – Diciembre para el período de 2008 en la región centro-sur de Chile.....	186
Figura 59. Distribución mensual de frecuencia de tallas de ejemplares de merluza común utilizados en el análisis de contenido estomacal para el período Febrero – Diciembre de 2008 en la región centro-sur de Chile.....	187
Figura 60. Distribución mensual de frecuencia de tallas de ejemplares de jurel utilizados en el análisis de contenido estomacal para el período Febrero – Octubre de 2008 en la región centro-sur de Chile.....	188
Figura 61. Distribución mensual de frecuencia de tallas de ejemplares de merluza de cola utilizados en el análisis de contenido estomacal para el período Enero – Noviembre de 2008 en la región centro-sur de Chile.....	189
Figura 62: Distribución mensual del índice de llenado estomacal (FWI) y del número de estómagos analizados a.-) merluza común Febrero – Diciembre b.-) jurel Enero – Septiembre c.-) merluza de cola Febrero – Diciembre para el 2008 en la región centro-sur de Chile.....	190
Figura 63: Distribución mensual del número de estómagos analizados y del porcentaje de estómagos vacíos y con contenido para a.-) merluza común Febrero – Diciembre b.-) jurel Enero – Octubre c.-) merluza de cola Febrero – Diciembre de 2008 en la región centro-sur de Chile.....	191
Figura 64: Gráfico de conglomerados por grupos de tamaños de ejemplares merluza común analizados para el estudio del contenido estomacal durante el año 2008. G1 (N= 575), G2 (N= 2507), G3 (N= 507), G4 (N= 69), G5 (N= 13) en la región centro-sur de Chile.....	192

Figura 65: Gráfico de conglomerados por grupos de tamaños de ejemplares jurel analizados para el estudio del contenido estomacal durante el año 2008. G1 (N=562), G2 (N= 969), G3 (N=311), G4 (N=42) en la región centro-sur de Chile.....	192
Figura 66: Gráfico de conglomerados por grupos de tamaños de ejemplares merluza de cola analizados para el estudio del contenido estomacal durante el año 2008.	193
Figura 67. Gráficos de barra del índice de selectividad de Ursin (ISU) para cada una de las presas mas importantes que se encontraron en el año 2008 en los contenidos gástricos de merluza común.....	194
Figura 68: Gráficos de barra del índice de selectividad de Ursin (ISU) para las presas más importantes encontradas en los contenidos gástricos de jurel.....	195
Figura 69: Gráficos de barra del índice de selectividad de Ursin (ISU) para las presas más importantes encontradas en los contenidos gástricos de merluza de cola.....	196
Figura 70. Promedio mensual de la clorofila satelital SeaWiFS entre el período 1997-2007 frente a la región centro-sur de Chile.....	197
Figura 71. El Niño 3.4. Anomalía mensual de temperatura superficial en la región El Niño 3.4.....	198
Figura 72. Diagrama latitud-tiempo de la concentración de clorofila satelital entre 0-100 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa.....	198
Figura 73. Promedio mensual del viento QuickSCAT entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile.....	199
Figura 74. Desviación estándar mensual de la componente zonal del viento QuickSCAT entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile.....	200
Figura 75. Desviación estándar mensual de la componente meridional del viento QuickSCAT entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile.....	201
Figura 76. Diagrama latitud-tiempo del viento meridional satelital entre 0-100 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa. Datos anteriores (posteriores) a agosto de 1999 (línea negra vertical) provienen del sensor ERS (Quickscat).....	202

Figura 77. Diagrama latitud-tiempo del viento zonal satelital entre 0-100 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa. Datos anteriores (posteriores) a agosto de 1999 (línea negra vertical) provienen del sensor ERS (Quickscat).....	202
Figura 78. Promedio mensual de la turbulencia, estimados a partir de la tercera potencia de los vientos QuickSCAT entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile.....	203
Figura 79. Grafica latitud-tiempo del transporte zonal de Ekman calculado a partir del promedio de las tres observaciones mas costeras del componente del viento meridional QuickSCAT, entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile. La línea negra indica el contorno de transporte de $0 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$	204
Figura 80. Promedio mensual de la temperatura superficial del mar Pathfinder versión 5.0 entre el periodo 1997-2007 frente a la región centro-sur de Chile.....	205
Figura 81. Diagrama latitud-tiempo de la temperatura superficial del mar satelital entre 0-100 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa.....	206
Figura 82. Promedio mensual de la Energía Cinética estimada en base al producto combinado de las observaciones de altimetría TOPEX-Poseidon, Jason y ERS entre el periodo 1997-2007 frente a la región centro-sur de Chile.....	207
Figura 83. Promedio mensual de la profundidad de la capa de mezcla (PCM) entre el periodo 1958-2005 frente a la región centro-sur de Chile. Este campo fue estimado con la metodología descrita por Lorbacher et al. [2005], empleando perfiles de temperatura generados por el modelo de asimilación de datos oceanográficos SODA 2.0.2-3.....	208
Figura 84. Diagrama latitud-tiempo de nivel del mar entre 100-200 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa, provenientes de altimetría satelital.....	209
Figura 85. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de clorofila satelital de la zona costera (0-100 km offshore) entre 34 y 40°S.....	209
Figura 86. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de clorofila satelital de la zona oceánica (500-600 km offshore) entre 34 y 40°S.....	210

Figura 87. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de TSM satelital de la zona costera (0-100 km offshore) entre 34 y 40°S.....	210
Figura 88. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de TSM satelital de la zona oceánica (500-600 km offshore) entre 34 y 40°S.....	211
Figura 89. Primer y segundo modo del análisis EOF aplicado a datos de viento meridional satelital de la zona costera (0-100 km offshore) entre 34 y 40°S.....	211
Figura 90. Primer y segundo modo del análisis EOF aplicado a datos de viento meridional satelital de la zona oceánica (500-600 km offshore) entre 34 y 40°S.	212
Figura 91. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de nivel del mar satelital de la zona costera (100-200 km offshore) entre 34 y 40°S.	212
Figura 92. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de anomalía de nivel del mar satelital de la zona oceánica (500-600 km offshore) entre 34 y 40°S.....	213
Figura 93. Porcentaje de explicación de los primeros modos obtenidos del Análisis de Componente Principal, basado en las siete especies de eufáusidos más dominantes.....	213
Figura 94. Resultado obtenido del análisis de componente principal para ejes 1 y 2. EMUC: <i>Euphausia mucronata</i> ; SABR: <i>Stylocheiron abbreviatum</i> ; SCAR: <i>Stylocheiron carinatum</i> ; TGRE: <i>Thysanoessa gregaria</i> ; NMEG: <i>Nematoscelis megalops</i> ; EGIBBO: <i>Euphausia gibboides</i> ; EREC: <i>Euphausia recurva</i>	214
Figura 95. Resultado obtenido del análisis de componente principal para ejes 1 y 3. EMUC: <i>Euphausia mucronata</i> ; SABR: <i>Stylocheiron abbreviatum</i> ; SCAR: <i>Stylocheiron carinatum</i> ; TGRE: <i>Thysanoessa gregaria</i> ; NMEG: <i>Nematoscelis megalops</i> ; EGIBBO: <i>Euphausia gibboides</i> ; EREC: <i>Euphausia recurva</i>	215
Figura 96. Resultado obtenido del análisis de componente principal para ejes 2 y 3. EMUC: <i>Euphausia mucronata</i> ; SABR: <i>Stylocheiron abbreviatum</i> ; SCAR: <i>Stylocheiron carinatum</i> ; TGRE: <i>Thysanoessa gregaria</i> ; NMEG: <i>Nematoscelis megalops</i> ; EGIBBO: <i>Euphausia gibboides</i> ; EREC: <i>Euphausia recurva</i>	216
Figura 97. Distribución de <i>Euphausia mucronata</i> , concentración de	

clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha). En contornos negros se indica distribución <i>E. mucronata</i> sobre variables ambientales.....	217
Figura 98. Distribución de <i>Nematoscelis megalops</i> , concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha). En contornos negros se indica distribución <i>E. mucronata</i> sobre variables ambientales.....	218
Figura 99. Distribución de <i>Thysanoessa gregaria</i> , concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha).....	219
Figura 100. Distribución de <i>Euphausia gibboides</i> , concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha).....	220
Figura 101. Distribución de <i>Stylocheiron abbreviatum</i> , concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha).....	221
Figura 102. Distribución de <i>Stylocheiron carinatum</i> , concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha).....	222

5. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO Y CONTENIDO DEL INFORME FINAL

El proyecto FIP 2007-33 titulado **Biomasa zooplanctónica y sustentabilidad de las pesquerías de la zona centro-sur**, tiene por objetivo general el evaluar la biomasa zooplanctónica requerida para sustentar las pesquerías en la zona centro-sur de Chile, y determinar su ciclo de producción anual. Para dar cuenta del objetivo central así como responder a los cinco objetivos específicos de la investigación, se ha establecido un diseño de muestreo para el análisis del zooplancton local, con especial énfasis en el grupo de los eufáusidos, que integre observaciones temporales en la escala mensual (objetivo específico 1), observaciones espaciales que incluyan la región costera y la región oceánica frente a Chile centro-sur (objetivo específico 2), el cálculo de la producción de eufáusidos para la región de estudio en una base anual (objetivo específico 3), el análisis de la variabilidad espacio-temporal de los contenidos gástricos e indicadores tróficos de recursos pesqueros regionales (objetivo específico 4), y del marco oceanográfico frente a Chile centro-sur, principalmente a través del análisis de la variabilidad estacional e interanual (objetivo específico 5).

En consecuencia, el primer capítulo del Pre-Informe Final presenta los resultados de las observaciones, tanto espaciales como temporales, de la fauna planctónica evaluada entre Agosto de 2007 y Enero de 2009 en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Para este efecto, las muestras planctónicas se analizaron con el propósito de determinar la composición y distribución espacial y temporal de la abundancia de los grupos zooplanctónicos mayores (tanto del holoplancton como del meroplancton), así como también, y en forma detallada, la diversidad y distribución espacial y temporal del grupo de los eufáusidos, que ha considerado: a) la identificación taxonómica específica de los eufáusidos presentes en las muestras planctónicas revisadas, b) la identificación de los estadios de desarrollo, incluyendo adultos (hembras y machos) y juveniles por especie y, furcillas, calyptopis, nauplios, metanauplios y huevos para el total de los eufáusidos, c) el cálculo de su frecuencia de ocurrencia (%), abundancia relativa (%) y densidad (ind m⁻³) por especie y estadio

de desarrollo, d) la distribución espacial asociadas al hábitat costero, de transición zonal y oceánico, e) la distribución temporal en la escala mensual y estacional de las especies dominantes de la comunidad de eufáusidos y, f) la medición del tamaño de ejemplares adultos, juveniles y de los diferentes estadios del desarrollo, en especial para la especie dominante (*Euphausia mucronata*).

El segundo capítulo del informe está vinculado al análisis de la biomasa de eufáusidos, con énfasis en la especie dominante (*Euphausia mucronata*), así como de la estimación de la producción de biomasa (producción secundaria) de la especie dominante. Se detalla para esto, la estructura de edad de la población de *E. mucronata* en el área y período de estudio, el análisis de los datos experimentales de tasas de muda y períodos intermuda de *E. mucronata*, y finalmente se ha estimado la biomasa y producción de biomasa para la especie dominante, y su proporción al total de eufáusidos.

El tercer capítulo informa los resultados del análisis de los contenidos gástricos de las especies-recurso jurel, merluza común y merluza de cola. El análisis trófico incluye resultados del espectro trófico (dieta) de estos recursos pesqueros, la importancia relativa y frecuencia de ocurrencia de los eufáusidos, y la estimación de tasas de consumo. El análisis de estos resultados considera el análisis en la escala intra-anual (2008) e interanual.

Por último, el cuarto capítulo de este Pre-Informe Final informa los resultados sobre la caracterización de la variabilidad oceanográfica en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile, abordando tanto la escala intra-anual (estacional) y la escala de variabilidad inter-anual. Asimismo, este capítulo entrega los resultados correspondientes a la exploración de asociaciones entre la variabilidad oceanográfica y la distribución de eufáusidos (especies dominantes), a través de aproximaciones espaciales y metodologías de ordenación multidimensional.

6. INTRODUCCIÓN

En el sector costero y oceánico de la zona centro-sur de Chile se verifican dos de las más importantes pesquerías nacionales: la pesquería pelágica del jurel chileno, que exhibe cambios estacionales de abundancia y biomasa debido al patrón migratorio de la especie (Serra 1991, Gretchina 1992, 1998), posibilitando la generación de importantes capturas por parte de la flota cerquera regional especialmente entre los meses de abril y julio; y la pesquería de merluza común que constituye la mayor pesquería demersal del país cuya actividad extractiva se centra principalmente en el sector central y sur de Chile (entre los 35° y los 42°S).

En esta región, la dinámica oceanográfica puede ser explicada principalmente a través de la variabilidad asociada a la escala interanual, vinculada con la alternancia entre eventos cálidos/fríos producto de la manifestación de eventos El Niño/La Niña y su efecto hacia latitudes intermedias (Strub *et al.* 1998, Blanco *et al.* 2001, 2002, Arcos *et al.* 2001, Escribano *et al.* 2004), y la variabilidad en la escala estacional asociada al proceso de surgencia que se verifica principalmente entre el inicio de la primavera y a lo largo del período estival (Saavedra 1980, Bakun & Nelson 1991, Leth 2000, Rutland *et al.* 2004), generando en Chile centro-sur una zona extremadamente productiva debido a la incorporación hacia la capa fótica de aguas con alto contenido de nutrientes y la verificación de altas tasas de producción primaria ($10 \text{ gCm}^{-2}\text{d}^{-1}$, Daneri *et al.* 2000), promoviendo el crecimiento zooplanctónico y su disponibilidad para la trama trófica, modulando en último término, la estructura de estos sistemas y la distribución espacial y temporal de las especies que en ellos habitan (Bakun, 1996). Así, en sistemas de borde oriental se pueden esperar fuertes interacciones entre la producción primaria y peces pelágicos, mediados a través del componente de zooplancton, posibilitando el sostenimiento de altos niveles de abundancia de especies pelágicas que han redundado en el desarrollo de importantes pesquerías a nivel mundial (Alheit & Bernal 1993).

Asimismo, en la región centro-sur de Chile se verifica un incremento importante de la energía cinética producto de filamentos de surgencia, corrientes de meandros y remolinos de mesoescala que se propagan hacia el océano interior sirviendo como

un mecanismo de exportación de masa y energía (Batteen *et al.* 1995, Hormazábal *et al.* 2004, Correa *et al.* 2007, Morales *et al.* in press), cuyo rol ecológico no ha sido estudiado en profundidad en esta región, no obstante se han mostrado evidencias de acoplamiento con la distribución espacio-temporal de peces (Hormazábal *et al.* 2004).

Por su parte, en esta región el grupo de los eufáusidos se verifican como un grupo importante del zooplancton local, constituyendo un enlace entre la producción fitoplanctónica y los niveles superiores (Antezana 1978, Antezana 2006, Fernández 2002). En Chile centro-sur, este grupo de zooplancteres contribuyen con hasta el 65-95% de la dieta del jurel (Arancibia *et al.* 1995, Miranda *et al.* 1998), evidenciando un fuerte impacto local sobre la abundancia de eufáusidos en áreas donde estuvieron presentes altas agregaciones de jurel (Quiñones *et al.* 1997). Asimismo, la fauna acompañante de dicha pesquería (*Scomber japonicus*, *Brama Australis*, *Thyrsites atun*) muestra un comportamiento trófico similar, con el dominio de eufáusidos en la dieta, revelando un significativo grado de sobreposición trófica en las principales especies de importancia comercial de la región (Contreras 2003). De igual manera, estudios sobre la alimentación de merluza común (*Merluccius gayi*) indican también una dieta dominada por eufáusidos con una contribución que excede el 60%, particularmente la especie *Euphausia mucronata* que cumple un rol significativo en la estructuración y dinámica del ecosistema de surgencia de Chile central (Cubillos *et al.* 1998, Antezana 2006).

Además de ser el principal alimento de las especies-recurso bajo estudio, los eufáusidos tienen una alimentación omnívora que les permite acceder y utilizar una amplia oferta ambiental de alimento, y por ende, acoplarse a las fluctuaciones ambientales de alimento; alcanzan tamaños más grandes y las expectativas de vida son mayores (≈ 1 año) que otros componentes del zooplancton, y poseen una producción de huevos al término del invierno, revelando un posible acoplamiento con el incremento de la biomasa fitoplanctónica. Estas características permiten que este grupo pueda suavizar el efecto de la variabilidad estacional, permitiendo canalizar y distribuir la energía hacia niveles tróficos superiores durante todo el año (Pillar *et al.* 1992).

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo general

Evaluar la biomasa zooplanctónica requerida para sustentar las pesquerías en la zona centro-sur de Chile, y determinar su ciclo de producción anual.

7.2. Objetivos específicos

- Determinar índices de abundancia y biomasa zooplanctónica, con énfasis en eufáusidos, en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile.
- Determinar la distribución espacial y temporal de eufáusidos en el área de estudio.
- Determinar el nivel anual de productividad de eufáusidos en el área de estudio.
- Determinar el consumo de eufáusidos por parte de los principales recursos pesqueros pelágicos y demersales, y su variabilidad intra-anual.
- Determinar las relaciones entre la variabilidad oceanográfica, la abundancia y la producción de eufáusidos, así como el consumo de los principales recursos pesqueros regionales en la región centro-sur de Chile.

8. ÁREA Y PERÍODO DE ESTUDIO

8.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la región costera y oceánica frente a Chile centro-sur, abarcando latitudinalmente entre los 30 y los 45°S, y en términos zonales, entre la costa y más allá de los 90°W (Figura 1). Esta última se ha dividido operacionalmente en una región costera (<75°W), intermedia (75-78°W) y oceánica (>78°W). En esta región: a) se evaluó la composición y distribución espacio-temporal de los grupos zooplanctónicos mayores, la biomasa zooplanctónica total y la comunidad de eufáusidos, b) se obtuvo ejemplares de jurel, merluza común y merluza de cola para el análisis de los contenidos gástricos, y c) se obtuvo la información oceanográfica

para el análisis intra- e inter-anual de la variabilidad ambiental. Esta región es el área donde históricamente se ha concentrado la mayor parte de la actividad pesquera extractiva de merluza común (Rebolledo & Bustos. 2006) y de jurel (Sepúlveda *et al.* 2006). Para ambos recursos pesqueros se ha reportado claramente a los eufáusidos como parte principal de su dieta (Arancibia 1989, Arancibia & Fuentealba 1993, Miranda *et al.* 1998, Bustos 2006).

8.2. Época de estudio

De acuerdo con el desarrollo de los objetivos específicos y de los resultados esperados explicitados en los Términos Básicos de Referencia del proyecto, el enfoque metodológico ha considerado la obtención de muestras planctónicas durante un ciclo anual. En este Pre-Informe Final se incorpora información planctónica recolectada entre Agosto de 2007 y Enero de 2009, con énfasis en muestreos realizados durante el año 2008. La Figura 2 presenta la variación mensual del número de estaciones planctónicas revisadas hacia el proyecto, verificando la presencia de muestreo planctónico en toda la serie temporal de 18 meses. No obstante lo anterior, y con el propósito de complementar parte del Objetivo Específico 2, se incluye en este Informe Final el análisis del material planctónico recolectado en el marco del proyecto BIP 30043859-0 "Investigación Evaluación hidroacústica jurel V-X, 2006", desarrollado en Junio de 2006 y que fue gentilmente facilitado por el Instituto de Fomento Pesquero para el análisis taxonómico del Orden Euphausiacea y la cuantificación de su densidad.

9. METODOLOGÍAS

9.1. ESTANDARIZACIÓN DE METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS Y REVISIÓN TAXONÓMICA DEL GRUPO DE LOS EUFÁUSIDOS

El proyecto consideró de relevancia el estandarizar el análisis y reconocimiento taxonómico de las diferentes especies de eufáusidos asociadas al sistema costero y oceánico frente a la región centro-sur de Chile.

Por lo anterior, en el marco del proyecto, se realizó un Taller de "Estandarización en el Análisis Taxonómico de Eufáusidos", organizado por el Instituto de Investigación Pesquera y la Universidad de Concepción (entidad subcontratada en el proyecto). El Taller (no comprometido en la oferta técnica del proyecto) tuvo lugar en la Estación de Biología Marina del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción en la localidad costera de Dichato, entre los días 28 a 31 de Enero de 2008, y fue liderado principalmente por el Dr. Rubén Escribano y el Biólogo Marino (UdeC) Ramiro Riquelme, concitando la participación de los siguientes profesionales: Lesly Valenzuela (Biólogo Marino UCSC), Odette Vergara (Biólogo Marino UdeC) y Erika Jorquera (Biólogo Marino UdeC), todos participantes del proyecto.

El Taller fue eminentemente práctico, y tuvo el propósito de estandarizar los criterios taxonómicos para el buen reconocimiento de las diferentes especies de eufáusidos del zooplancton local y sus diferentes estadios de desarrollo. Para este efecto, se revisó en forma detallada especialmente las especies citadas en Chile (específicamente en Chile central) y sus principales características. El análisis estuvo basado principalmente en los trabajos de Baker *et al.* (1990) y Brinton *et al.* (1999), entre otros documentos, y en base a la obra de Riquelme-Bugueño & Escribano (unpublished MS) denominada Clave Pictográfica para Eufáusidos de la Zona de Surgencia Costera frente a Concepción, Chile (Pelagic Laboratory and Mesozooplankton, PLAMZ, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción).

El Taller precitado tuvo como resultado principal que los participantes consensuaran criterios para:

a) La adecuada identificación taxonómica de las especies de eufáusidos señaladas para la zona de estudio a través de la revisión tanto de la bibliografía disponible y de muestras patrones para cada especie.

Se revisaron las características morfológicas de las siguientes especies: *Euphausia mucronata*, *Euphausia gibba*, *Euphausia gibboides*, *Euphausia recurva*, *Euphausia similis*, *Euphausia mutica*, *Nematoscelis megalops*, *Nematoscelis atlantica*, *Nyctiphanes simplex*, *Thysanoessa gregaria*, *Thysanoessa orientalis*, *Nematobrachion boopis*, *Nematobrachion flexipes*, *Stylocheiron abbreviatum*, *Stylocheiron affine*, *Stylocheiron carinatum*, *Stylocheiron elongatum*, *Stylocheiron longicorne*, *Stylocheiron maximum* y *Stylocheiron suhmi*.

b) la adecuada identificación de los diferentes estadios del desarrollo que incluyó adultos, juveniles, furciliias, calyptopis, nauplios, metanauplios y huevos de eufáusidos, analizando la bibliografía disponible (especialmente para *E. mucronata*), muestras patrones de estadios y revisión cruzada de especímenes.

c) la estandarización de metodologías para la determinación de tallas totales en eufáusidos y construcción de planillas de datos.

9.2. DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL ZOOPLANCTON

9.2.1. Antecedentes

En la región costera y oceánica del centro-sur de Chile, el grupo de los eufáusidos se verifica como un componente relevante del zooplancton local, que aún cuando no se establece como un grupo numéricamente dominante, constituye un importante enlace entre la producción del fitoplancton y niveles superiores de la trama trófica (Antezana, 1978; Antezana, 2006). Estos zooplancteres son relativamente grandes para el promedio del plancton y frecuentemente dominan la comunidad zooplanctónica, especialmente sobre la plataforma continental y en regiones de alta productividad (Gibbons *et al.* 1999) como lo es gran parte de la costa chilena, donde juegan un rol ecológico preponderante como canalizadores de la producción primaria y como eslabón de transferencia de carbono hacia niveles tróficos

superiores (Fernández *et al.* 2002). Los eufáusidos, en general forman agregaciones densas (Sameoto 1982, 1983, Simard *et al.* 1986, Simard & Mackas 1989, Hewitt & Demer 1993), siendo presas importantes de vertebrados marinos y posibilitando la agregación de predadores (Simard & Lavoie 1999, Hewitt & Demer 2000).

A pesar de la importancia del grupo en la dinámica trófica, por ejemplo en Chile centro-sur contribuye con hasta el 65-95% de la dieta del jurel (Arancibia *et al.* 1995, Miranda *et al.* 1998, Quiñones *et al.* 1997) y del 60% de merluza común (Cubillos *et al.* 1998, Antezana 2006), los estudios sobre eufáusidos en Chile son escasos, y han estado orientados casi exclusivamente a la diversidad y distribución espacial y temporal (Antezana 1978, 2002, Escribano *et al.* 2000, Linacre & Palma 2004), recibiendo mayor atención la abundante especie *Euphausia mucronata* considerada como una especie clave en el traspaso de carbono hacia peces en la región costera frente a Chile central. Por el contrario, casi nada se conoce acerca de sus ciclos de vida y la dinámica de sus poblaciones, así como de sus tasas vitales, aún cuando se ha documentado que pueden constituir la principal presa de recursos pesqueros tales como el jurel y la merluza común (Arancibia *et al.* 1995, Cubillos *et al.* 2003, Neira *et al.* 2004, Instituto de Investigación Pesquera, datos sin publicar).

9.2.2. Diseño de muestreo

El diseño de muestreo correspondiente a la determinación de índices de abundancia zooplanctónica con énfasis en el grupo de los eufáusidos (objetivo específico 1) ha considerado la realización, en una escala de tiempo mensual, de estaciones planctónicas al interior de la zona costera, una zona de transición y en la región oceánica del centro-sur de Chile (Figura 1). Para este efecto, se combinó el análisis de muestras provenientes de cruceros de resolución espacial (objetivo específico 2) con el aprovechamiento de naves de oportunidad pertenecientes a la flota pesquera pelágica y arrastrera de la región centro-sur de Chile, para la realización de arrastres planctónicos en el área de estudio. Estas naves de oportunidad han sido permanentemente utilizadas para la vigilancia pesquera de estos recursos, y para la recolección eventual de muestras biológicas (plancton) y el registro de datos

biofísicos por parte de investigadores y técnicos del Instituto de Investigación Pesquera.

Las naves de oportunidad utilizadas durante el estudio para la recolección de muestras planctónicas fueron las siguientes: PAM Don Julio Pesquera San José S.A., PAM Líder Pesquera South Pacific Korp y PAM Marpro I.

En términos temporales, la distribución espacial del zooplancton con énfasis en eufáusidos (objetivo específico 2), consideró además la revisión de muestras de meso-zooplancton correspondientes a cinco cruceros realizados en el área de estudio, en el período comprendido entre Agosto 2007 y Enero de 2009, a saber:

- Crucero Agosto-Septiembre 2007. Proyecto FIP 2007-24 "Evaluación directa de jurel con naves de la flota".
- Crucero Noviembre-Diciembre 2007. Proyecto FIP 2007-08 "Condición Biológica del Jurel en Alta Mar, Año 2007".
- Crucero Febrero 2008. Proyecto interno del Instituto de Investigación Pesquera (Nave de oportunidad PAM Líder).
- Crucero Marzo 2008. Proyecto FIP 2007-10 "Monitoreo bioceanográfico de la VIII Región".
- Crucero Enero 2009. Proyecto Fondecyt N°1070504. Dra. Carmen Morales V. Universidad de Concepción.

Los cruceros precitados convergen con esta investigación en el sentido de incorporar información sobre la distribución espacial del zooplancton en la región centro-sur de Chile.

El primer crucero (FIP 2007-24), fue realizado entre el día 25 de Agosto y el 2 de Septiembre de 2007 e incorpora información planctónica del sector oceánico del centro-sur de Chile. En él participaron las naves PAM Bonn (Pesquera Bío-Bío Limitada), PAM Don Julio (Pesquera San José S.A.), PAM Marpro I (Pesquera FoodCorp S.A.) y PAM Líder (Pesquera SouthPacific Korp S.A.), contemplando la

realización de 28 estaciones de muestreo planctónico abarcando entre 33°15'S-38°10'S y 75°02'W-84°06'W.

El segundo y tercer crucero, que no estaban comprometidos en la oferta técnica del proyecto, fueron incorporados como información complementaria hacia los objetivos específicos 1 y 2. El segundo crucero (FIP 2007-08) fue realizado entre el 25 de Noviembre y el 04 de diciembre de 2007, con estaciones de muestreo distribuidas en una extensa área frente a Chile central principalmente en el sector oceánico hasta los 92°W y con la participación de naves de la flota cerquera de la Octava Región. En tanto, el tercer crucero fue realizado entre los días 6 y el 14 de Febrero de 2008 a bordo del PAM Líder de la empresa Pesquera SouthPacific Korp S.A. Este crucero contempló la realización de 32 estaciones de muestreo planctónico en un diseño muestral de rumbo SW que abarcó el área comprendida entre los 37°S-74°W y los 44°S-87°W, incluyendo estaciones costeras y principalmente oceánicas del centro-sur de Chile.

El cuarto crucero (FIP N° 2007-10), realizado entre los días 7 y 18 de Marzo de 2008, fue eminentemente costero abarcando la zona entre los 35°40'S-40°02'S y los 72°45'W-75°00'W. Como plataforma de trabajo en el mar, este crucero se realizó en el buque AGOR Vidal Gormáz e incluyó la realización de una grilla de 38 estaciones de muestreo planctónico.

Por último, el quinto crucero (Proyecto Fondecyt N°1070504) fue realizado entre 14 y el 24 de Enero de 2009, a cargo de la Dra. Carmen Morales V. (Universidad de Concepción), quién gentilmente nos permitió el uso de 18 muestras integradas (200-0 metros) para el análisis taxonómico y la determinación de la densidad del Orden Euphausiacea.

Además, se revisó las muestras planctónicas obtenidas en el marco del proyecto BIP 30043859-0 Investigación Evaluación hidroacústica jurel V-X, 2006, que fue realizado entre el 02 y el 28 de Junio de 2006, y participaron las naves PAM Don Julio Pesquera (San José S.A.), PAM Líder (Pesquera South Pacific Korp) y Abate Molina (Instituto de Fomento Pesquero), contemplando 118 estaciones de muestreo planctónico entre los 37°50'-43°10'S y 73°20'-85°50'W. Si bien este crucero no se

enmarca en el período de desarrollo del proyecto (Agosto 2007 – Enero 2009), la abundancia numérica de los grupos zooplanctónicos mayores y las especies de eufáusidos determinadas en estas muestras, fueron especialmente incorporados como información complementaria al análisis espacial y hacia la determinación de relaciones zooplancton-ambiente (objetivo específico 5). Las muestras zooplanctónicas correspondientes al proyecto precitado fueron amablemente cedidas por el Instituto de Fomento Pesquero, para la revisión taxonómica y la cuantificación del grupo de los eufáusidos.

9.2.3. Pescas planctónicas y procesamiento de muestras

A continuación se detalla la metodología empleada en la obtención y procesamiento de las muestras zooplanctónicas recolectadas en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile, a partir de los cruceros precitados, y que es igualmente válida para los objetivos específicos 1 y 2.

En cada estación de muestreo, se llevaron a cabo pescas planctónicas a través de lances oblicuos con redes Bongo de 65 cm de diámetro de boca, equipadas con mallas de 303 μm de abertura de poro, provistas de flujómetros calibrados (TSK y General Oceanics) para la determinación del volumen de agua filtrada en cada una de las pescas. La excepción a lo anterior se establece en el Crucero 2 (Noviembre-Diciembre 2007) donde las pescas planctónicas fueron verticales (100-0 m) mediante redes WP2 de 300 μm de abertura de poro, y en el crucero 4 (Marzo 2008) en que se realizaron también arrastres oblicuos integrando una columna de agua de 200 metros de profundidad, mediante una red Tucker equipada con 300 μm de abertura de poro. En cada uno de los casos, la profundidad del lance planctónico fue corregida por la medición del ángulo del cable mediante un clinómetro manual (Boltovskoy, 1981). En el caso de los arrastres oblicuos (redes Bongo y Tucker) el ángulo del cable tuvo un promedio de $44,3^\circ \pm 13,17$, en tanto en los arrastres verticales el ángulo del cable fue mucho menor reportando un promedio de $9,92^\circ \pm 11,23$.

La calibración de los flujómetros utilizados en los arrastres con redes Bongo y WP2 se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Smith & Richardson (1979) y Boltovskoy (1981), y entregó los siguientes resultados:

- Flujómetro TSK #4458 ($F_c = 0,159$ m/rev).
- Flujómetro TSK #2393 ($F_c = 0,151$ m/rev).
- Flujómetro G.O.#14649 ($F_c = 0,043$ m/rev).
- Flujómetro G.O.#19182 ($F_c = 0,022$ m/rev).

Las pescas planctónicas se realizaron considerando, en general, una velocidad del buque de 1,5 – 3 nudos dependiendo de las condiciones climáticas y del estado del mar imperantes en cada estación de muestreo, una velocidad de calado/virado de aproximadamente 1 m s^{-1} , y la evaluación de una columna de agua de aproximadamente 200 metros, a excepción de las muestras verticales que abarcaron los primeros 100 metros de la columna de agua. Los arrastres nocturnos fueron más numerosos, alcanzando los 277 (55,9% de los arrastres totales).

Inmediatamente después de la colecta, las muestras planctónicas fueron extraídas del copo colector de la red, fijadas con una solución de formalina en agua de mar al 5% tamponada con borato de sodio y almacenadas en frascos plásticos con contratapa de 500 ml de capacidad, debidamente etiquetados. El volumen filtrado por la red fue calculado mediante la metodología reseñada en Smith & Richardson (1979) y Boltovskoy (1981).

En el laboratorio los grupos mayores del zooplancton se analizaron considerando ya sea la muestra total, para estaciones con poca densidad zooplanctónica, como una alícuota de ella para muestras más densas, que varió entre $1/2$ y $1/128$ de la muestra total. Las alícuotas fueron obtenidas mediante un submuestreador Folsom (Griffiths *et al.* 1984; Harris *et al.* 2000). En cambio, para el grupo de los eufáusidos cada una de las muestras planctónicas se analizó en su totalidad.

El examen cuali- y cuantitativo de las muestras zooplanctónicas (identificación y cuantificación) fue realizado sobre estereomicroscopios Zeiss, Leica y Japan Optical para magnificaciones entre 20x y 80x y placas Bogorov de conteo zooplanctónico (Boltovskoy, 1981).

La determinación de los diferentes taxa componentes del zooplancton fue establecida en base al ordenamiento sistemático reseñado en los trabajos de Rose (1933), Fagetti (1962), Vidal (1968), Bougies (1974), Arcos (1975), Bjonberg (1981), Boltovskoy (1981), Mauchline (1998), Harris *et al.* (2000) y Conway (2006), en tanto que para el grupo de los eufáusidos se consultó principalmente a Mauchline & Fisher (1969), Mauchline (1971), Brinton (1975), Antezana & Brinton (1981), Baker *et al.* (1990), Brinton *et al.* (1999), Brinton *et al.* (2000), Antezana & Melo (2008), y especialmente del catálogo ilustrado y guía del laboratorio PLAMZ de la Universidad de Concepción que incluye las especies de la Corriente de Humboldt (Riquelme-Bugueño *et al.*, unpublished MS).

9.2.4. Estimación de la densidad y biomasa planctónica

La abundancia del zooplancton fue estandarizada considerando el volumen de agua filtrada (m³) por la red en cada estación de muestreo, y la densidad de cada uno de los taxa determinados en las muestras analizadas fue expresada como individuos por metro cúbico (en adelante ind. m⁻³).

El grupo de los eufáusidos fue analizado especialmente, considerando el nivel taxonómico de especie. Para cada una de las muestras planctónicas analizadas, se hicieron mediciones de la longitud mediante un micrómetro (0,01 mm resolución) para un número mínimo de 20 estadíos por estadío presente, incluyendo eufáusidos adultos, juveniles, furciliias y calyptopis. Se obtuvo un total de 17910 mediciones de longitud total corporal.

Los huevos de eufáusidos se identificaron como tal siguiendo las características señalizadas por Brinton *et al.* (1999), esto es: huevos esféricos con espacio perivitelino bien notorio y diámetro capsular entre 0,45 y 0,63 mm y un vitelo posee un diámetro de 0,33-0,38 mm. La longitud total (mm) en adultos y juveniles se determinó de acuerdo con la metodología señalada por Brinton *et al.* (1999), obteniéndose de la sumatoria de las siguientes mediciones: a) longitud cefalotórax o caparazón, b) longitud del abdomen, c) longitud del telson (incluyendo las espinas terminales). Para el caso de las furciliias y calyptopis, la longitud total se determinó midiendo el segmento rostro-telson. Para la determinación de la longitud total de

eufáusidos se utilizó un estereomicroscopio Japan Optical que incluyó una grilla reticulada de medición.

Sólo para el caso de *E. mucronata* (la especie claramente dominante), y en particular en la zona de estudio, se identificaron los adultos, juveniles y además las furcillas en base al trabajo de Antezana & Melo (2008). El resto de las furcillas, calyptopis, nauplios y huevos fueron contabilizados para el total de eufáusidos.

La biomasa zooplanctónica total fue determinada mediante la medición del peso seco de una alícuota de las muestras siguiendo la metodología establecida en Boltovskoy 1981, Harris *et al.* 2000. Las submuestras para la determinación de la biomasa zooplanctónica total fueron obtenidas mediante un Submuestreador Folsom (Griffiths *et al.* 1984), y secadas a 60°C hasta alcanzar peso constante en una estufa marca Binder Inc.

Para el caso de los eufáusidos, la biomasa se determinó considerando la especie dominante en número (*i.e.* *Euphausia mucronata*). Para ello, se realizó la medición de las tallas de los ejemplares adultos y juveniles (*i.e.*, longitud estándar: rostro-telson) y sus estadios del desarrollo. La biomasa expresada como mg C m⁻³ se realizó utilizando las regresiones Longitud-Peso para la especie (Escribano *et al.*, Unpublished MS). Cabe destacar que estos parámetros, de acuerdo al enfoque metodológico a utilizar, son necesarios para el desarrollo del objetivo específico 3 en relación con la determinación del nivel anual de productividad de eufáusidos en el área de estudio.

Las estimaciones de biomasa de eufáusidos se aplicaron solamente a la especie *Euphausia mucronata*, la especie claramente dominante en el área y período de estudio. Para esta especie se contó previamente con una base de datos de longitudes corporales y pesos individuales. No obstante, dicha base de datos se complementó aplicando el siguiente protocolo: individuos juveniles y adultos obtenidos desde muestras vivas se congelaron inicialmente en nitrógeno líquido. En laboratorio, ellos fueron descongelados y medidos en longitud total. Luego se dispusieron sobre filtros GF/F pre-pesados en balanza analítica (0,01 mg) y secados en estufa a 60°C durante 24 h y vueltos a pesar. Se obtuvo así el peso seco individual para un rango

de tallas entre cerca de 4,5 y 30 mm. Con un total de $n=70$ se ajustó entonces la relación peso-talla con una ecuación tipo potencial, $Y = a X^b$, donde Y = peso (mg peso seco), X =longitud total (mm) y a y b son constantes. La ecuación ajustada se utilizó posteriormente para estimar las biomásas individuales a partir de las tallas. Las biomásas se expresaron en mg C utilizando un factor de 0,40 de acuerdo a Escribano et al. (2007).

La biomasa total de eufáusidos (mg C m^{-3}), se estableció como el porcentaje de contribución a la biomasa total de la especie dominante (*E. mucronata*). Cabe destacar que estos parámetros, de acuerdo al enfoque metodológico utilizado, son necesarios para el desarrollo del objetivo específico 3 en relación con la determinación de la producción secundaria de la especie dominante de eufáusidos en el área de estudio y período de estudio.

9.2.5. Análisis de la información

Con el propósito de abordar los objetivos específicos 1 y 2 del proyecto, la información zooplanctónica fue analizada en relación con:

a) Indicadores de abundancia del zooplancton y de la comunidad de eufáusidos en particular para el área de estudio, y el período comprendido entre Agosto 2007 y Enero 2009. Para ello, se calculó la densidad (expresada en ind m^{-3}), la ocurrencia numérica (%) y la abundancia relativa (%) de cada uno de los taxa identificados (con énfasis en el grupo de los eufáusidos), presentándose en forma segregada zonalmente incluyendo la región costera ($<75^\circ\text{W}$), intermedia ($75-78^\circ\text{W}$) y oceánica ($>78^\circ\text{W}$) frente a Chile centro-sur, y también considerando separadamente los períodos estacionales: invierno, primavera, verano y otoño.

b) Cartas de distribución horizontal de la densidad de grupos zooplanctónicos mayores ($>1\%$ de la abundancia relativa), la densidad eufáusidos totales y sus diferentes estadios de desarrollo (*i e.*, adultos, juveniles, furcillas, calyptopis, nauplios y metanauplios y huevos), y de las especies de eufáusidos que contribuyeron con abundancias relativas superiores al 1% en el área de estudio, (iv) la biomasa zooplanctónica total y la biomasa de la especie dominante *E. mucronata*.

c) Series mensuales, para el período entre Agosto 2007 y Diciembre 2008 de la densidad de grupos zooplanctónicos mayores (abundancia relativas >1%), la biomasa zooplanctónica total, la densidad de eufáusidos totales y de sus estadios de desarrollo (Agosto 2007 – Enero 2009), la densidad para las especies numéricamente dominantes, y la biomasa de *E. mucronata*, considerando las muestras correspondientes al sector costero, intermedio y oceánico en la región centro-sur de Chile. Se determinó también la densidad de la abundancia relativa de los grupos numéricamente dominantes del zooplancton y de las especies más abundantes del grupo de los eufáusidos en la escala estacional.

La composición de la comunidad de eufáusidos se analizó mediante la aplicación de metodologías de ordenación comunitaria. Para ello, previamente se confeccionó una matriz de muestras (filas) versus especies (columnas) con los datos disponibles de todos los muestreos. Previo al análisis, los datos fueron transformados a $\log_{10}(N+1)$ con el propósito de reducir la variación en los datos de abundancia numérica. Para analizar la composición y distribución de las diferentes especies de eufáusidos identificadas para el período entre el 21 de Agosto de 2007 y el 22 de Enero de 2009, se utilizó análisis de componentes principales (ACP). Para este análisis se consideró las 7 especies que exhibían abundancias mayores relativas mayores al 5%. Las estaciones atípicas o con diferencias extremas en relación al conjunto de las estaciones fueron determinadas mediante un análisis estadístico de distancia multivariada Hotelling T2 y posteriormente removidas para prevenir sesgos en el ACP. Los componentes evidenciaron la mayor variabilidad generados por el ACP son presentados mediante gráficos en 3 dimensiones.

9.3. ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD ACÚSTICA DE EUFÁUSIDOS EN EL ÁREA Y PERÍODO DE ESTUDIO

9.3.1. Antecedentes

La acústica ha sido largamente usada en la detección de organismos marinos así, debido a la capacidad del sonido de viajar grandes distancias en el océano y en conjunto con otras técnicas de muestreo, la acústica es una excelente herramienta de cuantificación de la abundancia de organismos marinos (Martin et al. 1996),

incluido el plancton (Brierley et al. 1998, Kirsch et al. 2000, Swierzowski et al. 2000, Taylor & Rand 2003).

Las técnicas de detección acústica se basan en el hecho que la energía acústica retrodispersada (recibida) es proporcional al producto del número de animales por unidad de volumen y la sección transversal de retrodispersión (Stanton et al. 1994). En el caso de la estimación acústica del plancton, ésta se basa en los mismos principios utilizados para los peces, donde el principal supuesto es que la población evaluada (en una determinada área) está compuestas por organismos de un mismo tamaño. Sin embargo, las poblaciones de zooplancton son mucho más complicadas que las poblaciones de peces, así para la evaluación acústica del zooplancton, Stanton et al. (1994), adoptaron la siguiente clasificación de organismos (Simmonds & MacLennan, 2005; Harris et al., 2000), con propiedades de retrodispersión acústica particulares:

- 1) Fluid-like (FL, eufáusidos): cuerpo irregularmente cilíndrico con longitud largamente mayor que el ancho y tejido suave de retrodispersión suave. El cuerpo completo contribuye al eco acústico.
- 2) Hard elastic shelled (ES: gastrópodos). Tejido blando rodeado por una concha dura, excepto un pequeño agujero (la abertura opercular). Pueden tener apéndices externos blandos. El eco proviene principalmente de la concha.
- 3) Gas bearing (GB, sifonóforos). Un cuerpo blando junto con una burbuja de gas. El gas proporciona la fuerza de la señal acústica pero la contribución del cuerpo puede ser importante si la razón gas/tejido es pequeña

Las técnicas acústicas aplicadas a la evaluación del plancton son ampliamente difundidas, y han sido aplicadas con mayor frecuencia a la evaluación de la abundancia del Krill (*Euphausia superba*), entre otras especies de eufáusidos (Simmonds & MacLennan, 2005).

9.3.2. Biomasa acústica de eufáusidos

- Muestreo acústico

El muestreo acústico se realizó de forma continua durante la navegación de naves de oportunidad que contaron con ecosondas científicas del tipo SIMRAD EK-60 provistas con transductores de 38 y 120 kHz en algunas de ellas, siendo estos los más apropiados para la cuantificación de peces y de zooplancton, respectivamente (MacLennan & Simmonds, 1992).

La prospección acústica se realizó entre Febrero y Septiembre de 2008 siendo agregada por trimestres. Los registros acústicos colectados a bordo fueron descargados directamente desde los barcos y llevados hasta el Laboratorio de Acústica Pesquera, del Instituto de Investigación Pesquera, donde se analizó con el software Echoview 4.0, suministrado por Sonardata. Ltda.

La información acústica se discretizó en Unidades Básicas de Muestreo (UBMs) de 0,5 milla náutica, controladas por la interfase del sistema de eco-integración con el navegador satelital GPS. En el caso de la frecuencia de 38 kHz, se prospectó hasta los 500 m de profundidad, eco-integrándose los registros desde la superficie (5 m de profundidad) a intervalos de 50 m (Escobar, 2007). Mientras que en el caso de la frecuencia de 120 kHz, se prospectó desde 10 m de la superficie hasta 120 m de profundidad. En el presente informe sólo se entregan las estimaciones de la biomasa acústica de eufáusidos a partir de los registros acústicos colectados con el transductor de 38 kHz.

- Calibración del sistema acústico

La calibración de los sistemas acústico se realizó previamente a la ejecución de los viajes de pesca de las naves de oportunidad. Para este efecto se utilizó un blanco estándar de cobre y de densidad conocida, comercializado por SIMRAD para estos efectos (Foote et al., 1987).

- Información acústica y procesamiento

La información acústica registrada fue el valor de densidad expresada en energía retrodispersada por unidad de área $S_{Ai}(x,y)$ en $m^2 mn^{-2}$ (Foote & Knudsen, 1994). Esta medida de densidad acústica se convierte a una medida biológica de densidad

(Ton mn⁻²) de la especie *i* en la localidad (x,y), $z_i(x,y)$, al dividirlo entre la sección transversal de retrodispersión sonora, normalizada por unidad de peso ($\sigma_{Ton(i)}$) en m² Ton⁻¹. Hay que aclarar que según las definiciones y símbolos utilizados en acústica pesquera, MacLennan et al. (2002) han recomendado utilizar la abreviación NASC (Nautical Area-Scattering Coeficient) en lugar de $S_{Ai}(x,y)$, debido a problemas con la terminología acústica que se ha utilizado en eco-integración. En este estudio se utilizará $z_i(x,y)$, debido a que los valores de densidad están referenciados a una localidad geográfica (x,y), por tanto:

$$z_i(x,y) = \frac{NASC_i(x,y)}{\sigma_{Ton(i)}(x,y)}$$

donde

$$\sigma_{Ton(i)}(x,y) = \frac{\bar{\sigma}_i(x,y)}{\bar{W}_i(x,y)}$$

$\bar{W}_i(x,y)$ es el peso promedio (en toneladas) de la especie *i* en la muestra de identificación en la localidad (x,y). La sección promedio transversal de retrodispersión sonora (en m²) de la especie *i* es:

$$\bar{\sigma}_i(x,y) = 4\pi \sum_j f_j 10^{TS_j/10}$$

donde f_j es la frecuencia de clases de tamaños *j* a partir de las muestras de identificación y TS (target strength) es la fuerza de blanco de tamaño de clase *L*, L_j .

Debido a la presencia de más de una especie en las muestras de identificación, el coeficiente de retrodispersión, $NASC_i(x,y)$, para la especie *i* se obtendrá a partir de la combinación lineal convexa (MacLennan & Simmonds, 1992):

$$NASC_i = NASC_m \frac{w_i \bar{\sigma}_i}{\sum_i w_i \bar{\sigma}_i}$$

Donde $NASC_m$ es el coeficiente de retrodispersion sonora para la mezcla y w_i es la proporción de la i th especie, calculada como el promedio ponderado de la composición de la captura.

En el procesamiento de la información acústica se utilizó un umbral de -100 a -70 dB definido para eufáusidos (Kirsch et al., 2000). Una vez determinado el TS de los eufáusidos se siguió el mismo procedimiento de cálculo para obtener la densidad por UBM de los eufáusidos tal como se realiza con los datos obtenidos por ecointegración para peces.

- Fuerza del blanco (TS) de eufáusidos

Para el caso del zooplancton, así como para peces, la estimación de la densidad a través de la ecointegración requiere el conocimiento de la Fuerza de Blanco (TS) con el fin de escalar las mediciones de volumen dispersado (Sv). Las mediciones del TS in situ requieren de densidades suficientemente bajas de zooplancton para resolver ecos individuales dentro del haz de sonido, lo que habitualmente es poco frecuente en el terreno. Para superar esta complicación, se utilizan modelos de dispersión para calcular el TS basado en el tamaño del animal, la forma y composición del cuerpo.

Los componentes del zooplancton son divididos anatómicamente en tres gruesos según sus propiedades acústicas, determinadas a través de los modelos teóricos de dispersión del sonido (Stanton et al., 1994): gas-bearing (siphonophoros), fluid-like (eufáusidos, copepodos) y elastic-shelled (gastrópodos) (Foote & Stanton, 2000).

Los organismos denominados "fluid-like" a los cuales pertenecen los eufáusidos son definidos para animales que no contienen gas o materiales elástico suficiente para soportar la propagación de ondas horizontales con una energía significativa. Para estos organismos existe una serie de modelos propuestos para realizar estimaciones de fuerza de blanco (TS) basados en modelos empíricos y experimentales.

Los modelos empíricos (Greene et al., 1991) se han fundado en un único parámetro relativo, tamaño o peso húmedo de zooplancton, para estimar la fuerza de blanco (TS) a través de una regresión simple, donde la TS esta linealmente relacionada con

el logaritmo de la longitud estándar (L), este modelo fue derivado de una serie de mediciones de crustáceos a una frecuencia de 420 kHz (Wiebe et al., 1990):

$$TS_f = 34,85 \log_{10}(L) - 127,45 + 10 \log_{10}(k_f / k_{120 \text{ kHz}})$$

Este modelo fue corroborado a una frecuencia de 120 kHz, para un pequeño rango de tallas (Hewitt & Dimer, 1991; SC-CAMLR, 1991), y subsecuentemente fue adoptado provisoriamente por CCAMLR como un modelo internacional estándar para la estimación de biomasa de Krill (*Euphausia superba*) (SC-CAMLR, 1991).

Otro modelo de TS fue propuesto para los organismos "fluid-like" corresponde a Stanton et al (1993) que se define por la siguiente función:

$$TS = 10 \log \left\{ 0.08 R^2 L^2 \beta_D^{-1} \left[1 - \exp(-8\pi^2 f^2 D^2 s^2 c^{-2}) \cos \left(\pi f D c^{-2} \left(4 - \frac{1}{2} \pi (\pi f D c^{-1} + 0.4)^{-1} \right) \right) \right] \right\}$$

donde R es el coeficiente de reflexión que depende de las propiedades material del objeto, que a partir de experimentos de laboratorio sobre zooplancton tipo "fluid-like" se ha calculado igual a 0,341 para eufáusidos (Kirsch et al., 2000). s es la desviación estándar relativa de la longitud del cuerpo (desviación estándar de la longitud/longitud). D es el ancho del animal. L es la longitud total del cuerpo. β_D es la razón de la longitud al ancho del cuerpo del animal (L/D). f es la frecuencia acústica y c es la velocidad del sonido en el agua (1500 m seg⁻¹) (Stanton et al., 1994).

Adicionalmente, R está relacionado a la ecuación:

$$R = \frac{(gh - 1)}{(gh + 1)}$$

donde g es la densidad de masa del cuerpo relativo al agua de su alrededor y h es la velocidad del sonido relativa al cuerpo.

Los modelos teóricos iniciales de retrodispersión para el zooplancton estuvieron basados en Anderson (1950), el "modelo esfera-fluido", en el cual se considera la

talla de los animales y las propiedades de sus materiales. El primer modelo que consideró una morfología elongada y deformable para algunos crustáceos del zooplancton fue el desarrollado por Stanton (1988 a,b, 1989a,b) utilizado para describir la retrodispersión del sonido por cilindros arbitrariamente deformados de una longitud finita. Luego llega a ser ampliamente reconocido que en adición a la forma y el tamaño del animal, la orientación de este podría tener significantes efectos en la retrodispersión desde estos elongados componentes del plancton (Greenlaw, 1977; Sameoto, 1980; Samovol'kin, 1980; Everson, 1982; Kristensen & Dalen, 1986; Chu et al., 1993).

Para mejorar las reconocidas limitaciones del modelo de Grenne et al. (1991), McGeehe et al. (1998), usaron un modelo basado en la física (DWBA Morse & Ingard, 1968), para predecir las estimaciones de TS en el krill, como función de f (frecuencia), densidad del animal (ρ), velocidad del sonido (c), ángulo de incidencia relativo a la onda incidente (θ), longitud, forma y propiedades del animal.

El DWBA esta basado sobre la suma coherente de retrodispersión desde elementos cilíndricos, de un cilindro curvo discretizado (una forma idealizada de krill). McGeehe et al. (1998) advirtieron que el krill tiene una amplia variedad de formas dependiendo de su condición alimenticia, sexo y estado de madurez y que las tallas de krill y su fuerza de blanco debe ser medida en su ambiente natural.

En relación a la orientación del krill, los trabajos de Kils (1981), Endo (1993) posiblemente entregan la mejor información cuantitativa sobre observaciones ex situ. En cuanto a observaciones in situ, Hammer et al. (1983) entregan antecedentes cualitativos y posteriormente Brierley et al. (2002) indican que los barcos durante las evaluaciones no afectan el comportamiento del krill. Además se han realizado estudios empíricos sobre la orientación del krill y la comparación de estos resultados con los obtenidos anteriormente generan el mejor ajuste, para la estimación de TS a partir de un nuevo modelo que se describe posteriormente Demer & Conti (2005), quienes describen la variabilidad en las fases de las retrodispersiones, en conjunto a las diferencias aportadas por la orientación del krill, debido a:

1. La retrodispersión en un campo con ruido que es un proceso de aleatorio,
2. El krill tiene formas que son más complejas que un cilindro con un radio variable
3. El cuerpo del krill es un cuerpo flexibles, ya que ellos nadan.

Para dar cuenta de estas realidades, en el modelo anteriormente descrito las fases de variabilidad de cada elemento son incorporadas y así una versión estocástica es introducida por Demer & Conti (2003)

$$TS(kL) = A \left[\frac{\log_{10}(BkL)}{BkL} \right]^c + D(kL)^6 + E(kL)^5 + F(kL)^4 + G(kL)^3 + H(kL)^2 + IkL + J + 20 \log_{10} \left(\frac{L}{L_o} \right)$$

Este modelo, que contempla el mayor número de parámetros y coeficientes (Coeficientes y Longitud de referencia, Tabla 1), fue desarrollado para la especie *Euphausia superba*.

Tabla 1. Coeficientes y longitud de referencia para el modelo de TS simplificado de *Euphausia superba*. Tomado de Demer & Conti (2005).

Parámetro	Valor
A	-930,430
B	3,210
C	1,740
D	1,361 x 10 ⁻⁸
E	-2,270 x 10 ⁻⁶
F	1,503 x 10 ⁻⁴
G	-4,863 x 10 ⁻³
H	7,387 x 10 ⁻²
I	-0,408
J	-73,908
Lo	3,385 x 10 ⁻²

Finalmente, en el marco de este estudio, en ausencia de funciones de fuerza de blanco para *Euphausia mucronata*, la especie más frecuente frente a Chile central, se utilizó la fuerza de blanco estimada para *Euphausia pacifica*, especie que habita la costa Norte América y parte de America del Sur (frente a Colombia), de la forma:

$$TS_f = 20\log_{10}(LT) - 75,7$$

- Distribución espacial

El análisis de la distribución espacial de los eufáusidos en la región centro-sur de Chile, se entiende acá en un sentido amplio y fue abordado mediante un enfoque geoestadístico, siendo la información utilizada aquella proveniente de los recorridos acústicos de las naves participantes del estudio.

La técnica de análisis más apropiada para analizar la distribución espacial de los eufausidos en el área de estudio es el uso de herramientas geoestadísticas (Petitgas, 1993; Rivoirard et al., 2000), la que ha venido usándose en Chile para estudiar la distribución espacial de diversos recursos y ya constituye una herramienta estándar (Roa & Tapia, 1998; Páramo & Roa, 2003; Acuña et al., 2003; Acuña et al., 2005). Una propiedad importante de este método de análisis es que supone que la variable medida localmente (densidad poblacional) es la realización de una variable aleatoria y, por lo tanto, se puede dar cuenta rigurosamente del error en la determinación de la variable localmente.

La geoestadística se aplica en dos etapas. Primero, el análisis estructural que caracteriza los diferentes aspectos de la distribución espacial de la densidad de peces, en el que se escoge un modelo para interpretar los datos, siendo esta parte es la base del método. La segunda etapa involucra utilizar el modelo para obtener los estimados, utilizando un algoritmo matemático computarizado llamado kriging, que hace un promedio ponderado de los valores muestreados. Esta ponderación asignada a los valores se determina apropiadamente de acuerdo a la estructura espacial y a la configuración del muestreo. La interpolación del kriging usualmente sirve para reconstruir los procesos a localidades no muestreadas (Petitgas, 1996; Maynou, 1998).

Para el análisis de la densidad de eufáusidos en el área de estudio, se supuso que existe estacionaridad de segundo orden, es decir, que la media del proceso aleatorio bajo estudio es constante en el área de prospección y la covarianza entre dos puntos de muestreo depende sólo de sus distancias relativas (Isaaks & Srivastava, 1989). Este no es un requerimiento muy fuerte pues en la etapa de interpolación por

kriging sólo se necesita la ausencia de una tendencia en la vecindad de los puntos observados. La variante teórica utilizada es la geoestadística intrínseca, que se basa en un modelo de covarianza espacial. En este caso en particular, ese modelo corresponde al variograma (Journel & Huijbregts 1978), definido como la esperanza de la variable aleatoria $(Z(x)+Z(x+h))^2$, ó

$$2\gamma(x, h) = E\left[(Z(x) - Z(x+h))^2\right]$$

donde hemos omitido el índice de longitud (y) sólo para evitar notación excesiva.

Bajo la hipótesis intrínseca es posible estimar el variograma $2\gamma(h)$ a partir de los datos muestrales mediante el variograma experimental $2\gamma^*(h)$, que es la media aritmética de las diferencias al cuadrado entre dos mediciones experimentales, $Z(x_i) - Z(x_i + h)$, realizadas en dos puntos cualesquiera separados por el vector h, o sea:

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

donde N(h) es el número de pares de datos experimentales separados por el vector h.

Cuando existe efecto proporcional en los datos, es decir, cuando los cambios espaciales en la media local tienen asociado un cambio proporcional en su variabilidad, es conveniente utilizar variogramas experimentales relativos o estandarizados (Isaaks & Srivastava, 1989), de la forma

$$\gamma_s = \frac{\gamma^*(h)}{\sigma_{-h}\sigma_{+h}}$$

$$\sigma_{-h}^2 = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} z^2(x_i) - m_{-h}^2$$

$$m_{-h} = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} z(x_i)$$

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

$$m_{+h} = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} z(x_i + h)$$

donde la semivarianza en cada intervalo de distancia está ponderada por su variabilidad local.

En esta propuesta se usó variogramas estandarizados en todos los análisis pues esta opción no afecta la estimación del parámetro relevante del modelo y la hace mucho más eficiente. Se realizó este cálculo en dos direcciones (N-S y E-O) para investigar la existencia de diferencias direccionales en la estructura del proceso (i.e. anisotropía). Una vez calculados los variogramas experimentales se ajustó los modelos que permiten relacionar la estructura observada con el supuesto proceso generador. Los tres modelos a considerar para las densidades fueron el esférico, el exponencial y el modelo Gaussiano, que están dados (Cressie, 1993),

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

para el modelo esférico, y

$$\gamma(h; \theta) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ c_0 + c \left(1 - \exp\left(-\frac{\|h\|}{r}\right) \right), & h \neq 0 \end{cases}$$

para el modelo exponencial, y

$$\gamma(h; \theta) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ c_0 + c \left[1 - \exp\left(-\frac{3\|h\|^2}{r^2}\right) \right], & h \neq 0 \end{cases}$$

para el modelo Gaussiano, donde c_0 es el efecto nugget, que caracteriza la variabilidad de microescala, c es el valor asintótico o sill del variograma menos el

nugget, y r es el rango del variograma, más allá del cual los datos ya no presentan correlación.

En la eventualidad que los variogramas experimentales resulten caóticos, producto de valores extremos, se usó la versión robusta propuesta por Cressie (1993):

$$\bar{\gamma}(h) = \frac{\frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(u_i) - Z(u_i + h)]^2 \right\}}{\left(0,457 + \frac{494}{N(h)} \right)}$$

Los modelos fueron ajustados a los datos del variograma experimental mediante el método de mínimos cuadrados descrito por Cressie (1993), minimizando la sumatoria, esto es,

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

donde H es el número de intervalos en que se dividió la distancia entre puntos de muestreo.

Cada residuo al cuadrado se pondera según $N(h_i)$, que es el número de pares utilizado para calcular $\hat{\gamma}(h_i)$, y según el inverso de $\gamma(h_i)^2$. Este procedimiento tiene la ventaja de disminuir la ponderación de pares menos representados en la muestra y aumentar la de puntos cercanos al origen del variograma, que es donde posteriormente se hace la interpolación por kriging.

Previo a la estimación de la distribución espacial de los eufáusidos se realizó una validación cruzada de los parámetros del variograma teórico ajustado y de los parámetros utilizados en la interpolación por kriging (i.e. parámetros del variograma teórico, radio de búsqueda, número máximo de pares a utilizar en la interpolación). El método de validación cruzada (Deutsch & Journel 1998) consiste en eliminar uno a uno los puntos en que se realizó el muestreo y utilizar el resto de los datos para

estimar el valor de la variable en ese punto, utilizando el modelo de variograma y parámetros de kriging seleccionados (Englund & Sparks, 1991; Maravelias et al., 1996). De esta forma, se define el error de predicción en cada localidad muestreada como la diferencia entre el valor medido y el estimado a partir del resto de los datos (Isaaks & Srivastava 1989). El objetivo final de este procedimiento no paramétrico es obtener un criterio de decisión para seleccionar una combinación dada de parámetros del variograma teórico y del kriging.

Se utilizó el promedio de los errores de estimación (i.e. sesgo) como criterio primario, dado que el objetivo central del análisis es obtener una estimación insesgada de la densidad media (Z^*) en la zona de prospección (Isaaks & Srivastava 1989). Además, como criterio secundario, y con el objetivo de incorporar una medida conjunta del sesgo y de la dispersión de las estimaciones con respecto a los valores verdaderos, se calculó el cuadrado medio del error según

$$CME = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N [z^{*(k)}(x_j, y_j) - z(x_j, y_j)] \right)^2 + \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N [z^{*(k)}(x_j, y_j) - z(x_j, y_j)]^2$$
$$CME = sesgo^2 + DE_E^2$$

donde DEE es la desviación estándar de los errores de estimación.

Se utilizó el kriging puntual ordinario como método de interpolación para obtener una estimación de la densidad media de eufáusidos sobre cada foco de abundancia identificado. Se consideró la distancia mínima promedio entre las observaciones muestrales como la distancia internodal de la grilla de interpolación. Los parámetros del variograma teórico y del kriging seleccionados después de la validación cruzada, fueron utilizados para calcular las ponderaciones óptimas a ser asignadas a cada punto de muestreo y para estimar la densidad $Z(x_0, y_0)$ en las localidades (x_0, y_0) , utilizando

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

donde ω_i representa las ponderaciones asignadas a cada localidad muestreada.

La suma de estas ponderaciones es igual a 1 (i.e. constituyen una combinación lineal convexa), y por lo tanto la estimación es insesgada ($E[z^*(x_0) - z(x_0)] = 0$). Cada ponderación fue estimada de tal forma que el error de estimación ($\sigma_k^{*2}(x_0)$), llamado varianza de kriging, sea minimizada.

El mapeo geoestadístico se implementó en la última versión del programa SURFER, el SURFER 8, que incorpora la posibilidad de incluir los parámetros del variograma teórico ajustado para la interpolación por kriging. Al respecto, en este mismo programa se puede incluir la grilla de interpolación previamente definida y construir los mapas de distribución de la densidad deseados.

- Estimación del área de los focos de abundancia

Una de las mayores debilidades de las estimaciones directas de la abundancia de un recurso se refiere a la forma de calcular o estimar el área de distribución de éste. Cualquier método de estimación basado en la estadística clásica del muestreo de poblaciones finitas no está permitido pues esa teoría supone que el número total de unidades de muestreo en la población es conocido antes de la estimación. Consecuentemente, cualquier método de remuestreo exhibe de la misma deficiencia pues los datos mismos a ser re-muestreados no contienen información independiente acerca del número de datos a ser re-muestreados. Incluso, la teoría intrínseca de la geoestadística no permite una estimación del área porque en esa teoría no está definida la covarianza entre el hábitat y el proceso estocástico.

En este contexto, una rama de la geoestadística que permite cubrir este problema desde un punto de vista consistente con la teoría de estimación estadística, es la geoestadística transitiva. Esta teoría fue desarrollada por el fundador de la teoría geoestadística Matheron (1971), pero no ha sido ampliamente usada en pesquerías a pesar del ya consolidado uso de la geoestadística para el análisis de datos espaciales de densidad de recursos pesqueros. Aparte de un trabajo de Petitgas (1993) en una

dimensión, la literatura principal pesquera registra sólo dos estudios muy recientes, a saber: Bez & Rivoirard (2001) & Bez (2002).

Como la estimación de la densidad media ya está cubierta por el uso de la geoestadística intrínseca, sólo interesa estimar el área S. Convenientemente, entonces, realizaremos la transformación de los datos de densidad con la función indicadora

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

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

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

y su estimador geoestadístico transitivo es

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

donde x_0 , y_0 son los puntos de partida de la grilla, que deben ser elegidos aleatoriamente para garantizar insesgamiento respecto del diseño, s_x y s_y son las áreas latitudinales y longitudinales cubiertas por cada unidad de muestreo (cada unidad básica de muestreo dentro de cada transecta), iguales para todas las unidades (garantizado por el diseño de espaciamiento regular), y donde las sumas van hacia el infinito porque se permite el efecto de borde y de hecho el borde mismo es estimado.

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

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

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

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

9.4. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE EUFÁUSIDOS EN EL ÁREA Y PERÍODO DE ESTUDIO

9.4.1. Antecedentes

El grupo de eufáusidos no ha sido estudiado en Chile en términos de sus dinámicas poblacionales y tasas de crecimiento y producción. Los estudios previos han sido establecidos en gran parte con relación a sus distribuciones y diversidad (Antezana, 1978, Escribano et al., 2000; Antezana, 2002, Fernández et al., 2002, Linacre & Palma, 2004). Entre las especies que han recibido mayor atención, producto de su alta abundancia y amplia distribución, se destaca *Euphausia mucronata*, la cual debería ser considerada la especie clave desde el punto de vista de traspaso de la producción primaria hacia los peces. Los estudios sobre esta especie sin embargo, se han enfocado esencialmente en su distribución batimétrica y sus migraciones verticales (Antezana, 1978, Escribano et al., 2000, Antezana, 2002, Escribano et al., 2009).

Se conoce muy poco sobre el ciclo de vida de *E. mucronata* y su dinámica poblacional, aún cuando sus poblaciones pueden constituir la principal presa de poblaciones de peces muy importantes del punto de vista pesquero, tales como el

jurel y la merluza común (Arancibia et al., 1995, Cubillos et al., 2003, Neira et al., 2004, Instituto de Investigación Pesquera, datos sin publicar).

En la zona de surgencia frente a Concepción, altamente productiva y sujeta a una importante industria pesquera (Arcos et al., 2001), *E. mucronata* es uno de los mayores componentes del zooplancton, en términos de abundancia numérica y de biomasa (Linacre & Palma, 2004, Escribano et al., 2007), sugiriendo que esta especie juega un rol clave sustentando la producción pesquera pelágica y demersal. Por tal razón, resulta altamente relevante y pertinente tanto de punta de vista científico, como de interés biológico-pesquero, conocer los niveles de biomasa y producción de esta especie, así como su variabilidad espacial y temporal.

El nivel de biomasa y producción de esta especie puede considerarse como un indicador de producción del zooplancton del ecosistema en su conjunto, y así mismo del potencial de producción pesquera. Esta misma información será de extrema relevancia para ser incorporada en los modelos ecotróficos del ecosistema para simular, diagnosticar y potencialmente pronosticar la variabilidad y producción pesquera de la región.

9.4.2 Muestreo de zooplancton

Con el objeto de obtener estimaciones confiables de tasas de producción y sus variaciones espaciales y temporales para un ciclo anual, se consideraron todas las muestras obtenidas entre Agosto del 2007 y Diciembre del 2008, con un total de 623 muestras de zooplancton. El área de estudio para efectos de la producción y biomasa de eufáusidos comprendió a la zona entre los 30°S y los 45°S con una cobertura zonal entre la línea de costa y hasta más allá de los 90°W. Esto ha implicado una extensión latitudinal de cerca de 1600 km y longitudinal de cerca de 2100 km.

Para efecto de análisis de la información, el área de estudio se dividió en una zona costera (línea de costa-75°W), una zona de transición (75-78°W) y una zona oceánica (78-94°W). Para la zona costera se consideraron 141 muestras, para la zona de

transición 80 muestras y la para la zona oceánica 402 muestras. La distribución espacial de estas muestras ha sido ya reseñada en la Figura 1.

En relación a la cobertura temporal para un ciclo anual, el período de primavera resultó con el mayor número de muestras. No obstante para todas las estaciones del año e incluso para todos los meses se pudo contar con muestras planctónicas (Figura 2).

- Análisis de muestras y estimación de biomasa

Las muestras se analizaron en su totalidad para efectos de la composición de eufáusidos, o de la fracción total disponible de la muestra original. La metodología y protocolo utilizado en el procesamiento y análisis de las muestras planctónicas es el mismo que ya ha sido reseñado en los acápite 9.2.2. y 9.2.3. de este Informe Final.

Las estimaciones de biomasa se aplicaron solamente a la especie *Euphausia mucronata*, para la cual ya se contaba con una base de datos de tallas y pesos individuales, que fue significativamente complementada con información nueva del proyecto, mediante la aplicación del protocolo ya reseñado en el punto 9.2.3 del presente Informe Final.

- Estimaciones de tasa de desarrollo

Para efectos del cálculo de producción fue necesario contar con estimaciones de tasas de desarrollo de *E. mucronata*, expresada en la duración de período inter-mudas en función de la temperatura ambiental.

Para ello se ejecutaron varios experimentos de laboratorio y a bordo. Desde la zona costera, utilizando la embarcación Kay Kay de la Universidad de Concepción y mediante una red WP2 de 300 micrones se capturaron eufáusidos en distintas fechas durante el período entre Marzo 2008 y Enero 2009. En un primer intento se incubaron ejemplares individualmente y alimentaron con una mezcla 1/1 de microalgas *Chaetoceros* sp. e *Isochrysis galbana* a 3 temperaturas (7°C, 10°C y 16°C). La mortalidad no obstante fue muy alta y se obtuvieron muy pocas mediciones de tallas y sucesos de mudas.

Finalmente, se optó por incubaciones masivas y aplicando el método de tasas de mudas, de acuerdo a metodologías descritas en Tarling et al. (2006) para juveniles y Pinchuk & Hofcroft (2006) para estadios tempranos. Para este experimento se capturaron individuos juveniles y adultos y se trasladaron vivos al laboratorio y mantenidos a 3 temperaturas controladas (entre 7 y 18°C) y alimentados con la mezcla de microalgas. Para ello se utilizaron contenedores de vidrio de 18 L, tipo columnas de 80 cm de altura para permitir los movimientos verticales de los individuos. Estos contenedores se llenaron inicialmente con agua de mar filtrada (GF/F) y después de agregó el alimento y los individuos a una densidad de 10 por contenedor. Los individuos se seleccionaron en grupos de tallas similares, pero solo se midieron al final de las incubaciones. Los contenedores se mantuvieron en cámaras de temperatura controlada. Después de 72 h de incubación los experimentos se terminaron y se analizó el número de mudas y las tallas de los individuos, para establecer la relación entre tasa de muda y talla en función de la temperatura.

Los mismos experimentos se realizaron a bordo del Buque Vidal Gormaz durante el crucero de Enero del 2009. A bordo del buque solo se pudo experimentar con una temperatura en promedio de 18,5 °C y se utilizaron contenedores plásticos de 1 L para incubar un número de 3 individuos por frasco. Finalmente se obtuvo un set de datos para 3 temperaturas, con tallas promedio y un número de mudas a las 72 horas. La tasa de muda se estimó como:

$$TM = (nfM/ni) / 3$$

Donde TM =tasa de muda (d⁻¹), nfM =número de mudas al final de la incubación y ni=número de ejemplares incubados inicialmente. Individuos muertos se descontaron de ni. El período inter-muda para una determinada talla promedio fue entonces 1/TM.

- Estimaciones de biomasa y producción de biomasa

La estimación de la producción de *E. mucronata* se basó en producción de biomasa a través de 3 componentes: 1) Producción somática, 2) Producción de mudas, y 3) Producción de huevos.

Para la producción somática, se aplicó el método de estimación directa, tal que:

$$Pg = \sum_{i=1}^s [(Cw_{i+1} - Cw_i) / Di] \times Ni$$

Donde, Pg = producción somática de la especie (mg C d⁻¹ m⁻³), Cwi+1 y Cwi son las biomazas del límite superior y límite inferior de la clase de tamaño i, respectivamente (mg C individuo⁻¹), s es el número total de clases de tamaño, Di es el tiempo inter-muda (d) de la clase i y Ni es la abundancia de la clase de tamaño i (número m⁻³). Las estimaciones de CW se realizaron mediante conversiones de la talla a peso utilizando la regresión peso-talla (sección 9.2.3).

La producción de mudas se estimó como:

$$Pe = \sum_{i=1}^s (a \times DW_i \times Ni) / IPi$$

Donde, Pe = producción diaria de mudas (mg C m⁻³ día⁻¹), DWi = peso seco de cada clase de tamaño (convertido a C), Ni = abundancia promedio de cada clase de tamaño, y a = porcentaje de pérdida en DW por muda, multiplicado por el contenido de C de la muda. El porcentaje de pérdida de DW por muda, a, se asumirá como 4% de acuerdo a Iguchi & Ikeda (1999) y el contenido de C de la muda equivalente a 23% del DW de acuerdo a Iguchi & Ikeda (1998). Ambas estimaciones son para *Euphausia pacifica* que es una especie similar de *E. mucronata* en la Corriente de California y con rango de tamaños similares. IP corresponde al período inter-muda (d) para juveniles y adultos (> 6 mm) que se estima como $\log_{10} IPi = 0.321 BL + 100.034 T$, donde T es la temperatura en °C. Esta ecuación se derivó desde Iguchi & Ikeda (1995) para *E. pacifica* y se aplicó para *E. mucronata*.

La producción diaria de huevos se estimó desde:

$$Pr = E \times CWe/De$$

Donde Pr = tasa diaria de producción de huevos (mg C m⁻³ día⁻¹), E = abundancia de huevos en terreno (número m⁻³), De = tiempo promedio de eclosión calculado a partir de la ecuación De = 8.0925 × e^{-0.1389T}, donde T es temperatura (°C) y esta ecuación está descrita para E. pacifica en Iguchi & Ikeda (1994), y CWe = peso en C de un huevo, asumido con un factor de 0.4 del diámetro esférico equivalente de los huevos. El diámetro esférico equivalente se estimó midiendo el diámetro de huevos con un tamaño de muestra no inferior a 50 huevos.

- Producción anual

La producción anual de *E. mucronata* en el área y período de estudio, se obtuvo desde la ecuación:

$$P_{anual} = \int_{t=1}^t \left[\sum_{i=1}^n (Pg + Pe + Pr) \right] dt$$

Donde Panual = producción anual de la especie (g C m⁻² año⁻¹), t = tiempo (días), i = cada estimación de tasa de producción diaria total, n = número total de observaciones, y Pg, Pe y Pr como se definieron anteriormente.

La integración de P se realizó mediante interpolación lineal entre días (hasta 365), desde variaciones promedios mensuales de P para todos los meses muestreados e integración por cálculo del área bajo la curva, como se describe en Escribano & McLaren (1999). La varianza de P se estimó como:

$$Var(P) = \left[\sum_{i=1}^n (Pi - Pm)^2 \right] \div n$$

Donde Pm corresponde a una media anual de la tasa de producción diaria y n el número de observaciones.

El coeficiente de variación de P se obtuvo como:

$$CV(P) = \frac{\sqrt{Var(P)}}{P_m}$$

9.5. INDICADORES TRÓFICOS Y CONSUMO DE EUFÁUSIDOS POR RECURSOS PELÁGICOS Y DEMERSALES

9.5.1. Antecedentes

Diversos estudios realizados sobre la composición alimentaria del jurel y merluza común en el Pacífico Suroriental (Konchina 1980, 1983, Cornejo 1991, Serra 1991, Ermolovich & Gardina 1994, Arancibia *et al.* 1995) concuerdan en que ambos poseen un amplio espectro trófico que varía de acuerdo a la estructura de tamaño, época del año y región de pesca. No obstante el amplio rango de especies que componen la dieta de estos recursos, los eufáusidos constituyen el ítem presa más importante.

Estos zooplancteres se verifican como un grupo importante del zooplancton marino, constituyendo un enlace entre la producción fitoplanctónica y los niveles superiores (Antezana 2006). Forman agregaciones densas, son fuente de concentración de predadores (Sameoto 1983, Simard & Mackas 1989, Hewitt & Demer 2000, Simard & Lavoie 1999) y juegan un rol ecológico importante como canalizadores de la producción primaria y como eslabón de transferencia de carbono hacia niveles tróficos superiores (Fernández *et al.* 2002).

Determinaciones realizadas por Konchina (1980, 1983) revelan que de acuerdo a su naturaleza heterótrofa, el jurel se comporta como predador facultativo, ya que en su desplazamiento puede preda sobre especies que presentan alta disponibilidad tanto en el ámbito nerítico, como en el sistema epipelágico del mar abierto. El grupo de los eufáusidos contribuye con hasta el 65-95% de la dieta del jurel (Arancibia *et al.* 1995, Miranda *et al.* 1998), evidenciando un fuerte impacto local sobre la abundancia de eufáusidos en áreas donde estuvieron presentes altas agregaciones de jurel (Quiñones *et al.* 1997). Asimismo, Contreras (2003) sostiene que la alimentación de los peces concurrentes a la pesquería del jurel en Chile centro-sur (*Scomber japonicus*, *Brama australis* y *Thyrsites atun*) evidencian un

comportamiento trófico similar, dominado principalmente por eufáusidos lo que implica un importante grado de sobreposición trófica en las principales especies de importancia comercial de la región.

Por su parte, la alimentación de merluza común en la región de estudio revela un espectro combinado de componentes epibentónicos y pelágicos (Arancibia & Meléndez 1987, Arancibia 1989), con un alto número de taxa, aunque los más importantes son el langostino colorado juvenil (*Pleuroncodes monodon*) y los eufáusidos (principalmente *Euphausia mucronata*). Secundariamente destacan estomatópodos, langostino colorado adulto y un fuerte porcentaje de canibalismo hacia ejemplares juveniles (Stobbedroup 1992, Arancibia & Fuentealba 1993, Arancibia *et al.* 1998, Bustos 2006, Instituto de Investigación Pesquera, datos no publicados).

Por su parte, para el recurso merluza de cola, los antecedentes de su alimentación son mucho más escasos, particularmente de la fracción capturada por la flota industrial de cerco. Se reconoce una alimentación zooplanctónica, que al igual que en las otras dos especies precitadas, está basada principalmente en el consumo de eufáusidos y peces donde los mictófidios son los más importantes.

El propósito central de este capítulo es analizar el contenido estomacal de ejemplares de merluza común (*Merluccius gayi*), jurel (*Trachurus murphyi*) y Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) provenientes de muestreos a bordo de barcos cerqueros y arrastreros de la flota industrial de la región centro-sur de Chile.

9.5.2. Obtención y análisis de contenidos gástricos

- Área de muestreo

El área de estudio comprendió la zona centro-sur de Chile, por fuera del área de reserva de la pesca artesanal, donde opera la flota industrial de cerco y arrastre. En esta región, el Instituto de Investigación Pesquera desarrolla desde hace más de una década un programa rutinario de vigilancia biológica de jurel y merluza común. Las Figuras 3 y 4 muestran la posición geográfica de lances de pesca de ambos recursos para el período comprendido entre Enero y Diciembre de 2008, en tanto que la

Figura 5 presenta la posición geográfica de los lances de pesca de merluza de cola para los meses de Febrero, Marzo, Octubre, Noviembre y Diciembre. En todos los casos se verifica que los datos presentados sobre indicadores tróficos se han obtenido al interior del área de estudio (región centro-sur de Chile) y abarcando (al menos para Aurel y merluza común) gran parte del ciclo anual 2008.

- Lances de pesca

La actividad operacional de cada embarcación participante en la recolección de especímenes de jurel y merluza común para el análisis de los contenidos gástricos, entre Enero y Diciembre de 2008, se registró en bitácoras de pesca, cuyo formulario incluye antecedentes relativos a la zona de pesca, tales como: fecha, hora y localización del lance, capturas de la especie objetivo y fauna acompañante, número de lances realizados por salida, así como aspectos meteorológicos, y de los cardúmenes (profundidad del cardumen, forma y rumbo). La información de entrada hacia las bitácoras de pesca fue obtenida por personal embarcado del Instituto de Investigación Pesquera para la recolección de muestras y muestreo biológico en ambos recursos.

- Obtención de muestras biológicas

Los ejemplares de jurel y merluza común fueron obtenidos a bordo de embarcaciones industriales con una frecuencia semanal a quincenal. El muestreo consistió en la obtención independiente y al azar de 50 ejemplares de merluza común y 60 ejemplares de jurel. Asimismo, y para el caso de merluza común, existió además un muestreo en los laboratorios del Instituto de Investigación Pesquera (de frecuencia semanal o quincenal) donde se han analizado 120 ejemplares por muestreo. Para el caso de merluza de cola se realizó muestreos esporádicos, de 120 ejemplares cuando fue posible la pesca y las condiciones de embarque lo permitían.

Las naves que han participado en las capturas de jurel para el análisis biológico (incluyendo la extracción y análisis de los estómagos) en el período Enero-Diciembre de 2008, han sido las siguientes: PAM Don Julio (Pesquera San José S.A.), PAM Líder y PAM Malleco (Pesquera South Pacific Korp S.A.) y PAM Marpro I (Pesquera

FoodCorp S.A.). Por su parte, las naves pesqueras que han participado en las capturas de merluza común y merluza de cola para igual propósito han sido las siguientes: Pelagos II y Polaris II (Pesquera El Golfo S.A.), Biomar IV, Biomar V y Bonn (Pesquera Biobío S.A.) y Friosur X (Pesquera FrioSur S.A.).

A bordo de las embarcaciones, los ejemplares recolectados fueron sexados, medidos y pesados (peso total), y se les extrajo en estómago, los que fueron debidamente etiquetados (nombre del barco, fecha, hora, número del lance y posición) y congelados a -18° C hasta el momento del análisis del contenido estomacal. La fijación de los estómagos por congelación al momento de la captura, reduce la digestión del contenido estomacal lo que ayuda posteriormente a la identificación de los ítems presa (Arancibia *et al.* 1998).

Los estómagos fueron extraídos de la cavidad abdominal en forma cuidadosa, realizando una disección del esófago, presionando con los dedos para evitar la eversión del contenido estomacal, y luego el intestino a la altura del recto. Una vez extraído totalmente el estómago, se guardó en una bolsa, rotulada con el número de registro asignado en la planilla de muestreo.

En el presente Informe Final se comunica los resultados del análisis de los contenidos gástricos de ejemplares de las especies precitadas entre los meses de Enero y Diciembre de 2008, con el propósito de: (1) determinar el espectro trófico en la dieta de jurel, merluza común y merluza de cola, (2) identificar la importancia relativa de los ítems presa encontrados en los contenidos gástricos, y su relación trófica con los eufáusidos, (3) determinar la similitud trófica para cada recurso pesquero estudiado para todos los grupos de tamaños analizados, (4) evaluar la razón consumo/biomasa poblacional de eufáusidos para merluza común y jurel, y (5) determinar la selectividad de presas por tamaño en ambos recursos.

- Análisis del contenido estomacal

La identificación de los ítems presa en los contenidos gástricos de ambos recursos se realizó considerando el nivel taxonómico más bajo posible, utilizando tanto información bibliográfica (Retamal 1994 para crustáceos, Chirichigno 1974 para

peces, García-Godós 2001 para reconocimiento de estructuras duras (*e.g.* otolitos), Antezana & Brinton 1981, Antezana 1985, 2008, Ramírez-Bugueño et al unpubl. data, para eufáusidos), así como también colecciones almacenadas en el Laboratorio de Análisis Trófico del Instituto de Investigación Pesquera).

En el análisis se emplearon estereomicroscopios de 10x y 20x de amplificación. Las presas fueron contadas y pesadas por especie (peso húmedo $\pm 0,001$ de precisión), después de remover el exceso de agua con una toalla absorbente, siguiendo lo señalado por Hyslop (1980). Los estómagos evertidos fueron excluidos de análisis estomacal.

Estados de digestión

Los estómagos fueron analizados individualmente y, según su estado de digestión, se clasificó en tres categorías, a saber: (1) completo, (2) semi-digerido y (3) digerido. Aquellos ítems presa con alto grado de digestión se agruparon en la categoría "indeterminados" debido a la imposibilidad de determinar tanto el número de individuos como al taxa correspondiente. El peso del contenido estomacal en relación al peso corporal (Índice de llenado en peso, FWI) (Rasero et al. 1996) se estimó mediante:

$$FWI = SWC / (PT - SCW) * 100$$

Donde, SWC es el peso del contenido estomacal y PT es el peso total del ejemplar. Este índice se transformó a logaritmo para reducir el error del peso húmedo. El FWI se graficó en función de los meses analizados.

El análisis del contenido estomacal para ejemplares de jurel y merluza común fue realizado utilizando las siguientes metodologías:

Método Numérico (N): Se expresa como el número del ítem presa (n_i) encontrado en todos los estómagos, con respecto a la suma de todos los ítems encontrados (N_i) en los estómagos con contenido, expresado en porcentaje. (%), esto es:

$$N = (ni / Nt) * 100$$

Método Gravimétrico (W): Peso de los ejemplares de una determinada presa (w_i) en relación al peso total de todas las presas (W_t) de los estómagos con contenido, expresado en porcentaje (%). La variable utilizada fue el peso húmedo de cada ítem presa. Se utilizó este método porque se considera que el peso es una variable adecuada cuando se recolecta gran cantidad de material, es relativamente fácil de aplicar y entrega una estimación razonable del alimento consumido (Hyslop, 1980). Además, se considera que el peso describe la importancia de las categorías de presas como fuente de energía (Targett, 1981).

$$W = (w_i / W_t) * 100$$

Método de Frecuencia de Ocurrencia (FO): frecuencia de un determinado ítem presa (f_i) que aparecen en los estómagos con contenido (N_t), en relación al número total de estómagos analizados, expresado en porcentaje.

$$FO = (f_i / N_t) * 100$$

Índice de Importancia Relativa (IIR): Se utilizó el Índice de Importancia Relativa (IIR) (Pinkas *et al.* 1971) para evaluar la importancia de cada ítem presa en el contenido estomacal. A pesar que ha sido criticado debido a su supuesta y cuestionable importancia biológica, se ha escogido este índice porque es una medida práctica de la importancia trófica, la que incorpora el número relativo de organismos y el porcentaje del volumen o peso, como un reflejo del contenido calórico del alimento (Wallace 1981 *fide* Schmitter-Soto, Castro-Aguirre 1996) facilitando además la realización de estudios comparativos. En este trabajo se utilizó la expresión modificada por Arancibia *et al.* (1995) a la forma logarítmica para disminuir las diferencias numéricas entre valores, cuya expresión es:

$$IIR_i = \log[(\%W_i + \%N_i) \times \%FO_i + 1]$$

Donde: (\log) es el logaritmo en base 10, $(\%Wi)$ es el peso de la presa, $(\%Ni)$ es el número de presas y $(\%FOi)$ es la frecuencia de ocurrencia de la presa.

Similitud trófica: La similitud trófica fue determinada independientemente para cada recurso mediante el índice de similitud de Bray-Curtis, también conocido como índice de similitud trófica (Bloom, 1981), que se formula según la siguiente expresión:

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

Donde: \min es la talla menor entre X_{ij} y X_{kj} ; X_{ij} denota la presencia del i -ésimo taxón presa en la j -ésima clase de tamaño del predador; X_{ik} denota la presencia del mismo taxón presa en la k -ésima clase de talla del predador; y n es el número total de taxa presas. Bloom (1981) estima que este índice es el que mejor refleja la similitud entre grupos de tamaños, sin sobre estimar ni subestimar la sobre posición, por lo que se considera más ventajoso en este tipo de estudios. Para este análisis, se construyó grupos de tamaño, representando todo el espectro de tallas de ejemplares capturados, para merluza común se construyó 5 grupos ($G_1=20-30$; $G_2=31-40$; $G_3=41-50$; $G_4=51-60$ y $G_5=61-70$ cm) y para jurel 4 grupos ($G_1=26-35$; $G_2=36-45$; $G_3=46-55$ y $G_4=56-65$ cm). En los análisis sólo se consideraron las taxas de presas que aportaron con más de 1% en peso del contenido estomacal total. El criterio de enlace es el de pares no ponderados, utilizando promedios aritméticos (Sneath y Sokal, 1973). Los análisis por tamaño se realizaron para conocer la existencia de grupos tróficos o unidades tróficas ontogenéticas definida como un grupo de tamaño de una misma especie cuyos individuos se alimentan en base a las mismas presas.

Ración diaria de alimento y Consumo poblacional: En la medida que se obtuvo un conjunto de estómagos lo suficientemente robusto como para la formación de un día virtual, se estimó la tasa de instantánea de evacuación gástrica (R) y la ración

diaria (RD) de alimento, a través de dos aproximaciones metodológicas. Este cálculo se llevo a cabo mediante el programa computacional MAXIMS (Jarre et al., 1980). El cual requiere como datos de entrada parámetros poblacionales. De no cumplirse lo anteriormente expuesto, la ración diaria de alimento para jurel y merluza común se determinó mediante la expresión propuesta por Diana (1979):

$$RD = \frac{W_p \times N_f}{TD \times N_t}$$

Donde: W_p es el peso promedio inicial de cada taxón de presa (en porcentaje respecto del peso del cuerpo del predador); TD es el tiempo de digestión, en días; N_f es el número de estómagos con cada taxón de presa; N_t es el número total de estómagos analizados.

El tiempo en que permanecen las presas dentro del estómago (tiempo de digestión, TD) de jurel y merluza común se determinó según la expresión de Worobec (1984):

$$S_t = S_0 \times e^{-R \times TD}$$

por lo que,

$$TD = - \frac{\ln\left(\frac{S_t}{S_0}\right)}{R}$$

Donde: S_t es el peso del taxón de presa al final del período de digestión, considerado arbitrariamente igual al 2% del peso inicial de la presa (Macpherson, 1985); S_0 es el peso inicial de la presa, R es la tasa instantánea de evacuación gástrica, en horas.

El coeficiente instantáneo de evacuación gástrica (R) para crustáceos (R_{cr}) y peces (R_{pc}) como eufáusidos y peces linterna, respectivamente, se determinó mediante las expresiones de Mehl y Westgard (1983) y Macpherson (1985), respectivamente.

$$R_{cr} = 0,005 \times e^{0,2 \times T}$$

$$R_{pc} = 0,0149 \times e^{0,1209 \times T}$$

Donde: T es la temperatura promedio del agua a la profundidad de captura. Finalmente, el consumo de presas (especialmente eufáusidos) por parte de estos

recursos pesqueros, se determinó mediante la ecuación de Livingston et al. (1986), modificado de Mehl & Westgard (1983).

$$Q_{i j k} = DR_{i j} \times D_i \times P_{i j k} \times B_j$$

donde: Q_{ijk} es el consumo de la presa k por el predador j durante el tiempo de estudio i , expresado en ton/tiempo del estudio; DR_{ij} es la ración diaria (porcentaje respecto al peso del pez), expresada como la fracción en peso consumida por el predador j en el período i ; D_i es el número de días que abarca el estudio; B_j es la biomasa del predador j , en ton/tiempo del estudio; P_{ijk} es la proporción en peso de la presa consumida por el predador j durante el período de estudio i .

La metodología descrita por Sainsbury (1986), propone una estimación de RD considerando muestras de estómagos que cubran un periodo de alimentación de 24 horas. Considera dos modelos, el primero asume una tasa de alimentación constante y el otro una tasa inversamente proporcional al contenido estomacal. Ambos modelos asumen una forma exponencial para la evacuación gástrica. En este estudio se asumió un ciclo diario de alimentación con un período de alimentación por día, con un determinado número de horas (T_f). La muestra del contenido estomacal debió cubrir diferentes horas del día (día virtual).

Como dato de entrada se utilizó la distribución de frecuencia del contenido estomacal, para así fijar el peso del contenido estomacal residual (S_r) estimado como el valor mínimo registrado y el peso estomacal al término del período de alimentación (S_0) utilizando el percentil 90% de la frecuencia acumulado del peso contenido estomacal. El tiempo de digestión se estimó como el complemento de 24 horas al período de alimentación. Con esta información y suponiendo un modelo exponencial simple para la tasa de evacuación gástrica.

$$S = S_0 \exp(-R\tau)$$

donde S_r es el peso del contenido estomacal al término de las 24 horas después del término del periodo de alimentación, S_0 es el peso del contenido estomacal al

término del período de alimentación, R es la tasa de evacuación gástrica, y τ es el complemento de 24 horas del periodo de alimentación.

$$\tau = 24 - T_f$$

A partir de la ecuación de la tasa de evacuación gástrica, ésta queda determinada por:

$$R = -\frac{1}{\tau} \ln\left(\frac{S_r}{S_0}\right)$$

Para estimar la ración diaria se puede usar el modelo de Eggers (1977), expresado como:

$$RD = R \cdot \bar{S} \cdot 24$$

Donde: RD es la ración diaria ($g \cdot d^{-1}$), \bar{S} es el peso promedio del contenido estomacal y 24 representa la transformación de la tasa de evacuación gástrica a un periodo de 24 horas. Se consideró un promedio geométrico para estimar \bar{S} , descrita de la siguiente manera.

$$\bar{S} = [S_r \times S_0]^{1/2}$$

Por otra parte y considerando el modelo de Sainsbury (1986) para el peso del contenido estomacal residual, la tasa de alimentación durante el periodo de alimentación se estimó con la siguiente expresión.

$$\alpha = \frac{S_r \times R \times (1 - \exp(-R \times 24))}{(\exp(-R(24 - T_f)) - \exp(-R \times 24))}$$

donde α es la tasa de alimentación ($g \cdot h^{-1}$), y las otras variables presentes en la ecuación ya fueron definidas previamente (S_r , R y T_f). De acuerdo a esto la ración diaria se estima como:

$$RD = \alpha \times T_f$$

Selectividad de presas por tamaño: Para evaluar la razón óptima entre el peso del predador y el peso de la presa se utilizó el índice de selectividad de presas por tamaño ISU, utilizado por Ursin (1973). Este método consiste en que el tamaño relativo de cada presa en el estómago de cada depredador es calculado como una

razón entre el peso del depredador versus el peso de la presa, cuya expresión se denomina como el Índice de Selectividad de Ursin (ISU).

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

donde W_i es el peso del depredador i (gr) y W_j es el peso de la presa j (gr).

Las preferencias por el tamaño de las presas se refleja como una distribución de frecuencias derivadas del logaritmo de sus pesos. Esta relación representa el tamaño promedio entre el depredador y su presa y la desviación estándar es una medida relativa de la selectividad, siendo inversamente proporcional a ésta (Hahm & Langton, 1985).

9.6. MARCO AMBIENTAL BÍOFÍSICO Y RELACIONES ENTRE EUFÁUSIDOS Y VARIABILIDAD OCEANOGRÁFICA

A continuación se detalla la metodología asociada al desarrollo del Objetivo Específico 5 "Determinar las relaciones entre la variabilidad oceanográfica, la abundancia y la producción de eufáusidos, así como el consumo de los principales recursos pesqueros regionales en la región centro-sur de Chile".

9.6.1. Antecedentes

La variabilidad ambiental en el Pacífico Suroriental puede ser explicada principalmente por fluctuaciones intra-anales asociadas a la estacionalidad de la surgencia costera (Leth & Shaffer 2001, Rutland et al. 2002), variaciones inter-anales relacionadas con eventos El Niño/La Niña (alternancia de eventos cálidos y fríos) (Shaffer et al. 1999, Hormazábal et al. 2001, Escribano et al. 2004), y la variabilidad climática-oceanográfica decadal (Klyashtorin 1998, McFarlane et al. 2000, Yáñez et al. 2002). Estas fluctuaciones en las condiciones del ambiente, a diferentes escalas de variabilidad, pueden causar cambios significativos en los niveles de producción y abundancia de diferentes compartimentos biológicos del

sistema y afectar finalmente a la distribución y abundancia espacio-temporal de recursos pesqueros.

En la región suroriental del océano Pacífico el sistema meteorológico que más influye es el Anticiclón del Pacífico Sur, que modula los vientos a lo largo de la costa de Perú y Chile (Strub et al. 1998, Rutland et al. 2004, Cheagneau & Pizarro 2005), haciendo que los vientos predominantes en el período estival sean hacia el Ecuador, y que éstos se debiliten o inviertan su dirección durante otoño e invierno (Saavedra 1980). La persistencia de vientos paralelos a la costa provenientes del S y SW y su coacción superficial, produce el ascenso hacia la capa fótica de aguas frías, salinas, poco oxigenadas y con alto contenido de nutrientes (proceso de surgencia costera), promoviendo el incremento de producción primaria y del zooplancton, y su disponibilidad para la trama trófica, modulando en último término, la distribución espacial y temporal de las especies que en ellos habitan. En la región central de Chile el proceso de surgencia evidencia una marcada fluctuación estacional, iniciándose entre Septiembre y Marzo de cada año, con una máxima expresión en los meses de Diciembre y Enero (Leth 2000, Rutland & Montecinos 2002). La manifestación superficial de eventos activos de surgencia se traduce en la presencia de frentes y filamentos, identificados como estructuras recurrentes en la zona costera del Pacífico Suroriental (Cáceres 1992, Thomas et al. 2001, Sobarzo & Figueroa 2001, Grob et al. 2003, Correa et al., 2007) y que sirven de mecanismos de intercambio entre la costa y el océano, reflejado a través del transporte, la mezcla y la exportación de producción generada en la costa, en particular relacionados con la biomasa fitoplanctónica (Correa et al 2007) así como con la distribución del material particulado orgánico, el micro- y mesozooplancton (Morales et al. in press). De igual manera, Hormazábal et al (2004) han revelado evidencias de acoplamiento físico-biológico entre anillos de mesoescala y corrientes de meandro con la distribución de zonas de pesca de peces pelágicos al interior de la zona de transición costera frente a la región central de Chile.

Por su parte, se ha destacado en esta región, la alta variabilidad interanual asociado a la alternancia de eventos El Niño/La Niña (ver síntesis en Enfield 1989, Philander 1989, Glantz 1996, McPhaden 2001). Esta alternancia produce una serie de

anomalías bio-físicas como por ejemplo: el incremento anormal de la TSM, la elevación del nivel de mar en la costa, la intensificación de la corriente sub-superficial hacia el polo, la variación hacia el sur de la zona de convergencia inter-tropical, el debilitamiento del anticiclón subtropical, el incremento del transporte hacia la costa y el hundimiento de la termoclina (y nutriclina) (Rutlland & Fuenzalida 1991, Pizarro & Montecinos 2004, Maturana et al. 2004). A pesar de la vasta información sobre los efectos deletéreos del evento El Niño/La Niña sobre las comunidades marinas costeras y la producción biológica, se ha sugerido que este evento puede constituir un favorecimiento en el crecimiento y reproducción de especies dominantes en el zooplancton (Hidalgo & Escribano 2000, Ulloa et al. 2001). De igual manera, se ha sugerido escasa variabilidad en la biomasa zooplanctónica, así como también en la producción primaria y el flujo vertical de carbono (Escribano et al. 2004), lo que implica el re-analizar el impacto negativo de eventos ENOS sobre la estructura comunitaria y producción del sistema, en función de la rápida recuperación de la capacidad productiva global del sistema de surgencia de Chile (Escribano et al. 2004).

9.6.2. Datos y Métodos

Con el propósito de realizar una caracterización de la variabilidad oceanográfica más relevante en relación con la abundancia y distribución de eufáusidos en la región centro-sur de Chile, entre los 30° y los 45°S, se utilizó la información satelital disponible para la última década (1997-2007).

Esta información consistió en:

- Altura del nivel del mar.
- Patrón general de vientos.
- Temperatura superficial del mar.
- Concentración de clorofila.

Además, se utilizó la información proveniente del modelo de asimilación oceánica SODA versión 2.0.2 y 2.0.3 para el período comprendido entre los años 1958 y 2005. A partir de la información de altura del nivel del mar, obtenido del producto

combinado de las mediciones de altimetría TOPEX-Poseidon, Jason y ERS y distribuida por AVISO (<http://www.aviso.oceanobs.com/>), se calculó la velocidad geostrofica y la energía cinética por unidad de masa (EKE), según el procedimiento propuesto por Hormazábal et al. (2004).

Para la información de vientos satelitales se utilizó el producto diario QuickSCAT entre los años 1999 y 2007 con $\frac{1}{4}$ de grado de resolución espacial, obtenido desde el sitio <http://podaac.jpl.nasa.gov/quikscat>. Asimismo, se estimó la turbulencia calculada como el cubo de la magnitud del viento QuickSCAT. La información satelital de temperatura superficial del mar utilizada en este informe corresponde al producto diario del AVHRR Pathfinder Version 5.0, con 4 km de resolución espacial, distribuido por la NOAA en su sitio web <http://www.noaa.gov/>. Por su parte, los datos satelitales diarios disponibles de clorofila entre los años 1997 y 2007, con resolución espacial de ~ 9 km, fueron obtenidos del Goddard Earth Sciences Distributed Active Archive Center (<http://daac.gsfc.nasa.gov>). En base a los perfiles mensuales de temperatura provenientes del modelo SODA (<http://dsrs.atmos.umd.edu>), con 40 profundidades y $0,5^\circ$ de resolución horizontal, se calculó la profundidad de la capa de mezcla (PCM) siguiendo la metodología propuesta por Lorbacher et al. (2005).

A cada una de las variables satelitales (energía cinética, temperatura, viento, turbulencia, clorofila) y derivadas de modelos (profundidad capa de mezcla), se le analizó el ciclo anual mediante promedios (compuestos) mensuales. En el caso del viento, se analizó también la variabilidad mensual de las velocidades meridionales y zonales mediante el cálculo de la desviación estándar de los respectivos componentes. Adicionalmente, utilizando el promedio zonal diario de las primeras 3 mediciones del viento meridional QuickSCAT desde a la costa, se elaboró un gráfico latitud-tiempo con el transporte zonal de Ekman, el cual fue calculado mediante:

$$TZE = \frac{\tau_y}{\rho \cdot f}$$

Donde τ_y corresponde a la componente meridional del esfuerzo del viento, ρ corresponde a la densidad del agua (1020 kg m⁻³) y f corresponde al parámetro de Coriolis. El esfuerzo meridional del viento fue estimado por:

$$\tau_y = \rho_a \cdot C_d \cdot |V| \cdot v$$

Donde ρ_a corresponde a la densidad del aire (1,2 kg m⁻³), C_d es un coeficiente de arrastre (0,0015), $|V|$ es el módulo de la velocidad del viento y v la componente meridional de la velocidad del viento. A las series de transporte de Ekman se les removió la variabilidad menor a 30 días mediante un filtro Coseno-Lanczos de 90 pesos.

- Variabilidad interanual

La variabilidad interanual de los datos satelitales de clorofila, TSM, vientos y nivel del mar fue analizada mediante diagramas latitud-tiempo (diagramas Hovmöller). Para confeccionar dichos diagramas se extrajeron los registros diarios desde una banda costera que se extendió entre 0 y 100 km de la costa, y otra oceánica entre 500 y 600 km de la costa, estimándose promedios zonales entre los 34° y los 40°S de latitud. En el caso del nivel del mar, para evitar el sesgo que tienen los datos de altimetría sobre la plataforma continental, la banda costera se extendió entre los 100 y 200 km costa afuera. Con el propósito de eliminar la variabilidad de más alta frecuencia, las series de tiempo fueron suavizadas mediante un filtro coseno Lanczos, con una amplitud media de 547 días y 1541 de orden. Para extraer los principales patrones de variabilidad meridional de estas series, se estimaron las funciones ortogonales empíricas (Venegas 2004), tanto en la banda costera como oceánica.

- Asociación entre ambiente y eufáusidos

Para examinar la distribución de los eufáusidos en relación a las variables ambientales, se emplearon los datos planctónicos provenientes de tres cruceros, a saber:

- Realizado entre el 2 y 27 de Junio de 2006 (FIP 2006).

- Realizado entre 25 Noviembre y el 4 de Diciembre de 2007 (FIP 2007-08).
- Realizado entre el 7 y 18 de Marzo de 2008 (FIP 2007-10).

A partir de los registros georreferenciados de densidad media (individuos m⁻³), se generaron cartografías de distribución de densidad para las siete especies de eufáusidos más abundantes (abundancias relativas >5%), vale decir: *Euphausia mucronata*, *Stylocheiron abbreviatum*, *Stylocheiron carinatum*, *Thysanoessa gregaria*, *Nematoscelis megalops*, *Euphausia gibboides* y *Euphausia recurva*. Para tal efecto, se empleó el método de interpolación Spline (MatLab 8b), considerando una grilla regular de 0,1° × 0,1°.

El análisis de las relaciones entre la abundancia de las especies de eufáusidos con la variabilidad ambiental se abordó mediante un análisis de componentes principales (ACP). Para este análisis se incorporaron además los datos generados en el proyecto Fondecyt 1070504 correspondientes al periodo 22-26 de Enero de 2009. Como insumo para este análisis se construyó una matriz biológica-ambiental, que contiene las abundancias numéricas de las 7 especies principales junto con la información satelital de concentración de clorofila, temperatura superficial del mar, anomalía de la altura del nivel del mar y energía cinética correspondiente a cada una de las estaciones. Las estaciones con valores abundancias o valores ambientales atípicos que presentaron diferencias extremas en relación al conjunto de las estaciones fueron determinadas mediante un análisis estadístico de distancia multivariada Hotelling T² y posteriormente removidos para prevenir sesgos en el ACP. Los componentes que concentran la mayor variabilidad generados por el ACP son presentados mediante gráficos de 2 dimensiones conteniendo la distribución de las estaciones (puntos) junto con la contribución de la abundancia de las especies y las variables ambientales (vectores) en relación a la variabilidad de los componentes graficados.

10. RESULTADOS

10.1. ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD PLANCTÓNICA CON ESPECIAL ÉNFASIS EN EL GRUPO DE LOS EUFÁUSIDOS

Este Capítulo entrega los resultados del análisis de la comunidad meso-zooplanctónica de la región costera y oceánica del centro-sur de Chile realizado a partir de muestras recolectadas entre Agosto 2007 y Enero 2009, con especial énfasis en el grupo de los eufáusidos. Los resultados se dividen en los siguientes tópicos:

a) Resultados de la identificación taxonómica, estimación de la densidad (ind m^{-3}), biomasa zooplanctónica total (mg m^{-3}) y abundancia relativa (%) de los grupos mayores del mesozooplancton (holo- y meroplancton) presentes en el área y período de estudio.

b) Resultados de la identificación taxonómica de las especies pertenecientes al Orden Euphausiacea y sus diferentes estadios de desarrollo (adultos ♀ y ♂, juveniles, furciliias, calyptopis, nauplios y huevos), la biomasa (mg C m^{-3}) calculada para la especie dominante (*Euphausia mucronata*), la densidad (ind m^{-3}) para todas las especies identificadas en las muestras analizadas, su frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa (%).

c) Resultados de la aplicación de metodologías de ordenación (Análisis de Componentes Principales, ACP) enfocados hacia la comunidad de eufáusidos en el área y período de estudio.

d) Resultados de la distribución temporal (escala mensual y estacional) y espacial (región costera, de transición y oceánica) de los indicadores de abundancia para los taxa mayores y las especies de eufáusidos numéricamente dominantes y sus estadios de desarrollo.

10.1.1. Diversidad y distribución zooplancton local: Grupos mayores

Los grupos mayores del meso-zooplancton costero y oceánico fueron analizados desde un total de 638 muestras planctónicas recolectadas en la región centro-sur de Chile. La Tabla 2 resume el número de taxa pertenecientes al holo- y meroplancton, el rango de densidades (ind m⁻³) reportados para cada grupo, la densidad promedio y su desviación estándar, así como la frecuencia de ocurrencia (%) y la abundancia relativa (%) de cada grupo respecto del total de zooplancteres contabilizados.

El análisis de los grupos mayores del mesozooplancton reveló la presencia de 32 taxa o formas discriminadas en las todas las muestras analizadas, 19 de ellos pertenecientes al holoplancton y 13 taxa pertenecientes al meroplancton. De estos taxa, los copépodos, salpas, apendicularias, quetognatos, sifonóforos, doliólidos y eufáusidos mostraron abundancias relativas (a.r.) mayores al 1%.

Los copépodos fueron los más abundantes con una contribución del 71,1% al total de zooplancteres contabilizados en todas las muestras, una frecuencia de ocurrencia (f.o.) del 99,4% y una densidad promedio de $50,9 \pm 61,16$ ind m⁻³. Este grupo fue seguido, muy secundariamente por las salpas (a.r.= 7,4%, f.o.= 64,1%) que presentaron una densidad promedio de $8,2 \pm 25,67$ ind m⁻³, las apendicularias (a.r.= 6,6%, f.o.= 86,8%) con una densidad promedio de $5,4 \pm 24,40$ ind m⁻³ y los quetognatos (a.r.= 4,9%, f.o.= 96,7%), que aunque estuvo presente en gran parte de las muestras evidenció una densidad promedio de $3,6 \pm 4,44$ ind m⁻³. Muy secundariamente estuvieron representados los sifonóforos (a.r.= 1,4%), doliólidos (a.r. = 1,2%) y los eufáusidos (a.r.= 1,0%). El resto de los grupos pertenecientes al holoplancton y meroplancton evidenciaron abundancias relativas menores al 1%.

Considerando el total de las muestras analizadas, la biomasa zooplanctónica total fluctuó entre los 0,11 – 516,4 g 1000 m⁻³, con un valor promedio para toda la serie de $7,8 \pm 38,31$ g 1000 m⁻³.

Tabla 2: Densidad (ind m⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de los grupos mayores del mesozooplancton identificados en 638 muestras planctónicas recolectadas en el sector costero y oceánico de la región centro-sur de Chile, en el periodo comprendido entre Agosto de 2007 y Diciembre de 2008.

TAXA MAYORES	Densidad (ind m ⁻³) Estaciones positivas					Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.		
Copépodos	634	0.04	613.48	50.93	61.185	99.4	71.10
Salpas	409	0.01	312.80	8.19	25.673	64.1	7.37
Apendicularias	554	0.00	511.87	5.39	24.401	86.8	6.58
Quetognatos	617	0.01	48.81	3.63	4.438	96.7	4.93
Sifonóforos	559	0.00	26.62	1.14	1.780	87.6	1.40
Doliólidos	322	0.00	56.87	1.71	4.463	50.5	1.21
Eufáusidos	436	0.00	43.71	1.10	3.418	68.3	1.05
Cladóceros	353	0.00	14.15	1.22	1.982	55.3	0.95
Larvas bivalvos	229	0.00	104.83	1.64	7.711	35.9	0.83
Ostrácodos	556	0.00	36.15	0.65	1.675	87.1	0.80
Radiolarios	354	0.00	6.93	0.73	1.167	55.5	0.57
Medusas	322	0.00	18.36	0.70	1.681	50.5	0.49
Anfípodos	556	0.00	5.69	0.38	0.610	87.1	0.46
Pterópodos	216	0.00	23.20	0.96	2.616	33.9	0.46
Foraminíferos	406	0.00	10.45	0.43	0.920	63.6	0.38
Huevos invertebrados	268	0.01	18.96	0.55	1.274	42.0	0.32
Tomoptéridos	258	0.00	9.20	0.56	0.954	40.4	0.32
Larvas Poliquetos	316	0.00	6.79	0.43	0.645	49.5	0.30
Zoeas	256	0.00	12.35	0.23	0.916	40.1	0.13
Ctenóforos	107	0.00	6.92	0.41	1.024	16.8	0.10
Larvas peces	209	0.00	4.03	0.12	0.373	32.8	0.06
Huevos peces	162	0.00	3.58	0.13	0.332	25.4	0.05
Megalopas	20	0.01	6.37	0.70	1.677	3.1	0.03
Nauplios	39	0.00	7.21	0.28	1.149	6.1	0.02
Heterópodos	47	0.01	1.70	0.18	0.323	7.4	0.02
Cryptoniscus	35	0.01	0.81	0.23	0.239	5.5	0.02
Miscidáceos	82	0.00	0.68	0.10	0.110	12.9	0.02
Larvas Stomatópodos	53	0.00	0.33	0.09	0.090	8.3	0.01
Paralarvas Cefalópodos	45	0.01	0.39	0.10	0.080	7.1	0.01
Larvas Cifonautas	19	0.02	0.65	0.09	0.140	3.0	0.00
Larvas gastrópodos	20	0.01	0.28	0.07	0.072	3.1	0.00
Larvas Cypris	4	0.03	0.11	0.05	0.037	0.6	0.00

- Región costera

En la región costera frente a Chile centro-sur, entre la costa y los 75°W, se analizaron 92 muestras para la determinación de los grupos zooplanctónicos mayores. La Tabla 3 resume el número de taxa mayores el meso-zooplancton, el rango de densidades (ind m⁻³) reportados para cada grupo, la densidad promedio y

su desviación estándar, así como la frecuencia de ocurrencia (%) y la abundancia relativa (%) de cada grupo respecto del total de zooplancteres contabilizados.

Para la región costera, de los 32 taxa o formas discriminadas identificadas, sólo 5 grupos evidenciaron abundancias relativas mayores al 1%, destacando claramente los copépodos con una abundancia relativa del 61,0%, una muy alta frecuencia de ocurrencia (97,8%) y una densidad promedio de $41,0 \pm 47,48 \text{ ind m}^{-3}$, valor inferior a lo reportado para el análisis de todas las muestras. Los copépodos fueron secundados por las apendicularias (a.r.= 18,41%) con una densidad promedio de $17,4 \pm 66,02 \text{ ind m}^{-3}$, salpas (a.r.= 8,9%, densidad promedio= $10,5 \pm 43,86 \text{ ind m}^{-3}$), eufáusidos (a.r.= 3,8%, densidad promedio= $3,3 \pm 7,03 \text{ ind m}^{-3}$) que revelaron una mayor abundancia relativa y densidad promedio en comparación con lo informado para todas las muestras, y los quetognatos (a.r.= 1,3%, densidad promedio= $1,0 \pm 1,23 \text{ ind m}^{-3}$). El resto de los grupos mayores del mesozooplancton evidenciaron abundancias relativas menores al 1%.

En la región costera, la biomasa zooplanctónica total fluctuó entre los 0,11 y los 516,4 g 1000 m⁻³, con un valor promedio de $18,1 \pm 66,9 \text{ g } 1000 \text{ m}^{-3}$ (N= 77), el que fue significativamente superior al reportado para el total de las muestras analizadas en el estudio.

- Región de transición

Se analizó 116 muestras planctónicas provenientes la región de transición, situada zonalmente entre los 75 y los 78°W (Tabla 4). De los 32 taxa o formas discriminadas, 7 grupos evidenciaron abundancias relativas mayores al 1%, a saber: copépodos (a.r.= 68,3%) con una densidad promedio de $30,8 \pm 36,19 \text{ ind m}^{-3}$), apendicularias (a.r.= 12,3%, densidad promedio= $7,2 \pm 17,81 \text{ ind m}^{-3}$), quetognatos (a.r.= 5,5%, densidad promedio= $2,5 \pm 2,78 \text{ ind m}^{-3}$), salpas (a.r.= 3,4%, densidad promedio= $3,3 \pm 15,73 \text{ ind m}^{-3}$), eufáusidos (a.r.= 2,2%, densidad promedio= $1,4 \pm 3,54 \text{ ind m}^{-3}$), radiolarios (a.r.= 1,4%, densidad promedio= $0,9 \pm 1,14 \text{ ind m}^{-3}$) y los ostrácodos (a.r.= 1,1%, densidad promedio= $0,6 \pm 0,62 \text{ ind m}^{-3}$). El resto de los grupos meso-zooplanctónicos (N= 24) reportan abundancias relativas menores al 1%.

La biomasa zooplanctónica total en las estaciones situadas entre los 75 y los 78°W, fluctuó entre los 0,14 y los 56,36 g 1000 m⁻³, con un valor promedio de 4,69 ± 9,45 g 1000 m⁻³ (N= 37).

- Región oceánica

En la región oceánica frente a Chile centro sur (más allá de los 78°W), se analizó un total de 430 muestras planctónicas, obtenidas para el período entre Agosto 2007 y Enero 2009 (Tabla 5).

Los resultados de este análisis reveló la presencia de sólo 7 grupos mayores con abundancias relativas por sobre el 1%, evidenciando a los copépodos nuevamente como el grupo con mayor contribución al total de zooplancteres contabilizados (a.r.= 73,3%). Este grupo fue seguido muy secundariamente por las salpas (a.r.= 7,7%, densidad promedio= 8,9 ± 22,71 ind m⁻³) que evidencian una densidad similar a la reportada para el sector costero, los quetognatos (a.r.= 5,5%, densidad promedio= 4,5 ± 4,90 ind m⁻³), apendicularias (a.r.= 3,6%, densidad promedio= 3,1 ± 6,14 ind m⁻³), sifonóforos (a.r.= 1,6%, densidad promedio= 1,4 ± 1,52 ind m⁻³), doliólidos (a.r.= 1,5%, densidad promedio= 2,0 ± 4,85 ind m⁻³) y los cladóceros (a.r.= 1,2%, densidad promedio= 1,5 ± 2,15 ind m⁻³). Los 25 grupos restantes (holo- y meroplancton) presentaron abundancias inferiores al 1%. El grupo de los eufáusidos mostró una abundancia relativa de 0,60%, una frecuencia de ocurrencia de 66,0%, y una densidad promedio de 0,6 ± 0,74 ind m⁻³, valor inferior al descrito para las regiones más costeras.

En la región oceánica frente a Chile centro-sur, la biomasa zooplanctónica total al considerar todas las muestras, fluctuó entre los 0,11 y los 15,36 g 1000 m⁻³, con un densidad promedio de 2,61 ± 2,44 g 1000 m⁻³ (N= 130 datos).

Tabla 3: Densidad (ind m⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de los grupos mayores del mesozooplancton identificados en 92 muestras planctónicas recolectadas en el sector costero (<75°W) de la región centro-sur de Chile, en el período comprendido entre Agosto de 2007 y Diciembre de 2008.

TAXA MAYORES	Densidad (ind m ⁻³) Estaciones positivas					Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.		
Copépodos	90	0.18	232.34	41.01	47.476	97.8	61.02
Apendicularias	64	0.01	511.87	17.40	66.052	69.6	18.41
Salpas	52	0.01	312.80	10.45	43.857	56.5	8.99
Eufáusidos	71	0.01	43.71	3.25	7.034	77.2	3.82
Quetognatos	81	0.01	6.22	0.95	1.227	88.0	1.28
Sifonóforos	64	0.00	26.62	0.78	3.376	69.6	0.82
Ostrácodos	65	0.02	5.12	0.65	1.090	70.7	0.70
Huevos invertebrados	30	0.01	18.96	1.27	3.483	32.6	0.63
Zoeas	41	0.00	12.35	0.78	2.185	44.6	0.53
Anfípodos	72	0.00	3.40	0.41	0.699	78.3	0.49
Larvas Poliquetos	52	0.00	4.18	0.50	0.727	56.5	0.43
Medusas	42	0.00	18.36	0.59	2.819	45.7	0.41
Doliólidos	19	0.04	4.14	1.04	1.245	20.7	0.33
Radiolarios	33	0.01	5.73	0.58	1.013	35.9	0.31
Pterópodos	19	0.00	12.45	0.93	2.818	20.7	0.29
Tomoptéridos	20	0.01	9.20	0.81	2.060	21.7	0.27
Megalopas	17	0.01	6.37	0.81	1.803	18.5	0.23
Ctenóforos	36	0.01	6.01	0.37	1.023	39.1	0.22
Foraminíferos	18	0.03	8.21	0.67	1.897	19.6	0.20
Nauplios	8	0.00	7.21	1.13	2.477	8.7	0.15
Huevos peces	17	0.00	3.58	0.43	0.956	18.5	0.12
Larvas bivalvos	19	0.00	2.12	0.28	0.531	20.7	0.09
Cryptoniscus	22	0.02	0.64	0.14	0.156	23.9	0.05
Cladóceros	23	0.00	0.76	0.13	0.158	25.0	0.05
Larvas peces	15	0.00	0.78	0.16	0.259	16.3	0.04
Heterópodos	5	0.04	1.70	0.42	0.720	5.4	0.03
Larvas Stomatópodos	20	0.00	0.33	0.09	0.103	21.7	0.03
Miscidáceos	14	0.00	0.68	0.12	0.177	15.2	0.03
Larvas Cifonautas	11	0.02	0.65	0.11	0.181	12.0	0.02
Paralarvas Cefalópodos	8	0.04	0.28	0.09	0.080	8.7	0.01
Larvas gastrópodos	4	0.02	0.28	0.09	0.127	4.3	0.01
Larvas Cypris	1	0.03	0.03	0.03	-	1.1	0.00

Tabla 4: Densidad (ind m⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de los grupos mayores del mesozooplancton identificados en 116 muestras planctónicas recolectadas en el sector de transición (75-78°W) de la región centro-sur de Chile, en el período comprendido entre Agosto de 2007 y Diciembre de 2008.

TAXA MAYORES	Densidad (ind m ⁻³) Estaciones positivas					Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.		
Copépodos	115	0.04	198.41	30.75	36.194	99.1	68.32
Apendicularias	88	0.00	106.16	7.21	17.811	75.9	12.26
Quetognatos	113	0.02	15.00	2.50	2.784	97.4	5.45
Salpas	53	0.01	109.57	3.29	15.736	45.7	3.37
Eufáusidos	81	0.01	20.08	1.40	3.540	69.8	2.19
Radiolarios	77	0.01	5.52	0.93	1.144	66.4	1.38
Ostrácodos	102	0.00	3.05	0.58	0.621	87.9	1.14
Anfípodos	100	0.01	4.92	0.45	0.769	86.2	0.88
Sifonóforos	82	0.00	2.70	0.38	0.557	70.7	0.61
Larvas bivalvos	36	0.04	4.47	0.87	1.090	31.0	0.60
Larvas Poliquetos	46	0.00	6.79	0.67	1.174	39.7	0.59
Foraminíferos	76	0.00	4.46	0.40	0.678	65.5	0.59
Huevos invertebrados	55	0.01	4.00	0.55	0.780	47.4	0.59
Tomoptéridos	43	0.00	5.80	0.62	1.286	37.1	0.52
Ctenóforos	24	0.00	6.92	0.75	1.460	20.7	0.35
Pterópodos	42	0.00	1.31	0.29	0.335	36.2	0.23
Cladóceros	53	0.00	1.20	0.21	0.248	45.7	0.22
Doliólidos	36	0.00	1.47	0.29	0.396	31.0	0.20
Medusas	42	0.01	2.58	0.22	0.427	36.2	0.18
Cryptoniscus	12	0.01	0.81	0.38	0.300	10.3	0.09
Heterópodos	25	0.01	1.56	0.16	0.298	21.6	0.08
Larvas peces	33	0.00	0.47	0.07	0.095	28.4	0.04
Zoeas	28	0.01	0.21	0.05	0.044	24.1	0.03
Huevos peces	15	0.00	0.25	0.08	0.073	12.9	0.02
Paralarvas Cefalópodos	10	0.01	0.28	0.09	0.085	8.6	0.02
Larvas gastrópodos	10	0.01	0.22	0.08	0.068	8.6	0.01
Miscidáceos	8	0.02	0.14	0.05	0.041	6.9	0.01
Larvas Stomatópodos	8	0.01	0.11	0.05	0.035	6.9	0.01
Nauplios	9	0.03	0.07	0.04	0.013	7.8	0.01
Larvas Cifonautas	4	0.04	0.11	0.07	0.040	3.4	0.01
Larvas Cypris	2	0.04	0.11	0.07	0.050	1.7	0.00
Megalopas	1	0.03	0.03	0.03	-	0.9	0.00

Tabla 5: Densidad (ind m⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de los grupos mayores del mesozooplancton identificados en 430 muestras planctónicas recolectadas en el sector oceánico (>78°W) de la región centro-sur de Chile, en el periodo comprendido entre Agosto de 2007 y Diciembre de 2008.

TAXA MAYORES	Densidad (ind m ⁻³) Estaciones positivas					Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.		
Copépodos	429	0.04	613.48	58.41	67.326	99.8	73.31
Salpas	304	0.01	169.36	8.65	22.714	70.7	7.69
Quetognatos	423	0.01	48.81	4.45	4.902	98.4	5.50
Apendicularias	402	0.00	52.17	3.08	6.139	93.5	3.62
Sifonóforos	413	0.00	9.12	1.35	1.519	96.0	1.63
Doliólidos	267	0.00	56.87	1.95	4.853	62.1	1.52
Cladóceros	277	0.00	14.15	1.50	2.151	64.4	1.21
Larvas bivalvos	174	0.00	104.83	1.95	8.813	40.5	0.99
Ostrácodos	389	0.00	36.15	0.67	1.927	90.5	0.76
Medusas	238	0.00	12.59	0.80	1.538	55.3	0.56
Pterópodos	155	0.01	23.20	1.15	2.905	36.0	0.52
Radiolarios	244	0.00	6.93	0.69	1.190	56.7	0.49
Anfípodos	384	0.00	5.69	0.36	0.541	89.3	0.40
Eufáusidos	284	0.00	9.53	0.47	0.772	66.0	0.39
Foraminíferos	312	0.00	10.45	0.42	0.890	72.6	0.38
Tomoptéridos	195	0.00	4.76	0.52	0.650	45.3	0.30
Larvas Poliquetos	218	0.00	3.40	0.37	0.421	50.7	0.23
Huevos invertebrados	183	0.01	1.84	0.43	0.409	42.6	0.23
Zoeas	187	0.00	2.26	0.13	0.206	43.5	0.07
Larvas peces	161	0.00	4.03	0.13	0.415	37.4	0.06
Huevos peces	130	0.00	0.62	0.10	0.105	30.2	0.04
Ctenóforos	47	0.00	3.64	0.28	0.690	10.9	0.04
Miscidáceos	60	0.00	0.50	0.10	0.095	14.0	0.02
Paralarvas Cefalópodos	27	0.03	0.39	0.10	0.082	6.3	0.01
Larvas Stomatópodos	25	0.00	0.28	0.10	0.090	5.8	0.01
Heterópodos	17	0.04	0.57	0.14	0.134	4.0	0.01
Nauplios	22	0.03	0.24	0.08	0.051	5.1	0.01
Larvas gastrópodos	6	0.04	0.07	0.04	0.012	1.4	0.00
Megalopas	2	0.04	0.14	0.09	0.075	0.5	0.00
Cryptoniscus	1	0.14	0.14	0.14	-	0.2	0.00
Larvas Cifonautas	4	0.04	0.04	0.04	0.001	0.9	0.00
Larvas Cypris	1	0.03	0.03	0.03	-	0.2	0.00

- Distribución espacial de grupos mayores del zooplancton

En virtud a que, en el total de las muestras zooplanctónicas revisadas se constató la dominancia de 7 grupos mayores, a saber: copépodos, salpas, apendicularias, quetognatos, sifonóforos, doliólidos y eufáusidos (ver Tabla 2), se graficó la distribución espacial de estos grupos en conjunto con la distribución espacial de la biomasa zooplanctónica total, los que son presentados en las Figuras 6 a la 8.

La distribución espacial reveló la presencia de estos grupos en toda el área estudiada reveló la clara abundancia numérica de los copépodos, los que mostraron en general densidades superiores a las 100 ind m⁻³ en el sector costero y hacia el sur de los 35°S (Figura 6a). Las apendicularias (Figura 6b), presentaron densidades mayores (>100 ind m⁻³) hacia el sector SE del área de estudio (<82°W y al sur de los 35°S), evidenciado densidades más bajas (<10 ind m⁻³) hacia el océano abierto y al SW del área prospectada.

Por su parte, el grupo de los eufáusidos evidenció una distribución espacial similar a la reseñada para apendicularias, esto es, un gradiente positivo hacia la costa, donde predominaron densidades superiores a 10 ind m⁻³, con algunas estaciones de mayor densidad (>100 ind m⁻³), revelando hacia el SW densidades mucho menores. Los quetognatos y sifonóforos también se encontraron bien distribuidos a o largo del área de estudio, sin evidenciar el contrario, un gradiente positivo a la costa en la densidad (Figura 7).

Por último, la distribución espacial de las salpas mostró dos áreas de mayores densidades (>100 ind m⁻³), una vinculada al sector costero (<76°W) y otra asociada al sector oceánico (>87°W), esta última con una alta frecuencia de estaciones positivas y densidades por sobre los 100 ind m⁻³. Por el contrario, el sector situado al SW del área de estudio reveló densidades menores que no sobrepasaron los 10 ind m⁻³ (Figura 7).

En tanto, la distribución espacial de la biomasa zooplanctónica total (expresada en g 1000 m⁻³) se presenta en la Figura 8. Esta figura reveló la clara dominancia de valores mayores de biomasa zooplanctónica (>100 g 1000 m⁻³) en la región costera del área de estudio, y biomazas significativamente menores en las estaciones planctónicas situadas hacia el océano abierto (~ 1-10 g 1000 m⁻³).

La Tabla 6 muestra una síntesis de las abundancias numéricas y relativas de los grupos dominantes del meso-zooplankton y de la biomasa zooplanctónica total (g 1000 m⁻³) en las regiones costera, de transición y oceánica durante el período comprendido entre Agosto 2007 y Diciembre 2008. Esta tabla confirma la dominancia numérica de los copépodos, con mayores densidades hacia el océano

interior, un gradiente zonal positivo a la costa para los eufáusidos y apendicularias, y por el contrario, un gradiente de densidad positivo al océano para sifonóforos y quetognatos. La biomasa zooplanctónica total evidenció mayores valores promedio para la región costera y una disminución importante hacia las estaciones oceánicas del área de estudio.

Tabla 6. Densidad promedio (ind m⁻³), abundancia relativa (en paréntesis, %) de los grupos zooplanctónicos dominantes y de la biomasa zooplanctónica total (g 1000 m⁻³) reportados en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Diciembre 2008, separados zonalmente en regiones costera (costa-75°W), de transición (75-78° W) y oceánica (78-94°W).

GRUPOS MAYORES	Costera	Transición	Oceánica
Copépodos	41,0 (61,0%)	30,8 (68,3%)	58,4 (73,3%)
Salpas	10,5 (8,9%)	3,2 (2,2%)	8,7 7,69%)
Apendicularias	17,4 (18,4%)	7,2 (5,5%)	3,1 (3,62%)
Quetognatos	0,9 (1,3%)	2,5 (3,4%)	4,5 5,50%)
Sifonóforos	0,9 (<1,0%)	0,4 (<1,0%)	1,4 1,63%)
Eufáusidos	3,3 (3,8%)	1,4 (1,4%)	0,5 (<1,0%)
Biomasa zooplánctónica	18,1 ± 66,9	4,69 ± 9,45	2,61 ± 2,44

Distribución temporal de grupos mayores del zooplancton

A continuación se presenta la distribución mensual de los grupos numéricamente más abundantes del meso-zooplancton para el período comprendido entre Agosto 2007 y Diciembre 2008.

La serie de tiempo fue construida principalmente asociada a la información planctónica colectada mensualmente en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile a través de barcos de oportunidad, información que fue complementada con estaciones asociadas a cruceros de extensión espacial. Cabe hacer mención que debido a la distribución oceánica de jurel durante el período de estudio, y a las dificultades de encuentro de cardúmenes comerciales por parte de la flota cerquera industrial, especialmente en los meses de temporada de pesca (Abril-Julio), en algunos casos el número de estaciones planctónicas estuvo por debajo del esperado.

La participación de buques de oportunidad entre para el año 2008 se verificó según el siguiente esquema:

Enero de 2008: N° Estaciones= 01

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
KayKay – UdeC	08/01/2008	36° 52' S - 73° 01' W

Febrero de 2008: N° Estaciones= 21

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
PAM Líder	06/02/2008	37° 00' S - 74° 00' W
PAM Líder	06/02/2008	37° 00' S - 75° 00' W
PAM Líder	06/02/2008	37° 00' S - 76° 00' W
PAM Líder	06/02/2008	37° 00' S - 77° 00' W
PAM Líder	07/02/2008	37° 00' S - 78° 00' W
PAM Líder	07/02/2008	38° 00' S - 77° 00' W
PAM Líder	07/02/2008	39° 00' S - 76° 00' W
PAM Líder	07/02/2008	39° 20' S - 77° 00' W
PAM Líder	08/02/2008	39° 40' S - 78° 00' W
PAM Líder	08/02/2008	40° 00' S - 79° 00' W
PAM Líder	08/02/2008	41° 00' S - 78° 00' W
PAM Líder	08/02/2008	41° 00' S - 79° 00' W
PAM Líder	08/02/2008	41° 00' S - 80° 00' W
PAM Líder	09/02/2008	41° 00' S - 81° 00' W
PAM Líder	09/02/2008	41° 00' S - 82° 00' W
PAM Líder	09/02/2008	42° 00' S - 81° 30' W
PAM Líder	09/02/2008	42° 40' S - 82° 00' W
PAM Líder	09/02/2008	43° 00' S - 81° 00' W
PAM Líder	10/02/2008	42° 20' S - 83° 00' W
PAM Líder	10/02/2008	42° 20' S - 84° 00' W
PAM Líder	10/02/2008	43° 00' S - 84° 30' W
PAM Líder	10/02/2008	44° 00' S - 85° 00' W
PAM Líder	11/02/2008	44° 00' S - 87° 00' W
PAM Líder	11/02/2008	44° 30' S - 84° 00' W
PAM Líder	11/02/2008	44° 45' S - 85° 00' W
PAM Líder	11/02/2008	45° 00' S - 86° 00' W
PAM Líder	12/02/2008	43° 50' S - 81° 00' W
PAM Líder	12/02/2008	44° 04' S - 81° 59' W
PAM Líder	12/02/2008	44° 18' S - 82° 59' W

Marzo de 2008: N° Estaciones= 08

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
AGO Vidal Gormaz	07/03/2008	35° 29' S - 72° 45' W
AGO Vidal Gormaz	07/03/2008	35° 30' S - 73° 08' W
AGO Vidal Gormaz	08/03/2008	36° 30' S - 73° 33' W
AGO Vidal Gormaz	08/03/2008	37° 30' S - 74° 34' W
AGO Vidal Gormaz	17/03/2008	39° 60' S - 75° 52' W
AGO Vidal Gormaz	17/03/2008	39° 30' S - 75° 24' W
AGO Vidal Gormaz	18/03/2008	39° 59' S - 74° 21' W
AGO Vidal Gormaz	18/03/2008	40° 00' S - 73° 55' W

Abril de 2008: N° Estaciones= 03

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
PAM Líder	17/04/2008	40° 56' S - 84° 06' W
PAM Líder	18/04/2008	37° 08' S -73° 37' W
KayKay-UdeC	22/04/2008	36° 50' S -77° 73' W

Mayo de 2008: N° Estaciones= 03

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
PAM Líder	02/05/2008	38°13' S -74° 53' W
KayKay-UdeC	29/05/2008	36°50' S -77° 73' W
KayKay-UdeC	29/05/2008	36° 52' S -73° 01' W

Junio de 2008: N° Estaciones= 04

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
PAM MarPro I	25/06/2008	38° 15' S -79° 45' W
PAM MarPro I	26/06/2008	37° 17' S -74° 27' W
PAM Malleco	26/06/2008	37° 39' S -76° 23' W
PAM Malleco	26/06/2008	37° 13' S -74° 04' W

Julio de 2008: N° Estaciones= 02

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
PAM Malleco	02/07/2008	39° 45' S -80° 39' W
PAM Malleco	03/07/2008	37° 39' S -75° 43' W

Agosto de 2008: N° Estaciones= 13

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
KayKay-UdeC	19/08/2008	36° 52' S -73° 01' W
KayKay-UdeC	21/08/2008	36° 50' S -73° 02' W
KayKay-UdeC	21/08/2008	36° 50' S -73°12' W
KayKay-UdeC	21/08/2008	36° 50' S -73° 34' W
KayKay-UdeC	21/08/2008	36° 50' S -73° 54' W
KayKay-UdeC	21/08/2008	36° 50' S -73° 71' W
PAM Don Manuel	29/08/2008	33° 50' S -78° 06' W
PAM Don Manuel	29/08/2008	33° 50' S -79° 49' W
PAM Don Manuel	30/08/2008	33° 50' S -81° 41' W
PAM Don Manuel	30/08/2008	33° 50' S -83° 41' W
PAM Toyita	30/08/2008	34° 50' S -82° 30' W
PAM San José	29/08/2008	35° 00' S -79° 09' W
PAM San José	30/08/2008	35° 00' S -84° 14' W

Septiembre de 2008: N° Estaciones= 05

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
PAM Lonco	23/09/2008	33° 23' S -84° 46' W
PAM Lonco	23/09/2008	32° 01' S -89° 19' W
PAM Lonco	24/09/2008	32° 55' S -93° 42' W
PAM Lonco	25/09/2008	33° 58' S -91° 25' W
PAM Lonco	26/09/2008	32° 50' S -86° 10' W

Octubre de 2008: N° Estaciones= 02

<u>Buque</u>	<u>Fecha</u>	<u>Posición geográfica</u>
PAM Ligrunn	22/10/2008	39° 36' S -73° 31' W
PAM Ligrunn	28/10/2008	39° 34' S -73° 33' W

Noviembre de 2008: N° Estaciones= 20

Buque	Fecha	Posición geográfica
PAM Ligrunn	06/11/2008	39° 39' S -73° 37' W
PAM Chivilingo	25/11/2008	38° 20' S -75° 00' W
PAM Chivilingo	25/11/2008	38° 20' S -76°15' W
PAM Don Edmundo	25/11/2008	38° 20' S 80° 12' W
PAM Don Edmundo	25/11/2008	38° 20' S -80°36' W
PAM Don Mauro	25/11/2008	38° 20' S -81° 00' W
PAM Don Mauro	25/11/2008	37° 05' S -80° 49' W
PAM Don Mauro	25/11/2008	37° 05' S -80° 01' W
PAM Malleco	25/11/2008	37° 05' S -76° 56' W
PAM Malleco	25/11/2008	37° 05' S -76° 10' W
PAM Malleco	25/11/2008	35° 49' S -75° 03' W
PAM Chivilingo	26/11/2008	35° 50' S -80° 17' W
PAM Chivilingo	26/11/2008	35° 25' S -75° 00' W
PAM Chivilingo	26/11/2008	35° 25' S -75° 07' W
PAM Don Mauro	26/11/2008	35° 25' S -76° 51' W
PAM Don Mauro	26/11/2008	35° 25' S -80° 10' W
PAM Gardar	26/11/2008	35° 25' S -80° 54' W
PAM Gardar	26/11/2008	38° 45' S -75° 00' W
PAM Malleco	26/11/2008	38° 45' S -76° 09' W
PAM Tridente	26/11/2008	37° 30' S -75° 05' W

Diciembre de 2008: N° Estaciones= 11

Buque	Fecha	Posición geográfica
PAM Chivilingo	01/12/2008	36° 15' S -80° 12' W
PAM Chivilingo	01/12/2008	36° 15' S -80° 56' W
PAM Chivilingo	02/12/2008	36°40' S -75° 00' W
PAM Chivilingo	02/12/2008	36°40' S -76°56' W
PAM Tridente	02/12/2008	36° 40' S -76° 08' W
PAM Tridente	03/12/2008	36° 40' S -80° 00' W
PAM Tridente	03/12/2008	36° 40' S -80° 46' W
PAM Tridente	03/12/2008	37° 55' S -80° 35' W
PAM Gardar	05/12/2008	37° 55' S -75° 57' W
PAM Gardar	05/12/2008	37° 55' S -76° 11' W
PAM Malleco	26/12/2008	37° 55' S -75° 00' W

La información es presentada para las densidades medias (ind m⁻³) separadas por hábitat (costero, de transición y oceánico) y se resume para los grupos: copépodos, salpas, apendicularias, quetognatos, sifonóforos, doliólidos, ostrácodos y eufáusidos y se presenta en las Figuras 9 a la 16.

Al analizar la distribución mensual de los grupos dominantes, se aprecia en general muy bajas abundancias planctónicas en los meses de invierno, a excepción de las apendicularias y quetognatos, este último principalmente oceánico, y mayores densidades estivales y primaverales especialmente en el grupo dominante de los copépodos, los eufáusidos, sifonóforos y quetognatos. El grupo de los eufáusidos

reveló densidades (adultos + juveniles) promedio mayores 3000 ind 1000⁻³ en los meses de Noviembre y Diciembre de 2007, y en Noviembre y Diciembre de 2008, las que se verificaron principalmente en las estaciones costeras, y abundancias muy deprimidas en los meses de invierno y primavera (Figura 10).

Por su parte, la Figura 17 muestra la variación temporal mensual de la biomasa zooplanctónica total considerando el total 16 meses de análisis planctónico (exceptuando Sept.-2008). Los resultados revelan biomazas zooplanctónicas centradas en los 5-10 g 1000 m⁻³ a lo largo de la serie, con dos máximos situados en los meses de Marzo 2008 (~23 g 1000 m⁻³) y Junio 2008 (~ 45 g 1000 m⁻³).

La Tabla 7 presenta una síntesis de las abundancias numéricas y relativas promaedio para los grupos dominantes del meso-zooplancton y de la biomasa zooplanctónica total (g 1000 m⁻³) en las estaciones del año. Los copépodos (dominante en número) evidencian un máximo de abundancia en primavera y otoño, en tanto que salpas y eufáusidos revelan un gradiente positivo hacia el verano-otoño y valores bajos en invierno-primavera. Por el contrario, grupos como quetognatos y sifonóforos evidenciaron abundancias mayores hacia el otoño-invierno. La biomasa zooplanctónica total mostró mayores valores promedio en la estación invernal y en la primavera, y una disminución importante hacia el otoño.

Tabla 7. Densidad promedio (ind m⁻³), abundancia relativa (en paréntesis, %) de los grupos zooplanctónicos dominantes y biomasa zooplanctónica promedio (g 1000 m⁻³) reportados en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Diciembre 2008, separados estacionalmente en el ciclo anual.

Grupos	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Copépodos	30,2 (85,5%)	70,7 (78,9%)	33,6 (57,9%)	51,8 (59,9%)
Salpas	5,2 (1,0%)	5,8 (3,8%)	11,6 (12,9%)	16,2 (14,5%)
Apendicularias	11,8 (2,7%)	2,5 (2,5%)	7,3 (11,6%)	19,9 (17,3%)
Quetognatos	14,9 (4,7%)	4,8 (5,4%)	3,2 (5,3%)	0,9 (1,0%)
Sifonóforos	3,1 (0,8%)	1,3 (1,3%)	1,1 (1,8%)	1,4 (1,1%)
Doliólidos	0,2 (0,1%)	1,5 (0,9%)	2,1 (2,4%)	-
Eufáusidos	0,1 (0,2%)	1,0 (0,7%)	1,7 (1,3%)	3,0 (3,1%)
Biomasa zooplanctónica	15,1 ± 52,40	18,6 ± 72,99	4,1 ± 8,52	3,3 ± 3,66

10.1.2. Diversidad y distribución zooplancton local: Eufáusidos

Las especies del Orden Euphausiacea fueron identificadas a partir del análisis de un total de 674 muestras planctónicas provenientes de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009. Se identificaron un total de 22 especies de la Familia Euphausiidae en el área de estudio (Tabla 8), determinándose a nivel específico los estados adultos (♂, ♀) y juveniles (furcilia sólo para *E. mucronata*), y los estados de furcilia, calyptopis, nauplios y huevos que se expresan como totales para todas las especies. Considerando todas las muestras analizadas, el género *Euphausia* contribuyó con 8 especies y una abundancia relativa del 52,6%, el género *Stylocheiron* con 7 especies y un 28,4% de abundancia relativa, el género *Thysanoessa* con una abundancia relativa del 9,2% y 3 especies, dos especies del género *Nematoscelis* que contribuyeron con el 8,4% de la abundancia relativa total, y muy bajos porcentajes para los géneros *Nematobranchion* (a.r.= 1,3%) y *Thyssonopoda* (a.r.= 0,1%) con una especie cada uno.

Tabla 8: Ordenamiento sistemático de las especies de eufáusidos identificadas en el sector costero y oceánico de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
EUPHAUSIACEA	EUPHAUSIIDAE	<i>Euphausia</i>	<i>Euphausia mucronata</i>
			<i>Euphausia gibboides</i>
			<i>Euphausia gibba</i>
			<i>Euphausia recurva</i>
			<i>Euphausia similis</i>
			<i>Euphausia mutica</i>
			<i>Euphausia spinifera</i>
			<i>Euphausia diomedeeae</i>
		<i>Nematobranchion</i>	<i>Nematobranchion flexipes</i>
		<i>Nematoscelis</i>	<i>Nematoscelis atlantica</i>
			<i>Nematoscelis megalops</i>
		<i>Stylocheiron</i>	<i>Stylocheiron affine</i>
			<i>Stylocheiron maximum</i>
			<i>Stylocheiron abbreviatum</i>
			<i>Stylocheiron longicorne</i>
			<i>Stylocheiron carinatum</i>
			<i>Stylocheiron elongatum</i>
			<i>Stylocheiron suhmi</i>
		<i>Thysanoessa</i>	<i>Thysanoessa obtusifrons</i>
			<i>Thysanoessa gregaria</i>
			<i>Thysanoessa orientalis</i>
		<i>Thyssonopoda</i>	<i>Thyssonopoda astylata</i>

A continuación se resume el número de especies, el rango de densidades (ind m⁻³) reportados para cada especie, la densidad promedio y la frecuencia de ocurrencia (%) y la abundancia relativa (%) de cada especie respecto del total de eufáusidos contabilizados. La Tabla 9 resume el número de especies de eufáusidos (adultos y juveniles en conjunto), y sus estadios de desarrollo (huevos, nauplius, calyptopis y furciliás), el rango de densidades (ind m⁻³) reportados para cada especie, la densidad promedio, así como la frecuencia de ocurrencia y la abundancia relativa de cada especie respecto del total de eufáusidos contabilizados, considerando todas las muestras analizadas para el período.

El resultado de este análisis reveló la presencia de 22 especies de eufáusidos (considerando ejemplares adultos y juveniles), de las cuales 14 especies presentaron abundancias relativas por sobre el 1% (Tabla 9), destacando a *E. mucronata* como la especie dominante con una contribución del 63,5% al total de eufáusidos contabilizados, y una frecuencia de ocurrencia de sólo el 22,8% (presente sólo en 154 de las 674 muestras revisadas). Esta especie presentó un rango de densidades entre 0,1 y 18,4 ind m⁻³ con una densidad promedio de $0,55 \pm 2,00$ ind m⁻³ para el total de las muestras. La segunda especie en el ranking de abundancia relativa fue *S. abbreviatum*, con una abundancia relativa significativamente menor (7,5%) y una densidad promedio de $0,09 \pm 0,90$ ind m⁻³ (N= 111), y luego un grupo de especies con abundancia relativas similares entre sí (~ 5%): *E. gibboides* (a.r.= 5,6%), *S. carinatum* (a.r.= 4,7%) y *E. recurva* (a.r.= 4,5%) pero con una frecuencia de ocurrencia de sólo el 6,7% (45 estaciones positivas). Las especies *T. gregaria* y *N. megalops* presentaron abundancias relativas ~ 3% y densidades promedio entre 0,50 y 0,73 ind m⁻³, en tanto que *E. gibba*, *E. similis* y *E. mutica* revelaron abundancias centradas en el 1%. El resto de las especies de eufáusidos (12 especies) identificadas al analizar el total de las muestras presentaron abundancias relativas menores al 1%, y estuvieron presentes sólo entre 1 y 30 estaciones positivas. La dominancia numérica de *E. mucronata* reportada en este informe, es consistente con lo informado por otros autores para la región costera del centro-sur de Chile (Antezana 1981, Antezana 2002, Linacre & Palma 2004, Escribano et al 2007, Antezana & Melo 2008).

El análisis de la biomasa correspondiente a la especie de eufáusido dominante (*E. mucronata*) fluctuó entre los 0,11 y 21,53 mg C m⁻³ al considerar todas las estaciones evaluadas para la biomasa (N= 233), con un valor promedio de 0,71 ± 1,78 mg C m⁻³. Cabe destacar que para el caso de la biomasa de *E. mucronata*, las estaciones costeras representaron el 67,9% de la biomasa total de la especie, en tanto que para las regiones de transición y oceánica las biomásas de la especie fueron claramente menores, contribuyendo con un 11,3 y un 20,8%, respectivamente.

Tabla 9: Densidad (ind m⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de las especies de eufáusidos (adultos + juveniles) y estadios de desarrollo, identificados en 674 muestras planctónicas recolectadas en el sector costero y oceánico de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.

Densidad (ind m ⁻³) Estaciones positivas							
EUFÁUSIDOS (ADULTOS + JUVENILES)	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.	Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
<i>Euphausia mucronata</i>	154	0.000	18.415	0.551	2.000	22.8	63.53
<i>Stylocheiron abbreviatum</i>	111	0.000	0.495	0.090	0.090	16.5	7.47
<i>Euphausia gibboides</i>	71	0.000	1.162	0.106	0.164	10.5	5.61
<i>Stylocheiron carinatum</i>	82	0.004	0.374	0.077	0.073	12.2	4.71
<i>Euphausia recurva</i>	45	0.003	1.662	0.135	0.282	6.7	4.53
<i>Thysanoessa gregaria</i>	87	0.000	0.726	0.058	0.087	12.9	3.77
<i>Nematoscelis megalops</i>	91	0.000	0.504	0.044	0.078	13.5	2.97
<i>Euphausia gibba</i>	54	0.002	0.211	0.037	0.041	8.0	1.51
<i>Euphausia similis</i>	22	0.002	0.555	0.069	0.117	3.3	1.13
<i>Euphausia mutica</i>	15	0.032	0.248	0.097	0.073	2.2	1.09
<i>Stylocheiron maximum</i>	30	0.001	0.177	0.042	0.042	4.5	0.94
<i>Stylocheiron affine</i>	29	0.002	0.163	0.033	0.031	4.3	0.73
<i>Stylocheiron longicorne</i>	29	0.003	0.145	0.033	0.036	4.3	0.72
<i>Nematobranchion flexipes</i>	15	0.002	0.352	0.060	0.091	2.2	0.67
<i>Euphausia spinifera</i>	8	0.005	0.036	0.030	0.010	1.2	0.18
<i>Stylocheiron suhmi</i>	3	0.035	0.098	0.057	0.036	0.4	0.13
<i>Thysanoessa obtusifrons</i>	3	0.033	0.065	0.044	0.018	0.4	0.10
<i>Nematoscelis atlantica</i>	3	0.032	0.035	0.034	0.002	0.4	0.08
<i>Stylocheiron elongatum</i>	6	0.003	0.035	0.017	0.016	0.9	0.07
<i>Thyssanopoda astylata</i>	1	0.036	0.036	0.036	-	0.1	0.03
<i>Euphausia diomedeeae</i>	1	0.035	0.035	0.035	-	0.1	0.03
<i>Thysanoessa orientalis</i>	1	0.022	0.022	0.022	-	0.1	0.02
ESTADÍOS DEL DESARROLLO	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.	Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
Adultos + Juveniles	378	0.11	18.56	0.58	1.288	56.1	9.5
Furcillas	588	0.11	11.95	0.68	1.023	87.2	17.6
Calyptopis	530	0.11	98.33	1.40	6.317	78.6	32.5
Nauplios	160	0.11	12.22	0.56	1.016	23.7	3.9
Huevos	327	0.11	347.76	2.55	20.045	48.5	36.4

Por su parte, el análisis de de los estadios del desarrollo de eufáusidos (Tabla 9), reveló la presencia importante de todos ellos: ejemplares adultos, juveniles (distinguibles a nivel de especies), furciliias, calyptopis, nauplios y huevos. Sin considerar el recuento de huevos, que evidenció la mayor abundancia relativa con una contribución del 36,4%, los estados de calyptopis fueron los más abundantes con una contribución del 32,5% y una densidad promedio de $1,40 \pm 6,32 \text{ ind m}^{-3}$ (rango= 0,1 – 98,3 ind m^{-3}), en tanto que estados de furcilia presentaron un aporte menor (a.r.= 17,5%, densidad promedio= $0,68 \pm 1,02 \text{ ind m}^{-3}$). Los estados adultos y juveniles en conjunto, representaron un 9,5% de todos los estadios contabilizados en el total de las muestras analizadas.

Región costera

La Tabla 10 resume la identificación y recuento de eufáusidos (adultos + juveniles) y estadios de desarrollo (huevos, nauplios, calyptopis, furciliias, juveniles-adultos) reportados en las muestras costeras (< 75°W) de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009. La información es presentada como rango de densidades y la densidad promedio (ind m^{-3}) de cada especie de eufáusido, la frecuencia de ocurrencia y la abundancia relativa porcentual respecto del total de eufáusidos contabilizados.

Se analizó un total de 158 muestras planctónicas asociadas al sector costero. El análisis de estas muestras revela la presencia de sólo 14 especies de eufáusidos, de las cuales sólo 3 presentan abundancias relativas por sobre el 1%, debido a la clara dominancia numérica de *E. mucronata* (a.r.= 93,0%) que aunque sólo se reportó en el 57,6% de las muestras (91 estaciones positivas) evidenció una densidad promedio de $0,86 \pm 2,56 \text{ ind m}^{-3}$, valor superior al resto de las regiones evaluadas. Lo anterior, revela claramente a *E. mucronata* como la especie de eufáusido dominante en el sistema costero de Chile centro-sur, situación también establecida en los pocos trabajos que han involucrado la distribución espacial y temporal de eufáusidos en la región de estudio (Antezana 1981, 1985, 2002, Linacre & Palma, 2004).

En segundo lugar se verifica a *N. megalops* (a.r.= 2,4%, f.o.= 27,2%, densidad promedio= $0,05 \pm 0,07 \text{ ind m}^{-3}$) y *E. recurva* que estuvo presente en un muy bajo

porcentaje de las muestras totales (3,8%, 6 estaciones positivas), pero que evidenció una densidad promedio de $0,33 \pm 0,65 \text{ ind m}^{-3}$ y una abundancia relativa del 2,4%. El resto de las 11 especies de eufáusidos identificadas en la región costera, presentaron abundancias relativas menores al 1%, y un rango de densidades promedio entre 0,003 y $0,08 \text{ ind m}^{-3}$ (Tabla 10).

El análisis de la biomasa de *E. mucronata* en las estaciones costeras (N= 102) fluctuó entre los 0,11 y 21,53 mg C m^{-3} , con un valor promedio de $1,10 \pm 2,62 \text{ mg C m}^{-3}$, el valor promedio más alto al comparar las tres zonas evaluadas en el área de estudio. La biomasa de *E. mucronata* en la región costera representa el 67,9% de la biomasa de la especie en todas las muestras, evidenciando nuevamente que se trata de la especie que domina el océano costero frente a la región centro-sur de Chile.

En relación con los estadios de desarrollo, las muestras costeras revelaron también una mayor contribución de los huevos al recuento total, con una abundancia relativa de un 43,1% a pesar de sólo encontrarse en el 45,6% de las muestras. Nuevamente los estados de calyptopis fueron importantes (a.r.= 39,3%, densidad promedio= $4,64 \pm 13,16 \text{ ind m}^{-3}$), en contraste con los mucho menos abundantes estados de furcilia y adultos (a.r.= 7,2 y 7,7%, respectivamente).

Región de transición

Para la región situada entre los 75 y los 78°W, se revisó un total de 103 muestras planctónicas. A diferencia de lo reseñado para la región costera, el análisis de estas muestras mostró el predominio de estados larvales de furcilia con una contribución del 30,8% al total de estadios contabilizados y una densidad promedio de $0,75 \pm 1,21 \text{ ind m}^{-3}$ (Tabla 11) Los huevos de eufáusidos y los estadios de calyptopis mostraron abundancias similares ~ 25%, en tanto que los ejemplares adultos y juveniles en conjunto evidenciaron una densidad promedio de $0,44 \pm 0,28 \text{ ind m}^{-3}$ (a.r.= 13,1%, f.o.= 63,1%).

Por su parte, el análisis de las especies de eufáusidos en las muestras obtenidas en la región de transición, reveló un mayor número de especies (17) comparada con lo informado para la región costera. En esta oportunidad 10 especies (adultos +

juveniles) presentaron abundancias relativas por sobre el 1% (Tabla 11). Aunque domina aún la comunidad de eufáusidos en esta región, destaca la clara disminución de la especie *E. mucronata* respecto del sector costero, evidenciando aquí una abundancia relativa del 34,9% y una densidad promedio de $0,13 \pm 0,25$ ind m⁻³ para sólo un 32% de estaciones positivas (Tabla 11), lo cual ratifica a *E. mucronata* como especie dominante en la región costera. La segunda contribución al total de especímenes contabilizados estuvo dada por *S. abbreviatum* (a.r.= 20,3%) la que incrementó significativamente su abundancia relativa respecto de las muestras costeras, para una frecuencia de ocurrencia similar ~ 18 estaciones positivas.

Tabla 10: Densidad (ind m⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de las especies de eufáusidos (adultos + juveniles) y estadios de desarrollo, identificados en 158 muestras planctónicas recolectadas en el sector costero (< 75°W) de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.

Densidad (ind m ⁻³) Estaciones positivas							
EUFÁUSIDOS (ADULTOS + JUVENILES)	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.	Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
<i>Euphausia mucronata</i>	91	0.000	18.415	0.861	2.556	57.6	93.00
<i>Nematoscelis megalops</i>	43	0.000	0.414	0.047	0.075	27.2	2.41
<i>Euphausia recurva</i>	6	0.035	1.662	0.332	0.652	3.8	2.36
<i>Stylocheiron abbreviatum</i>	17	0.001	0.163	0.038	0.044	10.8	0.77
<i>Euphausia gibboides</i>	7	0.005	0.318	0.077	0.110	4.4	0.64
<i>Euphausia similis</i>	6	0.005	0.046	0.032	0.014	3.8	0.23
<i>Stylocheiron maximum</i>	7	0.002	0.102	0.021	0.038	4.4	0.18
<i>Thysanoessa gregaria</i>	15	0.000	0.046	0.008	0.013	9.5	0.15
<i>Euphausia gibba</i>	4	0.002	0.036	0.020	0.018	2.5	0.09
<i>Stylocheiron longicorne</i>	2	0.020	0.040	0.030	0.014	1.3	0.07
<i>Stylocheiron carinatum</i>	2	0.016	0.035	0.026	0.014	1.3	0.06
<i>Thysanoessa orientalis</i>	1	0.022	0.022	0.022	-	0.6	0.03
<i>Nematobranchion flexipes</i>	3	0.002	0.006	0.003	0.002	1.9	0.01
<i>Stylocheiron elongatum</i>	1	0.003	0.003	0.003	-	0.6	0.00
ESTADÍOS DEL DESARROLLO	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.	Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
Adultos + Juveniles	108	0.11	18.56	0.95	2.334	68.4	7.7
Furcillas	119	0.11	9.44	0.81	1.263	75.3	7.2
Calyptopis	113	0.11	98.33	4.64	13.157	71.5	39.3
Nauplios	48	0.11	12.22	0.74	1.748	30.4	2.7
Huevos	72	0.12	347.76	7.98	41.450	45.6	43.1

Las especies *E. gibboides* y *T. gregaria* mostraron abundancias relativas similares ~ 12%, en tanto otras 6 especies (*N. megalops*, *S. longicorne*, *S. carinatum*, *S. affine*, *E. recurva* y *E. mutica*) presentaron abundancias relativas entre los 1,2 y 6,5% (Tabla 11) con densidades promedio que fluctuaron entre los 0,05 y los 0,15 ind m⁻³. Otras

7 especies no superaron la contribución individual del 1% al total de eufáusidos contabilizados.

La biomasa de *E. mucronata* en la región de transición (N= 42) fluctuó entre 0,11 y 2,39 mg C m⁻³, con un promedio de 0,44 ± 0,38 mg C m⁻³. La biomasa de *E. mucronata* en esta región representa una baja fracción (11,3%) de la biomasa de la especie estimada en el total de las muestras analizadas para la biomasa.

- Región oceánica

En la región oceánica (>78°W) se revisó un total de 413 muestras planctónicas para la identificación y cuantificación de la comunidad de eufáusidos. Se reportó 21 especies, de las cuales 14 tuvieron una abundancia relativa superior al 1%. A diferencia del análisis realizado sobre las muestras costeras y de transición, aquí la especie dominante no fue *E. mucronata* (que ocupa el sexto lugar en el ranking de abundancia relativa), sino *S. abbreviatum* que contribuyó con el 18,4% de los eufáusidos contabilizados y una densidad promedio baja de 0,09 ± 0,08 ind m⁻³. Otra especie del género *Stylocheiron* ocupa el segundo lugar en abundancia (*S. carinatum*, a.r.= 16,2%), seguidos de *E. gibboides*, *E. recurva* y *T. gregaria* con abundancias de 14,5, 10,5 y 9,0%, respectivamente. Otras 9 especies (*E. mucronata*, *E. gibba*, *E. mutica*, *E. similis*, *N. megalops*, *S. maximum*, *N. flexipes*, *S. affine* y *S. longicorne*, evidenciaron abundancias relativas entre 1,4 y 6,1%, y densidades promedio entre 0,02 y 0,09 ind m⁻³. El resto de las especies (7) revelaron abundancias bajo el 1%, y en conjunto contribuyeron con sólo el 2,0% de los eufáusidos contabilizados (Tabla 12).

La biomasa de *E. mucronata* en las estaciones oceánicas (N= 89) fluctuó entre los 0,12 y 1,58 mg C m⁻³, con un valor promedio de 0,39 ± 0,25 mg C m⁻³, el valor promedio más bajo al comparar las tres zonas evaluadas en el área de estudio. La biomasa de *E. mucronata* en la región oceánica representa sólo el 20,8% de la biomasa de la especie determinada para todas las muestras.

Por su parte, y a diferencia de las regiones más costeras, acá el estado de furcilia es el mejor representado con una abundancia relativa del 32,5% y una densidad

promedio de $0,63 \pm 5,08$ ind m⁻³. En segundo término, destacan las abundancias de huevos (a.r.= 27,7%) y estados de calyptopis (a.r.= 22,4%), quedando los adultos + juveniles con abundancias menores al 12% (Tabla 12).

Tabla 11: Densidad (ind m⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de las especies de eufáusidos (adultos + juveniles) y estadios de desarrollo, identificados en 103 muestras planctónicas recolectadas en el sector de transición (75-78°W) de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.

Densidad (ind m ⁻³) Estaciones positivas							
EUFÁUSIDOS (ADULTOS + JUVENILES)	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.	Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
<i>Euphausia mucronata</i>	33	0.000	0.922	0.129	0.249	32.0	34.86
<i>Stylocheiron abbreviatum</i>	18	0.000	0.495	0.138	0.133	17.5	20.34
<i>Euphausia gibboides</i>	8	0.000	1.162	0.197	0.393	7.8	12.88
<i>Thysanoessa gregaria</i>	16	0.000	0.726	0.097	0.176	15.5	12.68
<i>Nematoscelis megalops</i>	27	0.000	0.177	0.029	0.041	26.2	6.51
<i>Stylocheiron longicorne</i>	5	0.006	0.145	0.075	0.068	4.9	3.05
<i>Stylocheiron carinatum</i>	4	0.004	0.141	0.062	0.059	3.9	2.04
<i>Stylocheiron affine</i>	5	0.002	0.163	0.049	0.066	4.9	2.01
<i>Euphausia recurva</i>	3	0.003	0.122	0.054	0.061	2.9	1.31
<i>Euphausia mutica</i>	1	0.145	0.145	0.145	-	1.0	1.19
<i>Nematobrachion flexipes</i>	2	0.039	0.071	0.055	0.022	1.9	0.90
<i>Stylocheiron maximum</i>	1	0.106	0.106	0.106	-	1.0	0.87
<i>Euphausia gibba</i>	5	0.003	0.022	0.011	0.007	4.9	0.43
<i>Euphausia similis</i>	2	0.002	0.035	0.019	0.023	1.9	0.31
<i>Stylocheiron elongatum</i>	1	0.035	0.035	0.035	-	1.0	0.29
<i>Nematoscelis atlantica</i>	1	0.035	0.035	0.035	-	1.0	0.29
<i>Euphausia spinifera</i>	1	0.005	0.005	0.005	-	1.0	0.04
ESTADIOS DEL DESARROLLO	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.	Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
Adultos + Juveniles	65	0.12	1.24	0.44	0.276	63.1	13.1
Furcillas	91	0.14	8.65	0.75	1.212	88.3	30.8
Calyptopis	80	0.11	8.64	0.69	1.168	77.7	24.9
Nauplios	26	0.16	1.49	0.50	0.333	25.2	5.9
Huevos	38	0.11	26.84	1.47	4.355	36.9	25.3

Tabla 12: Densidad (ind m⁻³), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de las especies de eufáusidos (adultos + juveniles) y estadios de desarrollo, identificados en 413 muestras planctónicas recolectadas en el sector oceánico (> 78°W) de la región centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Enero 2009.

Densidad (ind m ⁻³) Estaciones positivas							
EUFÁUSIDOS (ADULTOS + JUVENILES)	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.	Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
<i>Stylocheiron abbreviatum</i>	76	0.003	0.460	0.090	0.080	18.4	18.44
<i>Stylocheiron carinatum</i>	76	0.004	0.374	0.079	0.074	18.4	16.12
<i>Euphausia gibboides</i>	56	0.002	0.647	0.096	0.109	13.6	14.49
<i>Euphausia recurva</i>	36	0.014	0.887	0.108	0.177	8.7	10.52
<i>Thysanoessa gregaria</i>	56	0.001	0.212	0.060	0.047	13.6	9.04
<i>Euphausia mucronata</i>	30	0.002	0.783	0.076	0.158	7.3	6.14
<i>Euphausia gibba</i>	45	0.006	0.211	0.042	0.043	10.9	5.07
<i>Euphausia mutica</i>	14	0.032	0.248	0.093	0.074	3.4	3.51
<i>Euphausia similis</i>	14	0.004	0.555	0.092	0.142	3.4	3.46
<i>Nematoscelis megalops</i>	21	0.001	0.504	0.054	0.113	5.1	3.07
<i>Stylocheiron maximum</i>	22	0.001	0.177	0.046	0.041	5.3	2.71
<i>Nematobrachion flexipes</i>	10	0.004	0.352	0.078	0.107	2.4	2.09
<i>Stylocheiron affine</i>	24	0.003	0.073	0.030	0.020	5.8	1.95
<i>Stylocheiron longicorne</i>	22	0.003	0.065	0.024	0.019	5.3	1.41
<i>Euphausia spinifera</i>	7	0.030	0.036	0.034	0.002	1.7	0.64
<i>Stylocheiron suhmi</i>	3	0.035	0.098	0.057	0.036	0.7	0.46
<i>Thysanoessa obtusifrons</i>	3	0.033	0.065	0.044	0.018	0.7	0.36
<i>Nematoscelis atlantica</i>	2	0.032	0.034	0.033	0.002	0.5	0.18
<i>Stylocheiron elongatum</i>	4	0.004	0.035	0.015	0.015	1.0	0.17
<i>Thysanopoda astylata</i>	1	0.036	0.036	0.036	-	0.2	0.10
<i>Euphausia diomedea</i>	1	0.035	0.035	0.035	-	0.2	0.10
ESTADIOS DEL DESARROLLO	N	Min.	Max.	Promedio	D.E.	Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
Adultos + Juveniles	205	0.12	2.00	0.42	0.280	49.6	11.8
Furcillas	378	0.12	11.95	0.63	0.878	91.5	32.5
Calyptopis	337	0.11	7.70	0.49	0.545	81.6	22.4
Nauplios	86	0.11	2.64	0.47	0.426	20.8	5.6
Huevos	217	0.12	74.78	0.94	5.079	52.5	27.7

Distribución espacial de eufáusidos

A continuación, se describe la distribución espacial de las 10 especies de eufáusidos que se reportaron por sobre el 1% de la abundancia relativa al analizar el total de las muestras planctónicas en el área de estudio, a saber: *E. mucronata*, *S. abbreviatum*, *S. carinatum*, *T. gregaria*, *N. megalops*, *E. recurva*, *E. gibboides*, *E. gibba*, *E. similis* y *E. mutica* (ver Tabla 13). Asimismo, se graficó la densidad total de las especies de eufáusidos presentes en el área de estudio (Figura 18) y la distribución espacial de cada uno de los estadios de desarrollo de eufáusidos descritos para el

período de estudio, esto es: adultos + juveniles, estados de furciliias, calyptopis, nauplios y huevos.

La distribución espacial de las especies dominantes de eufáusidos indicó que ellos pueden ser encontrados en toda el área de estudios con agregaciones que pueden localizarse en la zona costera o en la zona oceánica (Figura 18), revelando la presencia de un gradiente hacia las estaciones más costeras ($<76^{\circ}\text{W}$) donde se reportó densidades superiores 10 ind m^{-3} y hacia el sur de los 35°S , en tanto que en las estaciones más oceánicas las densidades de eufáusidos estuvieron centradas en $\sim 0,1-1,0 \text{ ind m}^{-3}$.

La distribución de las distintas especies reveló la existencia de patrones de distribución distintos en relación a las zonas costera, transición y oceánica definidas anteriormente. Así, la distribución espacial de la especie dominante (*E. mucronata*) reveló que ésta se concentra claramente en la región costera (entre la costa y los 77°W), donde alcanza densidades centradas en los $1-10 \text{ ind m}^{-3}$ (Figura 19a). Hacia aguas abiertas, el número de estaciones positivas para la especie disminuye fuertemente, verificando densidades muy bajas ($< 0,01 \text{ ind m}^{-3}$). Un caso similar se informa para *N. megalops*, que aunque con densidades menores también domina el hábitat costero y de transición, no sobrepasando los 85°W .

Por el contrario, las especies *S. abbreviatum* y *S. carinatum* (Figura 19b y 19c), así como *E. recurva* y *E. similis* (Figuras 20c y 21b), evidenciaron una distribución significativamente más oceánica de *E. mucronata*, con muy bajo porcentaje de estaciones positivas en la zona costera, y densidades $\sim 0,1-1,0 \text{ ind m}^{-3}$ en la región oceánica. Por su parte, la especie *T. gregaria* mostró densidades importantes ($0,1-1 \text{ ind m}^{-3}$) a lo largo del gradiente zonal, verificándose tanto en el hábitat costero como oceánico (Figura 20a).

La Tabla 13 muestra una síntesis de las abundancias numéricas y relativas de las especies dominantes de eufáusidos y de la biomasa de *E. mucronata* (mg C m^{-3}) en las regiones costera, de transición y oceánica durante el período comprendido entre Agosto 2007 y Enero 2009.

Se refuerza la idea de la dominancia de *E. mucronata* en la zona costera (a.r.= 93%), con una significativa disminución de la densidad y biomasa hacia la región de transición y oceánica. Por otra parte, se indica un gradiente de densidad positivo al océano para *S. carinatum* y *S. abbreviatum*, donde establecen las máximas abundancias relativas (16,1 y 18,4%, respectivamente). Por su parte, *E. gibboides* y *T. gregaria* evidenciaron densidades importantes en la región de transición en el área de estudio, en comparación con la zona más costera.

Tabla 13. Densidad promedio (ind m⁻³) y abundancia relativa (en paréntesis, %) de las especies dominantes de eufáusidos y de la biomasa de *E. mucronata* (g C 1000 m⁻³) reportados en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Enero 2009, separados zonalmente en regiones costera (costa-75°W), de transición (75-78° W) y oceánica (>78°W).

ESPECIES	Costera	Transición	Oceánica
<i>Euphausia mucronata</i>	0,86 (93,0%)	0,13 (34,9%)	0,08 (6,1%)
<i>Stylocheiron abbreviatum</i>	0,03 (0,8%)	0,14 (20,3%)	0,09 (18,4%)
<i>Euphausia gibboides</i>	0,08 (0,6%)	0,20 (12,9%)	0,1 (14,5%)
<i>Stylocheiron carinatum</i>	0,03 (0,1%)	0,06 (2,0%)	0,08 (16,1%)
<i>Euphausia recurva</i>	0,3 (2,4%)	0,05 (1,3%)	0,11 (10,5%)
<i>Thysanoessa gregaria</i>	0,01 (0,2%)	0,10 (12,7%)	0,06 (9,0%)
<i>Nematoscelis megalops</i>	0,05 (2,4%)	0,03 (6,5%)	0,05 (3,1%)
<i>Euphausia gibba</i>	0,02 (0,1%)	0,01 (0,4%)	0,04 (5,1%)
<i>Euphausia similis</i>	0,03 (0,2%)	0,02 (0,3%)	0,09 (3,5%)
<i>Euphausia mutica</i>	-	0,15 (1,2%)	0,09 (3,5%)
Biomasa de <i>E. mucronata</i>	1,1 ±2,62	0,4 ±0,38	0,39 ± 9,25

Por otra parte, la distribución espacial de la densidad de los diferentes estadios de desarrollo de eufáusidos en el área de estudio, se presenta en las Figuras 22 y 23. Se observa una importante frecuencia de ocurrencia de estados de furcilia y de calyptopis a lo largo del área de estudio, y menores estaciones positivas para nauplios y animales adultos (adultos + juveniles). En términos de densidad, los estadios de furcilia y calyptopis fueron los más abundantes en contraste con las bajas densidades de nauplios, que alcanzaron los 0,1-1 ind m⁻³. Para el caso de los huevos de eufáusidos (Figura 23b), destacaron las estaciones costeras por su mayor

densidad centrada en 0,1-1 ind m⁻³ y algunas estaciones de densidad mayor (~ 1-10 ind m⁻³).

Al considerar el análisis de componentes principales (Figura 24) realizado sobre las 7 especies de eufáusidos que evidenciaron las mayores abundancias relativas (> 5%) en el total de las muestras revisadas, los resultados confirman lo reseñado por la distribución espacial de estas especies, a saber: a) que los tres primeros componentes explican el 60,3% de la varianza, b) la existencia de una disposición similar en el espacio euclideo de SABR, EREC, SCAR Y EGIBBO (en la Figura 24, *S. abbreviatum*, *E. recurva*, *S. carinatum*, *E. gibbons*, respectivamente), denotando la agrupación de especies de hábitat más oceánicas y c) la disposición de la especie costera *E. mucronata* (EMUC) y *N. megalops* (NMEG) en contraposición a lo reseñado anteriormente, revelando a especies de hábitat más oceánico. *T. gregaria* (TGRE) se situó en forma diferencial caracterizando a especies que tendieron a agregarse tanto en la región costera como más oceánica en el área de estudio.

- Distribución temporal de eufáusidos

A continuación, se presenta la variación de la densidad promedio mensual de las diferentes especies de eufáusidos dominantes en el sistema bajo estudio, considerando el período comprendido entre Agosto 2007 y Enero 2009. Asimismo, se muestra también la distribución temporal mensual de la biomasa promedio de la especie dominante (*E. mucronata*) y las series temporales de la densidad promedio mensual de los diferentes estadios de desarrollo de eufáusidos determinados en el área y período de estudio.

La Figura 25 muestra la variación temporal mensual de la densidad promedio y la biomasa promedio de *E. mucronata* en el área de estudio, revelando densidades más altas hacia el invierno y la primavera, especialmente en los meses de Junio y Noviembre de 2008, donde alcanzaron densidades promedio de 1500 y 4600 ind 1000 m⁻³, respectivamente. Para el resto del período, las densidades se mantuvieron bajas, centradas en los ~300 ind 1000 m⁻³. Por su parte, la biomasa de *E. mucronata* reveló un patrón temporal similar al reseñado para la abundancia numérica, con máximos en los meses de Mayo, Junio y Noviembre de 2008, alcanzando 1,5, 1,3 y

5,9 mgC m⁻³, respectivamente, y biomazas centradas ~0,4-0,5 mgC m⁻³ para el resto del período analizado. Por otra parte, la Figura 26 presenta la variación mensual de la densidad de *E. mucronata* para el período de estudio, combinando las densidades promedio determinadas mensualmente para las estaciones costeras, de transición y oceánicas, lo que confirma lo reseñado con anterioridad, además de verificar la variación mensual de esta especie principalmente en la región costera del área de estudio.

La distribución mensual de la densidad promedio del resto de las especies numéricamente dominantes (*S. abbreviatum*, *S. carinatum*, *T. gregaria*, *N. megalops*, *E. recurva*, *E. gibboides*) se presenta en las Figuras 29 y 30, revelando a las especies *T. gregaria* y *N. megalops* distribuidas en gran parte del período de observación, y especialmente en la región intermedia-oceánica para *T. gregaria* e intermedia-costera para *N. megalops*. Ambas especies presentaron máximos asociados a los meses de Nov-Dic 2008, y a Ago-Sep 2007 únicamente para *N. megalops*. Las especies *S. abbreviatum*, *S. carinatum*, *E. recurva* y *E. gibboides* presentaron observaciones temporalmente muy restringidas, asociadas principalmente al período primavera-verano, específicamente a los meses de Nov-Dic de 2007 y a Dic 2008-Ene 2009.

Sobre la escala temporal, el análisis del conjunto de las especies reveló la existencia de patrones estacionales diferentes entre las especies. Por ejemplo, *E. mucronata* fue la especie dominante en todas las estaciones del año, aunque su dominancia es variable entre estaciones. La dominancia máxima ocurre en el otoño y la mínima en el verano, cuando la mayoría de las otras especies abundantes incrementan sus abundancias relativas (Tabla 14). En un análisis del ciclo anual de dominancia de las especies, se pudo observar que *E. mucronata* dominó largamente (>95%) durante los meses de Enero a Junio, con la excepción del mes de Abril en que decae bruscamente, aunque en ese mes el muestreo no tuvo una cobertura espacial muy amplia. Posteriormente, decae en los meses de Julio a Septiembre e incrementa a un 100% en Octubre, para luego disminuir su dominancia nuevamente en Diciembre (Figura 30). La dominancia promedio anual de *E. mucronata* correspondió a un 70,5% al considerar toda la zona de estudio.

Tabla 14. Densidad promedio (ind 1000 m⁻³), abundancia relativa (en paréntesis, %) de los especies de eufáusidos dominantes reportados en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Diciembre 2008, separados por estación del año.

Especies	Invierno		Primavera		Verano		Otoño	
<i>E. mucronata</i>	326,6	(80,4%)	1139,0	(67,9%)	167,8	(22,8%)	585,1	(95,8%)
<i>E. gibba</i>	21,7	(3,3%)	65,7	(1,1%)	41,0	(2,5%)	16,9	(0,1%)
<i>E. gibbons</i>	14,3	(0,3%)	123,2	(6,2%)	102,3	(10,9%)	4,9	(0,0%)
<i>E. recurva</i>	18,5	(0,6%)	58,0	(1,3%)	203,8	(16,5%)	-	
<i>E. mutica</i>	-		76,4	(0,8%)	114,4	(2,9%)	-	
<i>N. megalops</i>	54,31	(0,4%)	101,5	(2,5%)	10,8	(0,7%)	22,5	(2,7%)
<i>T. gregaria</i>	13,0	(1,4%)	85,6	(4,4%)	65,1	(5,7%)	15,6	(0,7%)
<i>S. abbreviatum</i>	6,0	(0,3%)	79,3	(5,8%)	126,2	(19,5%)	9,0	(0,3%)
<i>S. carinatum</i>	5,2	(0,3%)	87,9	(3,8%)	82,0	(12,2%)	15,7	(0,1%)

La distribución temporal mensual de la densidad promedio de los diferentes estadios de desarrollo de eufáusidos en el período de estudio se presenta en las Figuras 31 y 32. Destaca la presencia de ejemplares adultos (adultos + juveniles) y estados de furcilia a lo largo de toda la serie, los primeros principalmente asociados a la región costera y, las furcillas a lo largo de las tres zonas evaluadas. Por el contrario, la distribución temporal de huevos, nauplios y calyptopis tuvieron una distribución más restringida a los períodos de primavera y verano, y sobre todo en la región costera al menos para huevos y calyptopis.

- Frecuencia de longitudes

En la mayoría de las muestras planctónicas revisadas para el análisis de abundancia numérica, se realizó la medición de la longitud total de diferentes estadios de desarrollo y de ejemplares juveniles y adultos (por sexo) para especies de eufáusidos, con el propósito de construir histogramas de frecuencia de tamaños de al menos la especie dominante, para ayudar al análisis de cohortes en el ciclo anual, y dar efectivo cumplimiento al objetivo específico 3. Se realizaron 17906 mediciones para 21 especies de eufáusidos (adultos y juveniles) y los estadios de furcilia y calyptopis para el total de las especies en conjunto. La Tabla 15 muestra el resumen de la medición de las longitudes corporales para las 12 especies de

eufáusidos numéricamente dominantes en el área y período de estudio, incluyendo el total de estadios de furcilia y calyptopis. Destaca las 4021 mediciones realizadas para *E. mucronata* en sus estadios adultos (♀17,37 ± 3,58 mm, ♂15,85 ± 3,63mm), juveniles (11,22 ± 3,67 mm), y en virtud de la literatura disponible para esta especie en particular, también se midió la longitud total de furciliarias (4,54 ± 2,06 mm) y calyptopis (1,78 ± 0,29 mm).

Tabla 15: Rango de tamaños (longitud total, mm), media y desviación estándar de estadios adultos y juveniles de las especies de eufáusidos numéricamente dominantes en todas las muestras analizadas para el área y período de estudio.

Especie	Estadio	rango (mm)	Promedio ± DE (mm)	N
<i>E. mucronata</i>	♀	8,00 - 26,80	17,37 ± 3,58	681
	♂	6,48 - 25,80	15,85 ± 3,63	768
	Juvenil	2,84 - 21,50	11,22 ± 3,67	1186
	Furcilia	1,49 - 14,50	4,54 ± 2,06	1369
	Calyptopis	1,40 - 2,60	1,78 ± 0,29	17
<i>S. abbreviatum</i>	♀	7,43 - 20,80	12,07 ± 3,91	24
	♂	5,31 - 16,20	9,05 ± 2,70	25
	Juvenil	3,96 - 19,32	6,87 ± 2,33	306
<i>S. carinatum</i>	♀	5,70 - 13,85	8,75 ± 2,75	14
	♂	7,52 - 9,66	8,84 ± 0,68	14
	Juvenil	3,96 - 15,12	7,00 ± 2,01	177
<i>T. gregaria</i>	♀	5,94 - 17,87	10,45 ± 2,09	69
	♂	1,80 - 18,23	9,28 ± 2,18	75
	Juvenil	3,05 - 15,75	8,10 ± 1,85	140
<i>E. recurva</i>	♀	10,53 - 23,00	15,53 ± 3,89	14
	♂	7,29 - 17,30	11,58 ± 2,07	67
	Juvenil	6,12 - 17,00	9,78 ± 2,39	100
<i>E. gibboides</i>	♀	10,76 - 28,70	18,07 ± 5,75	14
	♂	11,11 - 28,50	19,26 ± 6,14	21
	Juvenil	2,74 - 18,80	9,54 ± 2,73	184
<i>N. megalops</i>	♀	9,00 - 32,00	19,88 ± 3,95	365
	♂	10,13 - 26,70	18,06 ± 2,85	232
	Juvenil	5,00 - 20,45	13,43 ± 3,71	336
<i>E. mutica</i>	♀	10,47 - 16,26	12,51 ± 1,70	11
	♂	7,13 - 16,00	11,19 ± 2,01	15
	Juvenil	4,95 - 12,71	7,61 ± 2,02	33
<i>E. gibba</i>	♀	9,45 - 28,60	20,51 ± 5,15	28
	♂	9,34 - 27,00	19,59 ± 5,10	30
	Juvenil	5,70 - 19,10	11,52 ± 3,53	94
<i>S. affine</i>	♀	8,00 - 9,00	8,33 ± 0,58	3
	♂	7,13 - 8,00	7,56 ± 0,33	7
	Juvenil	2,97 - 9,60	6,19 ± 1,50	59
<i>E. similis</i>	♀	9,50 - 23,00	13,97 ± 5,35	5
	♂	9,00 - 20,93	11,93 ± 4,00	8
	Juvenil	5,05 - 13,36	6,93 ± 1,57	44
<i>N. flexipes</i>	♀	19,10 - 22,00	20,33 ± 1,21	4
	♂	17,00 - 19,50	17,93 ± 0,94	5
	Juvenil	7,90 - 17,30	10,93 ± 3,18	26
Otros Estadios	Calyptopis	0,40 - 30,00	1,81 ± 0,87	5782
	Furcilia	1,00 - 33,00	3,89 ± 1,36	5307

10.2. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA ACÚSTICA DE EUFÁSIDOS FRENTE A CHILE CENTRO-SUR

10.2.1. Muestreos acústicos

El muestreo acústico de la densidad poblacional de eufásidos frente a Chile centro sur se realizó entre Febrero y Septiembre de 2008. En esta evaluación se contó con cuatro embarcaciones que contaban con ecosondas científicos tipo EK-60, a saber: el PAM Don Edmundo (Pesquera Itata), PAM Don Julio (Pesquera San José), PAM Lider (SPK, South Pacific Korp) y el PAM Marpro I (Pesquera Foodcorp) que colectaron 31.729 UBMs y más de 15.800 mn de navegación conjunta. Al respecto, cabe destacar la participación del PAM Marpro I, quien contribuyó con 47,6% de las UBMs analizadas.

Todas las embarcaciones no operaron de forma continua durante el mes, cubriendo incluso distintas zonas de pesca durante su operación, y tampoco operó la misma embarcación. Cabe hacer notar que la flota pesquera industrial de cerco de la zona centro sur, es altamente dinámica, desplazándose grandes distancias en la búsqueda de su especie lo que en cierto modo posibilita una mayor cobertura espacial del muestreo acústico. En tal circunstancia, se optó por agrupar toda la información acústica en la escala trimestral, dado que con ello se aseguraba una buena cobertura espacial de los registros acústicos. Por otro lado, en la escala de tiempo trimestral, el área de prospección acumulada resulta mayor que en la escala mensual, y se hace un mejor uso del espacio que se analiza. En la escala mensual, existieron meses pobremente representados, como es el caso de mayo de 2008 donde el muestreo acústico comenzó el día 29, con lo que el recorrido acústico muy limitado. Adicionalmente, la escala trimestral se acopla mejor con la escala temporal climática de verano, otoño, invierno y primavera

En el primer trimestre de 2008 se colectaron 8.219 UBMs que representaron 25,9% de las unidades totales (Tabla 16). En este período participaron los PAM Don Julio (5,5% de la UBMs totales) y Líder (20,5% UBMs totales). El recorrido acústico de estas naves se desarrollo entre 74° y 82° W y desde 37°25'S en el sector más costero hasta 43°02'S en el sector más oceánico (Figura 34).

En el segundo trimestre se colectaron 12.399 UBMs (39,1% de las UBMs totales), actividad desarrollada por los PAMs Líder (15,6% de las UBMs totales) y Marpro I (23,5% de las UBMs) entre 73°36'W y 87° 05'W desde 37°S en el sector costero y 37°38'S en el sector oceánico hasta 43° 27'S en el meridiano 82°W (Figura 35).

En el tercer trimestre se contó con la participación de los PAMs Don Edmundo y Marpro I, quienes en conjunto colectaron 11.111 UBMs, lo que representa 35,0% del muestreo acústico total. Al respecto, el PAM Marpro I contribuyó con 7.655 UBM (24,1% de las UBMs totales), mientras que el PAM Don Edmundo lo hizo sólo con 10,9% de la UBMs totales 3.456 (Tabla 16). El recorrido de estas embarcaciones se desarrolló en dos área claramente diferenciables, la primera una extensa área recorrida entre 73°40'W y 87°40'W, desde 35°30'S en el meridiano 86°W hasta 39°50'S en la vecindad del meridiano 81°W. La segunda área observada ocurrió en el sector costero entre 38°S y 40°S (Figura 36).

Tabla 16. Número de viajes (recorridos) realizados por las embarcaciones industriales que participaron en el estudio y número de UBM colectadas por trimestre y embarcación.

Trimestre	Viajes	Naves	UBMs
I	8	Don Julio	1.728
		Líder	6.491
II	8	Líder	4.938
		Marpro I	7.461
III	7	Don Edmundo	3.456
		Marpro I	7.655
Total	23		32.179

10.2.2. Composición de tamaños de los eufáusidos

La información acústica registrada por las naves que participaron del estudio corresponde a la densidad de eufáusidos expresada en energía retrodispersada por unidad de área (NASC) que se mide en $m^2 mn^{-2}$ (Foote & Knudsen, 1994). Esta medida de densidad acústica se convierte a una medida biológica de densidad ($ton mn^{-2}$) de la especie objeto de estudio al dividirlo entre la sección transversal de retrodispersión sonora, normalizada por unidad de peso ($\sigma_{Ton}(i)$) en $m^2 ton^{-1}$. Para

este efecto, se requiere contar con la composición de tamaños de la especie estudiada.

Al respecto, en este estudio se contó con información de la composición de tamaños de los eufáusidos durante la época de estudio a partir de muestras planctónicas recolectadas por el Instituto de Investigación Pesquera y la Universidad de Concepción. La información de tamaños de eufáusidos, aparte de estar separada por trimestre, fue agrupada según la procedencia de las muestras en tres categorías: (1) eufáusidos costeros cuando la muestra fue colectada entre la costa y 75°W, (2) eufáusidos de la zona intermedia, cuando la muestra fue colectada entre 75°W y 78°W; y (3) eufáusidos oceánicos cuando la muestra se colectó fuera de la Zona Económica Exclusiva de Chile continental, esto es, más allá de 78°W.

En el primer trimestre de 2008, la composición de tamaños de los eufáusidos costeros mostró una estructura polimodal con al menos tres grupos modales, uno alrededor de 2,5 mm de longitud total, seguido por un segundo grupo modal alrededor de 8 mm LT, y el tercero con centro en 14,5 mm LT (Figura 37). En la zona intermedia o de transición, en cambio, la composición de tamaños de los eufáusidos se caracterizó por una elevada proporción de ejemplares menores a 7 mm LT, situación muy similar a lo observado en el sector oceánico, donde la composición de tamaño está fuertemente sesgada hacia la izquierda (Figura 37). La longitud promedio de los eufáusidos correspondió a: 9,036 mm LT (D.E.: 6,029 mm) en el sector costero, a 4,407 mm (D.E.: 3,945 mm LT) en la zona intermedia, y a 4,014 mm LT (D.E. = 3,167) en la zona oceánica.

En el segundo trimestre de 2008, la composición de tamaños de los eufáusidos costeros fue notablemente distinta a la observada en el primer trimestre. La estructura de tamaños fue aproximadamente bimodal, con una moda principal en 17,5 mm LT y una secundaria en 7,5 mm LT (Figura 38). En la zona intermedia, se observaron tres grupos modales, el primero en 2 mm LT, seguido de un grupo modal centrado en 10,5 mm LT y un tercer componente modal en 16,5 mm LT, siendo también distinta a la observada en el primer trimestre, mostrando una mayor proporción de ejemplares de tallas superiores a 7 mm LT (Figura 38).

En el caso del sector oceánico, a diferencia del costero y zona intermedia, y de manera similar a lo observado en el primer trimestre, la composición de tamaños estuvo fuertemente cargada hacia la izquierda, hacia tallas menores a 13,5 mm LT. Al respecto, en esta estructura destacan dos componentes modales, el primero en 3,5 mm LT, y el segundo en 7,5 mm LT, siendo éste de mayor importancia relativa que el primero. Por otro lado, cabe hacer notar que fue en este sector y período cuando se encontraron los ejemplares más grandes medidos, alcanzando a 33,8 mm LT (marca de clase 32,5 mm LT) (Figura 38).

La longitud promedio de los eufáusidos en el segundo trimestre de 2008 correspondió a: 17,18 mm LT (D.E.: 5,162 mm) en el sector costero, a 12,185 mm LT (D.E.: 6,304 mm LT) en la zona intermedia, y a 8,225 mm LT (D.E. = 4,819) en la zona oceánica.

En el tercer trimestre de 2008, la composición de tamaños de los eufáusidos costeros fue aproximadamente unimodal, a diferencia de lo observado en los trimestres anteriores para esta misma zona. La moda se localizó en 17,5 mm LT, mientras que la media alcanzó a 17,339 mm LT (D.E.: 2,718 mm LT) (Figura 39). En la zona intermedia, de igual manera que en el sector costero, la composición de tamaños de los eufausidos fue notablemente distinta a la composición de tamaños observada en el primer y segundo trimestre. Al respecto, en el tercer trimestre, la estructura de tamaños fue aproximadamente unimodal, centrada en 19,5 mm LT.

En el sector oceánico, la composición de tamaños de los eufasidos, a diferencia de la zona intermedia, mostró un comportamiento similar a lo observado en los trimestres anteriores. Esto es, con una estructura fuertemente sesgada hacia la izquierda, hacia ejemplares menores a 7,5 mm LT (Figura 39). La longitud promedio de los eufáusidos de la zona intermedia y del sector oceánico alcanzaron a 17,341 mm LT (D.E.: 4,126 mm LT) y 3,576 mm LT (D.E.: 2,891 mm LT), respectivamente (Figura 39).

10.2.3. Distribución espacial y biomasa de eufáusidos

En el primer trimestre de 2008, el análisis de variogramas unidireccionales reveló la presencia de efecto anisotrópico de la distribución espacial de la densidad de eufáusidos en la dirección NE-SW, siguiendo aproximadamente la dirección de los recorridos acústicos realizados durante el período. El modelo de variograma teórico que mostró el mejor ajuste, mediante el procedimiento de mínimos cuadrados ponderados (Cressie, 1993) fue el modelo Gaussiano con una varianza no explicada (VNE, %) por el modelo de 11,7% (Figura 40), mientras que el tamaño máximo de las estructura espaciales alcanzo a 9,1 mn (Tabla 17)

El área del polígono de estimación calculado para la distribución espacial de la densidad de eufáusidos alcanzó a 45.347,7 mn², lo que se traduce en una biomasa total para el área de evaluación de 58,1 millones de toneladas. La densidad promedio para toda el área de estudio alcanzó a 1.281 ton mn⁻², lo que equivale a 373,5 g m⁻² (Tabla 18).

Tabla 17. Parámetros del variograma teórico según modelo para los polígonos de estimación de la densidad de eufáusidos por trimestre. SCR: suma de cuadrados de los residuos, VNE: Varianza no explicada.

Parámetro	Trimestre			
	I	II	III a	III b
Modelo	Gaussiano	Exponencial	Exponencial	Exponencial
Rango (mn)	9,103	21,063	6,558	3,245
Sill	304187,358	131257,240	144987,806	2003,289
Nugget	40336,967	12064,726	23674,347	67,460
SCR	5,172 x 109	9,208 x 108	1,163 x 109	2,085 x 105
VNE (%)	11,708	8,418	14,037	3,258

Tabla 18. Biomasa de eufáusidos (tons), área de estimación (mn²) y densidad poblacional en ton mn⁻² y g m⁻², por trimestre.

Trimestre	Area (mn ²)	Biomasa (tons)	Densidad	
			(ton/mn ²)	(g/m ²)
I	45.347,7	58.095.869,9	1281,122	373,515
II	90.323,7	48.001.614,9	531,440	154,943
IIIa	79.433,6	60.737.996,4	764,639	222,933
IIIb	1.556,0	145.245,7	93,348	27,216

En el segundo trimestre de 2008, a diferencia del primer trimestre, el análisis de variogramas unidireccionales no reveló la presencia de efecto anisotrópico de la distribución espacial de la densidad de eufáusidos, esto es, fue isotrópica. El modelo de variograma teórico que mostró el mejor ajuste, mediante el procedimiento de mínimos cuadrados ponderados fue el modelo exponencial con una varianza no explicada (VNE, %) por el modelo de 8,4% (Figura 41) y un tamaño máximo de las estructura espaciales que alcanzó a 21,1 mn (Tabla 17).

El área del polígono de estimación calculado para la distribución espacial de la densidad de eufáusidos en este periodo fue casi el doble del observado en el primer trimestre, alcanzando a a 90.323,7 mn². Sin embargo, la biomasa total de eufáusidos, que alcanzó a 48 millones de toneladas, fue inferior en un 21% respecto del trimestre anterior (Tabla 18).

Lo anterior se debió a que la densidad promedio de eufáusidos fue también significativamente menor a la observada en el primer trimestre en la razón 1:2,4. La densidad promedio para toda el área de estudio en el segundo trimestre alcanzó a 541,4 ton mn⁻² (154,9 g m⁻²; Tabla 18).

En el tercer trimestre de 2008, se identificaron dos polígonos de estimación de la biomasa de eufáusidos, el primero designado como Trimestre IIIa en las Tablas 17 y 18, se encontró entre entre 73°40'W y 87°40'W y desde 35°30'S hasta 39°50'S alcanzó una superficie de 79.433,6 mn². El segundo polígono de estimación (designado como Trimestre IIIb) se localizó en el sector costero entre 38°S y 40°S, aproximadamente, con una superficie equivalente a 1.556 mn² (Tabla 18).

El análisis de variogramas unidireccionales realizado independientemente para cada polígono de estimación, reveló la presencia de efecto anisotrópico de la distribución espacial de la densidad de eufausidos en el polígono IIIa en la dirección E-W, mientras que en el polígono costero (IIIb) el efecto anisotrópico se evidenció en la dirección NW-SE.

El modelo de variograma teórico que mostró el mejor ajuste tanto en el caso de la densidad de eufausidos circunscrita por el polígono IIIa como por el polígono

costero, fue el modelo exponencial con una varianza no explicada (VNE, %) por el modelo de 14,0% (Figura 42) y un tamaño máximo de las estructura espaciales que alcanzo a 6,6 mn en el polígono IIIa, y una VNE = 3,2% en el caso del polígono IIIb, donde el tamaño de las estructuras espaciales alcanzó a 3,2 mn (Tabla 17).

La biomasa total de eufáusidos en toda el área de estudio alcanzó a 60,9 millones de toneladas, siendo el polígono IIIa el que aportó con 99,8% de la biomasa estimada, equivalente a 60,8 millones de toneladas, en comparación a la biomasa aportada por el polígono costero, que solo alcanzó a 145.245 toneladas, representando 0,2% del total. La densidad promedio de eufausidos en el polígono IIIa (764,6 ton/mn²) fue significativamente mayor a la densidad observada en el polígono IIIb, la que alcanzó a 94,3 ton mn⁻², equivalente a 27,2 g m⁻².

Adicionalmente, cabe destacar que la densidad poblacional de eufausidos en el tercer trimestre de 2008 en el polígono IIIa fue mayor a la observada en el polígono de estimación calculado en el segundo trimestre (Tabla 18).

La distribución espacial de la densidad de eufáusidos en el primer trimestre de 2008 mostró valores más altos en el sector costero que en la zona intermedia y el sector oceánico, observándose un gradiente zonal decreciente de la densidad hacia el océano abierto (Figura 43).

Una situación similar se observó en la distribución espacial de la densidad de eufáusidos en el segundo semestre de 2008 respecto del primero, aunque con niveles de densidad inferiores. Los niveles de densidad local máximos observados en el segundo trimestre no superaron las 3000 ton mn⁻² en el sector costero (Figura 44), en contraste con las 5000 ton mn⁻² establecidas como máximo en el primer trimestre, también en el sector costero del área de evaluación. En el segundo trimestre también se observó una gradiente longitudinal de la densidad hacia el océano abierto.

En el tercer trimestre, a diferencia de los anteriores, los mayores niveles de densidad de eufáusidos se localizaron en el sector oceánico, principalmente entre 78 y 79°W, desde 36°30'S hasta 37°20'S, y entre 82° y 83° W alrededor del paralelo 38°S. En

este caso, existió un gradiente longitudinal creciente de la densidad de eufausidos hacia el oceano abierto, en contraposición al gradiente decreciente observado en los trimestres anteriores (Figura 45).

10.3. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE EUFÁUSIDOS

10.3.1. Estructura de edad de población de Euphausia mucronata

Para la especie dominante, *E. mucronata*, se pudo identificar los estadios de calyptopis, furcilia, juveniles y adultos machos y hembras. Los estadios de nauplios y metanauplios fueron muy escasos y no identificados, mientras que los huevos se contabilizaron en su conjunto.

Se encontró un total de 3644 ejemplares de *E. mucronata*, principalmente los estadios de furcilia y juveniles, mientras que las calyptopis fueron más escasas. Un resumen estadístico de las tallas de estos estadios se muestra en la Tabla 19. La distribución de estas tallas en relación a sus estadios de desarrollo se ilustra en la Figura 46, donde se muestra la clara separación de las modas de tallas entre sexos de adultos, y entre los estadios más tempranos de desarrollo.

El rango total de tallas fluctuó entre 1,40 y 26,80 mm, el cual se estructuró en 8 clases de talla con una marca de clase de 3,18 mm. Estas clases de talla se utilizaron posteriormente para los cálculos de producción somática.

Tabla 19. Tallas (longitud total, mm) de estadios de desarrollo de Euphausia mucronata encontrados frente a la zona centro-sur de Chile, entre Agosto 2007 y Diciembre 2008. DE=desviación estándar, ES= error estándar y CV=coeficiente de variación.

Estadio	Media	DE	Longitud total (mm)		
			n	ES	CV
Adultos hembras	17.0	3.45	609	0.14	0.01
Adultos machos	15.7	3.61	717	0.14	0.01
Juveniles	11.1	3.77	1060	0.12	0.01
Furcilia	4.5	2.10	1238	0.06	0.01
Calyptopis	1.8	0.27	20	0.06	0.03

Para estimar la abundancia de huevos de *E. mucronata* se aplicó el factor de 0.48 al total de huevos encontrados, asumiendo una proporción similar a aquella del total poblacional con respecto a todas las especies de eufáusidos.

10.3.2. Tasas de muda y periodos inter-mudas de *E. mucronata*

Se obtuvieron estimaciones de tasas de mudas y periodos inter-mudas para 3 temperaturas promedio, 7,5 °C, 11,2 °C y 18,5 °C. Para estas temperaturas se obtuvieron tallas promedios en el rango de 4,5 y 25,6 mm. Los tiempos inter-mudas se encontraron en el rango de 4 a 17 días a 7,5 °C, 5 a 12 días a 11., °C y de 2,5 a 7,4 días a 18,5 °C. Los datos obtenidos se compararon a la ecuación ajustada por Iguchi & Ikeda (1995) para *Euphausia pacifica*, contrastación que se muestra en la Figura 47 para las 3 temperaturas. Aunque existen variaciones o desviaciones desde el modelo de Iguchi & Ikeda (1995), se observa que la tasa de desarrollo de *E. mucronata* es muy similar a *E. pacifica* en función de la talla y temperatura. De esta manera se decidió trabajar con la ecuación final,

$$\text{Log IP} = 0.321\text{LT} + 10^{0.034 - 0.0435T}$$

Donde IP = periodo inter-muda (d), LT = longitud total (mm) y T= temperatura (°C), derivada por Iguchi & Ikeda (1995) para *E. pacifica*.

10.3.3. Biomasa y producción de biomasa de *E. mucronata*

Para la aplicación de la ecuación anterior con el propósito de estimar los periodos inter-mudas de cada clase de tamaño, se realizó una estimación de la temperatura media de la capa de 100 metros de profundidad para cada estación de muestreo. Para la mayoría de las estaciones solo se contó con la temperatura superficial del mar, pero para 17 estaciones se contaba con la temperatura a 100 metros de profundidad. Una regresión lineal entre TSM y T100 para estos datos, permitió aproximar un valor para T100 para el resto de las estaciones y estos valores se utilizaron para calcular IP por clase de talla.

Para estimar la biomasa total de *E. mucronata* en cada muestra, se utilizaron las proporciones de cada clase de talla presentes en las submuestra correspondiente

analizada. Estas proporciones se aplicaron al total de individuos de *E. mucronata* de cada muestra y así se pudo estimar las abundancias separadas en las 8 clases de tallas. Las tallas promedios de cada clase permitieron estimar la biomasa de cada clase de talla, aplicando la ecuación:

$$P = 0.0019 \text{ LT}^{2.0608}$$

La ecuación anterior corresponde a una ecuación potencial, ajustada como regresión no lineal con el método de mínimos cuadrados. El ajuste de la función se muestra en la Figura 48. Esta ecuación permite estimar el peso seco (mg C) de individuos de *E. mucronata* a partir de la longitud total (mm).

Conociendo las biomazas de las clases de tallas, sus periodos inter-mudas y sus correspondientes abundancias, se estimó la producción somática utilizando la ecuación ya descrita:

$$Pg = \sum_{i=1}^S [(Cw_{i+1} - Cw_i) / Di] \times Ni$$

Luego la producción de mudas se estimó para las clases juveniles y adultos aplicando la ecuación:

$$Pe = \sum_{i=1}^s (a \times DW_i \times Ni) / IPi$$

y la producción de huevos se determinó con la ecuación:

$$Pr = E \times CWe / De$$

Por la producción total calculada, corresponde a la suma de Pg, Pe y Pr respectivamente.

Las biomazas estimadas de *E. mucronata* y las tasas de producción en biomasa se muestran en la Tabla 20. La zona costera posee 2 veces la biomasa presente en las zonas de transición y oceánica y su variación es el doble (50%) en comparación a estas dos últimas.

Las tasas de producción en biomasa en la zona costera son 3,0 y 3,5 veces aquella presente en las zonas de transición y oceánica, respectivamente. En la zona costera y de transición la varianza de P es muy alta (60%), mientras que en área oceánica se observa una considerablemente menor variabilidad de P (10%).

La razón P/B refleja la eficiencia de producción de la biomasa presente. Se puede observar que la zona costera se manifiesta una mayor eficiencia de producción, comparable a aquella de la zona de transición, mientras que la zona oceánica muestra una eficiencia de producción mucho menor (Tabla 20). La razón global P/B en promedio para toda el área de estudio y el período de muestreo fue de 58,9 con un coeficiente de variación de 55%.

La tasa promedio de P de *E. mucronata* para toda el área de estudio y período alcanzó un máximo de 30 g C m⁻² d⁻¹ en la zona costera en Marzo de 2008, pero su valor promedio global fue de 0,16 g C m⁻² d⁻¹ con un coeficiente de variación de 31%.

Tabla 20. Biomasa, producción de biomasa y razón P/B estimadas para *Euphausia mucronata* en la zona centro-sur de Chile entre Agosto 2007 y Diciembre del 2008, de acuerdo a las 3 zonas de estudio: costera, transición y oceánica.

ZONA	n	Biomasa (mg C m ⁻³)	SD	SE	CV
Costera	130	41.7	224.32	19.67	0.47
Transición	79	12.3	30.04	3.38	0.28
Oceánica	414	15.3	78.73	3.87	0.25
		Producción (mg C m ⁻³ d ⁻¹)	SD	SE	CV
Costera		343.5	2658.05	233.13	0.67
Transición		91.2	488.12	54.92	0.60
Oceánica		40.7	83.22	4.09	0.10
		P/B			
Costera		8.2			
Transición		7.4			
Oceánica		2.7			

La distribución espacial de la producción y de la biomasa de *E. mucronata* muestra un patrón muy interesante (Figura 49). Existen focos importantes de producción en la zona costera frente a los 38°S y en la zona oceánica frente a los 36°S y otros focos menores oceánicos. Estos focos no muestran una correlación muy clara con las mayores concentraciones de biomasa, indicando que las tasas de crecimiento pueden ser tan o más importantes que el "standing stock" de biomasa para la tasa de producción.

Las variaciones de producción no relacionadas directamente a la biomasa se podrían explicar por cambios en las tasas de crecimiento. Dado que la temperatura es una variable conservativa y con un rango estrecho para la zona de estudio a los 100 m de profundidad, es difícil pensar que los cambios en tasas de crecimiento se asocien a variaciones de las tasas de desarrollo (temperatura-dependiente). Sin embargo, las tasas de crecimiento pueden sufrir cambios importantes dependiendo de la estructura de edad de la población. La tasa de crecimiento decae fuertemente con la edad. Si se estima la tasa de crecimiento g para una temperatura constante (12 °C) en función de las clases de tamaño estimadas, se observa tal decaimiento de g (Figura 50). Este hecho sugiere que cambios espaciales y temporales en las tasas de producción y en la razón P/B podrían deberse a los cambios en la estructura de edad de la población. Lo anterior podría explicar que las tasas máximas de producción se presenten hacia fines de verano, cuando predominan los estadios juveniles de la especie y que la producción decae a principio de primavera, cuando la población se representa principalmente por estadios adultos reproductivos.

Es importante destacar también que, además de la alta capacidad reproductiva de esta especie, superior a *E. pacifica* (Taki, 2006), su reproducción parece ser continua a través del ciclo anual, dada la alta presencia de huevos y estadios tempranos de desarrollo durante todo el año. No obstante, los cambios temporales en estructura de edad (estadios) sugieren la presencia de dos pulsos reproductivos durante el año y posiblemente un tiempo generacional semi-anual.

La variación temporal de la tasa de producción (P) de *E. mucronata* muestra que existe un máximo de producción en Marzo y otro en Octubre, y durante los restantes meses P se mantiene estable en niveles menores a $0,2 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Figura

51). Si bien estos dos máximos coinciden con altos valores de biomasa, durante el año existen otros meses con altos valores de biomasa en que la producción es mucho menor, reflejando una alta variabilidad en la eficiencia de producción. Esto se puede observar también en los cambios temporales que sufre la razón P/B (Figura 50).

En el ciclo anual, P presentó un promedio de $0,11 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ con un coeficiente de variación de 44%.

Finalmente, la integración anual de P para toda la zona de estudio correspondió a $47,39 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$.

10.3.4. Biomasa y producción de eufáusidos en su conjunto

Siendo *E. mucronata* la especie numéricamente dominante en toda la zona de estudio, se espera que la biomasa total del conjunto de especies de eufáusidos sea también en gran parte controlado por esta única especie. El rango de tamaño de *E. mucronata* se puede considerar dentro del promedio de especies grandes de eufáusidos para la costa chilena (Palma & Linacre, 2004, Brinton et al., 2000). De esta manera, las proporciones numéricas podrían también servir de base para estimar la proporción en biomasa y producción de esta especie hacia el conjunto de eufáusidos. Bajo tales presunciones se puede considerar que si *E. mucronata* representa en cerca de un 50% la abundancia de todos los eufáusidos en toda la zona de estudio, entonces la biomasa global de eufáusidos podría alcanzar valores de hasta 100 mg C m^{-2} , con una producción total anual cercana a los $100 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$. Ciertamente, estas estimaciones podrían incrementarse si se considera solamente la zona costera altamente productiva, donde *E. mucronata* alcanza una dominancia promedio del 70% y se concentra gran parte de la biomasa. En la zona costera, directamente influenciada por la surgencia, la biomasa de *E. mucronata* podría incrementar los valores de producción anual.

10.4. ANÁLISIS DE LOS CONTENIDOS GÁSTRICOS DE RECURSOS PESQUEROS EN LA REGIÓN CENTRO-SUR DE CHILE

10.4.1. Variaciones interanuales de indicadores tróficos de recursos pesqueros

A continuación se describe las variaciones interanuales de indicadores tróficos de merluza común y jurel para el período 1992-2008, en base a la información obtenida del Instituto de Investigación Pesquera a través de programas de seguimiento biológico de ambas pesquerías frente a Chile centro-sur. Las Figuras 52 y 53 muestran las variaciones interanuales en el número de estómagos analizados y la cantidad de estómagos con contenido y vacíos para merluza común y jurel, respectivamente. Se reporta siempre una mayor cantidad de estómagos vacíos en jurel que en merluza común a lo largo de los años, debido principalmente por el arte de pesca utilizado. El número de muestras (estómagos) ha variado interanualmente entre aproximadamente 1000 y 10000 ejemplares de merluza común por año, y 2000 y 11000 estómagos anuales de jurel. Para el caso de merluza común, el porcentaje de estómagos con contenido ha fluctuado entre los ~40 y 70%, en tanto que para jurel este porcentaje ha sido menor, variando entre 10 y 50%.

Por su parte, las variaciones interanuales del índice de importancia relativa para la serie de 16 años revela a la presa eufáusidos como el ítem más recurrente en la alimentación de jurel y merluza común, con niveles por sobre el 4% de los otros ítems presa encontrados en los contenidos gástricos, destacando que merluza común contiene mayor número de taxa presa en sus estómagos comparado con los estómagos de jurel (Figuras 54 y 55). La variación interanual de la frecuencia de ocurrencia, y la frecuencia porcentual (en número y peso) de los eufáusidos en los contenidos estomacales de merluza común y jurel, se muestra en las Figuras 56 y 57. Los resultados muestran una variación interanual importante para merluza común, con altos porcentajes de frecuencia de ocurrencia, número y peso, en el inicio de la serie (1992-1996) y una fuerte disminución en 1996-1997, para mantener porcentaje bajo el ~ 2-3% a partir del año 1997, con la excepción de los años 2000-2001 y 2005-2006 en que experimento un incremento alcanzando ~4-5%. Por su parte, en jurel estos indicadores muestran baja variabilidad en el inicio de la serie (1992-1997), para disminuir en 1998-2000 a porcentajes menores al 3%,

para luego incrementar nuevamente en los años 2001-2002. A partir de esta fecha, estos indicadores se han mantenido bajos con la excepción del año 2005, donde la frecuencia porcentual en número se incrementó hasta ~25%. Para el caso de merluza de cola, cabe hacer mención que los datos tróficos disponibles para este recurso posibilitan solamente el análisis mensual en el período de estudio, y no un análisis interanual debido a que se dispone de una serie muy corta (período primaveral-estival 2007-2008).

10.4.2. Variaciones mensuales (2008) de indicadores tróficos en recursos pesqueros

Para merluza común, entre los meses de Febrero y Diciembre de 2008, se recolectó un total de 3670 ejemplares, que correspondieron a 1308 machos y a 2362 hembras. La longitud promedio de ejemplares de merluza común en dichas capturas fue de 35,90 cm LT (rango= 18-69 cm, DE = 5,91 cm) y el peso promedio de 354,5 gr (rango: 78-1668 gr, DE = 217,42). En las capturas de jurel, en tanto, se recolectaron 1884 ejemplares, de los cuales 1058 correspondieron a machos y 826 a hembras, que presentaron un tamaño promedio de 39,51 cm LT (rango: 26-61cm, DE = 6,65 cm) y un peso promedio de 754,54 gr (rango: 183,1-2930 gr, DE = 434,4 gr). Por su parte, para el recurso merluza de cola se recolectó un total de 576 ejemplares que correspondieron a 141 machos y 435 hembras, con una longitud promedio de 48,28 cm LT (rango 38-72 cm, DE= 4.97) y un peso promedio de 339,06 (rango: 107,0 - 912,3 g). La Figura 58 muestra la estructura de tamaños de los tres recursos pesqueros, considerando todas las muestras recolectadas para el año 2008. Un análisis mensual de la estructura de tallas para estos recursos (Figuras 59 a la 61), reveló que el muestreo se ejemplares para el análisis de los contenidos gástricos, se realizó sobre tallas intermedias, que fluctuaron entre 30-50 cm para merluza común, entre 32-50 cm para jurel y entre 40 y 56 cm para merluza de cola.

De los muestreos realizados para merluza común, jurel y merluza de cola en el año 2008, se logró recolectar un total de 3664, 1876 y 568 estómagos respectivamente. Para merluza común, el 50,7 % correspondió a estómagos con contenido, un 37,5% para jurel y un 27,9% para merluza de cola. Los muestreos fueron más importantes en número durante los períodos de Abril-Julio (merluza común), Abril-Junio (jurel) y

para el mes de Octubre en merluza de cola. El índice de llenado estomacal (en peso, FWI) se presenta en la Figura 62, revelando escasa variación para merluza común, a excepción de Mayo y Diciembre de 2008, donde alcanzó porcentajes de 2,59% y 2,27%. Para el caso de jurel, la situación fue distinta, ya que se nota un incremento sostenido del FWI desde comienzos de año hasta evidenciar un máximo en Agosto (2,03%), para decaer en el mes de Septiembre de 2008. Por último, merluza de cola mostró porcentajes máximos de FWI en Octubre alcanzando los 1,21% (Figura 62). La distribución de estómagos vacíos y con contenidos para el año 2008 se presenta en la Figura 63, observándose una proporción similar de estómagos con/sin contenido para merluza común, en contraste con lo reportado para jurel donde se observa un mayor porcentaje de estómagos vacíos mensualmente, a excepción del mes de Octubre de 2008 donde casi la totalidad de los estómagos presentaron contenido de alimento, situación similar a lo observado para merluza de cola.

10.4.4. Índice de importancia relativa

El índice de importancia relativa para merluza común reveló al grupo de los crustáceos como el ítem dominante, destacando a *Pleuroncodes monodon* (IIR=29,80%), seguido de Euphausiidae (IIR= 20,99%), y a nivel de especie *Euphausia mucronata* con un (IIR=10,00%), *Pterygosquilla armata* (3,38%), *Engraulis ringens* (5,27%) y ejemplares de la Familia Myctophidae (8,42%), así como también se destaca la presencia de canibalismo con un 13,43% (Tabla 21). Por su parte, para jurel el ítem presa dominante correspondió a la especie *Euphausia mucronata* (IIR =88,68) y a otros representantes del orden Euphausiacea (4,14%), así como también a las salpas (IIR =4,79) y los ostrácodos (IIR= 1,54) (Tabla 22), en cambio, para merluza de cola los ítems presa de mayor importancia relativa fueron los euphausíidos (IIR= 93,62), mictófidos (IIR= 4,05), y restos de peces (2,05%), destacando el alto grado de digestión de los contenidos gástricos, lo que imposibilitó muchas veces la determinación de los ítem presa a nivel específico (Tabla 22).

10.4.5. Índice de similitud trófica

Los dendrogramas de similitud trófica para los distintos grupos de tamaños estudiados muestra para merluza común, la existencia de 3 grupos tróficos en que

las tallas pequeñas G1, G2 y G3 se encuentran predando principalmente sobre crustáceos, especialmente langostino colorado y eufáusidos de la especie *Euphausia mucronata*, y los grupos de tamaño G4 y G5 sobre crustáceos y peces incluida la propia merluza común y mictófidios. Para el caso del jurel, se diferencian 2 grupos (G1 y G2) consumiendo principalmente ostrácodos, salpas y eufáusidos, en tanto que los grupos G3 y G4 predan principalmente sobre eufáusidos (Figuras 64 y 65). La Figura 66 muestra el dendrograma de similitud trófica para merluza de cola. Para este análisis, se construyó grupos de tamaño representando todo el espectro de tallas de ejemplares capturados para merluza de cola, el cual fue de 5 grupos (G1= 80; G2= 159; G3= 238; G4= 81 y G5= 19), diferenciándose 2 grupos; las tallas pequeñas representada por G1 se separan de G2, G3, G4 Y G5 debido al consumo de mictófidios. G4 y G5 se relacionan principalmente por el consumo de eufáusidos, los que a su vez se relacionan con G2 y G3 en el consumo de eufáusidos y peces.

Tabla 21: Porcentaje numérico (%N), en peso (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (% IIR) de los ítems presas encontrados en Merluza común para el año 2008.

	Ítem presa	%N	%W	%FO	%IIR
CRUSTACEA	<i>Euphausia mucronata</i>	26,41	4,97	6,26	10,00
	<i>Nematocelis megalops</i>	0,27	0,08	0,05	0,05
	Euphausiidae indet	29,67	5,56	16,40	20,99
	<i>Pleuroncodes monodon</i>	19,80	14,00	10,84	29,80
	<i>Cevimunida johni</i>	1,09	0,59	0,51	0,24
	<i>Heterocarpus reedi</i>	0,14	0,10	0,38	0,03
	Cancer sp.	0,00	0,00	0,03	0,00
	<i>Pterygosquilla armata</i>	1,59	3,52	5,07	3,38
	Isopoda	0,00	0,00	0,03	0,00
	Amphipoda	0,05	0,00	0,14	0,01
	Larva megalopa	0,03	0,00	0,14	0,01
	Restos Crustacea	1,99	1,01	3,82	1,01
	PISCES	<i>Merluccius gayi</i>	0,38	28,39	2,71
<i>Strangomera bentinki</i>		0,12	2,32	0,35	0,16
<i>Engraulis ringens</i>		0,57	14,09	2,11	5,27
<i>Trachyrhynchis villegai</i>		0,01	1,16	0,08	0,02
<i>Normanichthys crokeri</i>		0,04	0,14	0,27	0,01
<i>Idiacanthus</i> sp.		0,01	0,03	0,03	0,00
Mictophidae indet.		4,41	10,69	4,12	8,42
Restos Teleostei		0,43	11,86	3,39	7,10
MOLLUSCA	<i>Nassarius gayi</i>	0,02	0,03	0,19	0,00
	<i>Gonatus antarcticus</i>	0,03	1,06	0,27	0,06
	Gastropodos indet.	0,03	0,01	0,19	0,00
	Bivalvos indet.	0,01	0,00	0,08	0,00
	Restos Cephalopoda	0,01	0,02	0,03	0,00

Tabla 22: Porcentaje Numérico (%N), en peso (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (% IIR) de los ítems presas encontrados en jurel para el año 2008.

	Ítem presa	%N	%W	%FO	%IIR
CRUSTACEA	Euphausia mucronata	84,12	90,56	6,02	88,68
	Nematocelis megalops	0,01	0,02	0,04	0,00
	Thysanoessa gregaria	0,00	0,01	0,04	0,00
	Euphausia Tricantha	0,00	0,01	0,04	0,00
	Euphausia gibba	1,28	4,04	1,31	0,76
	Euphausiidae indet	2,59	4,77	6,86	4,14
	Copepoda	0,04	0,01	0,08	0,00
	Isopoda	0,00	0,01	0,04	0,00
	Ostracoda	12,30	0,30	7,72	1,54
	Limacina sp.	0,31	0,05	1,60	0,04
	Salpidae	5,06	4,58	7,88	4,79
	Amphipoda	0,02	0,00	0,21	0,00
	Heteropoda	0,03	0,03	0,41	0,00
	Larva megalopa	0,00	0,00	0,04	0,00
	Restos Crustacea	0,00	0,00	0,08	0,00
PISCES	Triphoturus oculus	0,04	0,51	0,04	0,01
	Mictophidae indet.	0,03	0,62	0,33	0,03
	Restos pisces	0,00	0,03	0,08	0,00
CEPHALOPODA	Restos Cephalopoda	0,01	0,04	0,21	0,00

Tabla 23: Porcentaje Numérico (%N), en peso (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (% IIR) de los ítems presas encontrados en merluza de cola para el año 2008

	Ítem presa	%N	%W	%FO	%IIR
CRUSTACEA	Euphausiidae indet.	97,71	80,63	15,05	93,62
	Restos Crustacea	0,41	1,43	2,25	0,26
PISCES	Restos Pisces	0,76	6,23	4,50	2,05
	Mictophidae indet.	1,00	11,52	4,84	4,05
CEPHALOPODA	Restos Cephalopoda	0,52	0,09	0,10	0,01

10.4.6. Ración diaria y consumo poblacional

La estimación de la tasa de evacuación gástrica y la ración diaria para merluza común, jurel y merluza de cola se presentan en la Tabla 24. Para merluza común, tanto la tasa de evacuación diaria como la ración diaria/peso corporal por trimestres aumentaron en otoño y primavera, sin embargo para jurel ambas aumentaron en invierno. La estimación de la tasa de evacuación gástrica y la ración

diaria para merluza de cola aumentaron en Octubre (primavera), debido principalmente a un número mayor de estómagos con contenido estomacal; sin embargo, para el mes de Diciembre (verano) este valor es relativamente bajo en relación al resto de los meses ya que se encontró una mayor cantidad de estómagos vacíos.

La razón entre consumo y biomasa (Q/B) a lo largo del periodo de estudio se mantuvo constante en jurel, a excepción del invierno donde aumentó considerablemente debido a que el peso promedio de los ejemplares fue mucho mayor y el nivel de llenado de éstos fue óptimo para este trimestre. Para merluza común, el consumo-biomasa no cambió significativamente, los valores más altos se obtuvieron en otoño e invierno, siendo el consumo de eufáusidos constante en todo el periodo (Tabla 25). Para merluza de cola la razón entre consumo y biomasa (Q/B) se mantuvo constante a lo largo de 2008, a excepción del mes de Octubre donde aumentó considerablemente debido a dos factores principales: el peso promedio de los contenidos estomacales fue mayor, el nivel de llenado estomacal se encontró en un estado de semi-vacío y con una razón Q/B para eufáusidos de 0,779 (Tabla 25).

El consumo poblacional de los tres recursos evaluados se presenta en la Tabla 26, para las principales presas reportadas en los contenidos gástricos. Para jurel, los eufáusidos fueron consumidos en un 76,36% del total de presas, y el eufáusido dominante *E. mucronata* se reportó en un 37,58%. Si consideramos una biomasa acústica estimada en ~5 millones de ton. Para el año 2008, la cantidad de biomasa de eufáusidos consumidos por jurel en dicho año alcanza un total de 8,80 millones de toneladas (Tabla 26). Para el caso de merluza común, considerando una biomasa acústica evaluada para 2008 de 680000 ton, el consumo de eufáusidos fue de 349100 ton (17,3% del total de presas), y el consumo de la especie *E. mucronata* fue de 164847 ton (8,2%). El consumo anual calculado para merluza común (considerando todas las presas) fue de 2012136 ton. Para merluza de cola la biomasa acústica de merluza de cola se estimó en 900 tons para el año 2008 (Datos Inpesca). Según esta información, merluza de cola tuvo un consumo de eufáusidos durante los 5 meses de muestreo de alrededor de 701,155 ton alrededor de un 80% en relación al consumo total de presas encontradas en los estómagos, seguido del

segundo ítem de importancia para esta especie, como son los peces linterna de alrededor de 100.143 ton (11,5%).

Tabla 24. Estimación de la tasa de evacuación gástrica y ración diaria de merluza común, jurel y merluza de cola, a partir del análisis de los contenidos gástricos analizados para el año 2008.

Merluza común

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Peso corporal promedio	295	346	430	335	355
Tasa de evacuación gástrica (h ⁻¹)	0,12	0,14	0,10	0,13	0,13
Contenido estomacal promedio (g)	3,310	4,332	3,164	3,253	3,656
Ración Diaria (g/d)	2,520	3,6424	2,130	2,549	2,874
Ración diaria/Peso corporal (%)	0,855	1,052	0,496	0,762	0,811

Jurel

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Peso corporal promedio	705	669	911	1936	755
Tasa de evacuación gástrica (h ⁻¹)	0,10	0,07	0,18	0,04	0,10
Contenido estomacal promedio (g)	3,87	4,93	14,60	41,74	5,40
Ración Diaria (g/d)	3,5	3,2	22,3	18,3	4,8
Ración diaria/Peso corporal (%)	0,49	0,47	2,45	0,95	0,64

Merluza de cola

	Febrero	Marzo	Octubre	Noviembre	Diciembre	5 Meses
Peso corporal promedio	336	422	323	350	320	339
Tasa evacuación gástrica (h ⁻¹)	0,074	0,051	0,116	0,075	0,042	0,097
Cont. estomacal promedio (g)	3,225	3,294	3,661	2,708	2,044	3,336
Ración Diaria (g/d)	1,738	1,322	2,717	1,467	0,709	2,182
Ración diaria/Peso corp (%)	0,517	0,313	0,841	0,419	0,222	0,643

Tabla 25: Variación estacional de la razón consumo/biomasa (Q/B) de los principales ítem presa para merluza común, jurel y merluza de cola.

Merluza común

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Presas	Q/B	Q/B	Q/B	Q/B	Q/B
Euphausidae	0,028	0,030	0,332	0,126	0,271
E mucronata	0,025	0,046	0,013	0,159	0,242
P monodon	0,419	0,253	0,000	0,000	0,645
P armata	0,022	0,021	0,000	0,087	0,125
M gayi	0,156	0,189	0,123	0,295	0,716
S bentincki	0,006	0,027	0,000	0,000	0,053
E ringens	0,124	0,295	0,216	0,027	0,690
Mictophidae	0,001	0,100	0,101	0,000	0,218
Total	0,780	0,960	0,785	0,695	2,959

Jurel

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Presas	Q/B	Q/B	Q/B	Q/B	Q/B
Euphausidae	0,072	0,232	0,736	0,000	0,894
E. mucronata	0,001	0,010	0,732	0,852	0,867
Ostracoda	0,014	0,012	0,732	0,000	0,513
Limacina sp	0,014	0,012	0,000	0,000	0,001
Salpidae	0,288	0,147	0,000	0,000	0,028
Mictofidae	0,053	0,013	0,000	0,000	0,004
Total	0,443	0,426	2,201	0,852	2,306

Merluza de cola

	Febrero	Marzo	Octubre	Noviembre	Diciembre	5 Meses
Presas	Q/B	Q/B	Q/B	Q/B	Q/B	Q/B
Euphausiidae	0,007	0	0,229	0	0,012	0,779
Mictófidos	0,000	0,087	0,008	0,102	0	0,111
Crustácea	0,145	0,003	0,001	0,008	0	0,014
Pisces	0,003	0,004	0,014	0,016	0,055	0,060
Total	0,155	0,094	0,252	0,126	0,066	0,965

Tabla 26: Consumo poblacional estimado (Q, ton) de las principales presas para merluza común y jurel.

Merluza común

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Presas	Q	Q	Q	Q	Q
Euphausiidae	18980	20469	225979	85881	184253
E. mucronata	16879	31396	8815	108432	164847
P monodon	284779	171797	0	0	438405
P armata	14789	14023	0	59405	85187
M gayi	105756	128712	83417	200715	486689
S bentincki	4182	18063	0	0	35841
E ringens	84316	200326	146877	18296	468927
Mictophidae	956	68148	68396	0	147986
Consumo total	530636	652934	533483	472729	2012136

Jurel

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Presas	Q	Q	Q	Q	Q
Euphausiidae	361851	1160580	3678797	0	4471729
E. mucronata	5379	49597	3661600	4259482	4333157
Ostracoda	70530	59844	3661600	0	2563490
Limacina sp	70530	59844	0	0	5959
Salpidae	1440040	735345	493	0	137983
Mictofidae	264248	65977	256	0	18569
Consumo total	2212579	2131188	11002747	4259482	11530886

Merluza de cola

	Febrero	Marzo	Octubre	Noviembre	Diciembre	5 Meses
Presas	Consumo (t)	Consumo (t)	Consumo (t)	Consumo (t)	Consumo (t)	Consumo (t)
Euphausiidae	6339	0	206478	0	10635	701155
Mictófidos	0,000	78095	7151	91412	0	100143
Crustácea	0,145	2713	528	7234	0	12472
Pisces	0,003	3713	12823	14501	49182	54441
Consumo total	6339	84520	226980	113147	59817	868211

10.4.7. Índice de selectividad de Ursin (ISU)

Las Figuras 67, 68 y 69 presentan las variaciones mensuales (para el año 2008) del índice de selectividad para los recursos merluza común, jurel y merluza de cola, respectivamente. De acuerdo al aporte en peso establecido para las presas más importantes, para merluza común se encontraron 5 presas de mayor selectividad durante todo el período de estudio, estos son: eufáusidos, *E. mucronata*, *P. monodon*, *P. armata* y *M. gayi*, siendo los eufáusidos los más recurrentes durante todo el año 2008. Por su parte, en jurel la selectividad por eufáusidos fue similar a la reportada para merluza común encontrándose además de ellos otras tres presas (ostrácodos, *Limacina* sp y salpas).

El índice de selectividad de Ursin para merluza de cola presenta cuatro presas más importantes de acuerdo al aporte en peso y a la cantidad de estómagos muestreados, los cuales fueron relativamente bajos y con alto grado de digestión y descomposición. Estas presas corresponde principalmente a mictófidios, eufáusidos, restos de peces y restos de crustáceos. A través de los 5 meses de muestreo, se logró determinar una selectividad en peso de peces y crustáceos.

10.5. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA REGIÓN COSTERA Y OCEÁNICA DEL CENTRO-SUR DE CHILE (OBJETIVO ESPECÍFICO 5)

A continuación se describen los resultados vinculados con el objetivo específico 5 en relación a la caracterización oceanográfica para la región costera y oceánica situada frente a Chile central y sur.

10.5.1. Distribución de variables ambientales

10.5.1.1. Clorofila satelital

- Distribución espacial

La concentración de clorofila-a promedio para el periodo 1997-2007 muestra un fuerte gradiente costa-oceano, con niveles de 1 y 0,2 mg m⁻³ a una distancia promedio de ~60 y ~350 km de la costa, respectivamente. La concentración de clorofila presentó un marcado ciclo estacional en la región costera frente Chile central, con máximas (mínimas) concentraciones en verano (invierno) asociadas al ciclo anual del viento (Figura 70). Por el contrario, las máximas (mínimas) concentraciones de clorofila en la región oceánica se registran en invierno (verano), probablemente relacionadas con la dinámica de remolinos de mesoescala originados en la región costera, estructuras que tardan ~6 meses en llegar a la región oceánica (Correa-Ramírez et al., 2007).

- Ciclo estacional

La fluctuación en fase opuesta que posee el ciclo estacional de la concentración de clorofila en la región costera y oceánica, se evidencia al examinar el comportamiento

de la isóneas de 1, 0,2 y 0,1 mg m⁻³ (Figura 71). La mayor extensión costa afuera de la isónea de 1 mg m⁻³ se presenta en primavera-verano, alcanzando un máximo de ~100 km en 36°S, y 120 km al sur de 43°S. Durante otoño-invierno esta isónea se restringe a una región más costera, no sobrepasando los 20 km en el periodo mayo-junio. En dicho periodo, los niveles de concentración de clorofila superiores a 1 mg m⁻³ se observan principalmente en el golfo de Arauco y una franja costera entre 38° y 43°S. Por otra parte, la isónea de 0,2 mg m⁻³ muestra una variación estacional diferente al norte de la latitud ~37°S respecto a la observada más al sur. Al norte de 37°S, la isónea de 0,2 mg m⁻³ presenta la mayor (menor) extensión costa afuera en otoño-invierno (verano). Inversamente, al sur de 37°S, la máxima extensión costa afuera de la isónea de 0,2 mg m⁻³ se registra en verano, siendo mínima en otoño-invierno. Valores de clorofila inferiores a 0,1 mg m⁻³ se observan durante el periodo primavera-verano en el sector occidental del área de estudio. Concentraciones de clorofila menores a 0,05 mg m⁻³ se registran en diciembre-marzo, al norte de 32°S y al oeste de 88°W, vinculadas a aguas subtropicales.

- Variabilidad interanual

La variabilidad meridional de la clorofila en la región costera (0-100 km costa afuera) y oceánica (500-600 km costa afuera) se presenta en el diagrama Hovmöller (Figura 72). En la región costera se distinguen altos valores de clorofila frente a 35.5°S y entre 36 y 37°S, los cuales presentan una relativamente reducida variación interanual. Otra zona con altos niveles de clorofila se presenta en torno a 39°S. Sin embargo, dicha región posee una mayor variabilidad interanual, distinguiéndose máximos valores durante 1998-99, 2001-02, 2005 y después de 2007. El incremento de la clorofila costera posterior a 2007 se observa a lo largo de toda la región costera. A 500 km de la costa se evidencia una importante variabilidad meridional, registrándose los mayores valores al norte de 36°S. Mínimos valores de clorofila oceánica se distinguen en la segunda mitad de 1998 e inicios de 1999, lo cual sería la respuesta con rezago de la disminución observada en la clorofila costera durante El Niño 1997-98. Al igual que en la región costera, se distingue un claro incremento de la clorofila oceánica después de 2007.

10.5.1.2. Velocidad del viento satelital

- Distribución espacial

El campo medio de la velocidad del viento evidencia una circulación anticiclónica, con un flujo hacia el Este en la región situada al sur de 38°S (vientos del oeste), y hacia el Norte en la transición costera frente a Chile central. Máximos niveles de velocidad del viento ($> 6 \text{ m s}^{-1}$) se presentan en esta última zona, vinculados con la existencia de un jet costero que se desarrolla principalmente durante el periodo estival (Garreaud & Muñoz 2005), el cual tiene un eje meridional localizado a ~120 km de la costa. Mínimos niveles de velocidad del viento se encuentran en la parte noroccidental del área de estudio, región dominada por el anticiclón del Pacífico suroriental (Figura 73).

- Ciclo estacional

La variabilidad estacional de la velocidad del viento está principalmente relacionada con los cambios en la extensión y la posición del anticiclón subtropical. Dicho anticiclón presenta su posición más austral durante el verano, periodo en que el jet costero se extiende meridionalmente hasta ~38°S (Figura 74). En invierno, cuando el anticiclón se desplaza a su posición más septentrional y oceánica, la zona influenciada por el jet costero se desplaza al norte de los 34°S. Por otra parte, los vientos del oeste muestran máximas (mínimas) intensidades promedio en el periodo estival (otoño-invierno), observándose un marcado gradiente norte-sur en los meses de diciembre-enero.

La variabilidad sinóptica existente en otoño-invierno se caracteriza por frecuente cambios en el sentido meridional del viento, vinculados a la alternancia de sistema de bajas y altas presiones. La intensa variabilidad meridional de la velocidad del viento en el período invernal se evidencia al examinar el ciclo estacional de su desviación estándar (Figura 75). La mayor proporción de la desviación estándar se vincula a la componente meridional, la cual es particularmente intensa durante el periodo abril-septiembre (marcadamente superior al campo promedio mensual de la velocidad del viento), y mínima durante diciembre-febrero. La componente

meridional de la desviación estándar exhibe un complejo patrón de variabilidad espacial, distinguiéndose un gradiente meridional en dirección norte-sur, además de un predominio de altos niveles en la región costera al sur de 37°S durante todo el año. Por otra parte, la componente zonal de la desviación estándar también muestra una intensa variabilidad estacional, con máximo (mínimos) valores en el periodo invernal (estival). Espacialmente se distingue un gradiente en dirección noreste-suroeste, registrándose mínimos valores en la región costera frente a Chile central (al norte de 36°S), donde predomina el viento hacia el norte.

- Variabilidad interanual

Tanto en la región costera como oceánica se distingue una importante variabilidad interanual del viento meridional (Figura 76). Dicha variabilidad parece estar vinculada al ENOS, registrándose máximos valores de viento favorable a la surgencia durante periodos fríos (1998-99 y 2007) y mínimos valores durante periodos cálidos (1997 y 2002-06) (Figura 76). La componente zonal posee una variabilidad interanual más intensa al sur de 38°S, la cual no está relacionada al ENOS. La amplitud de estas fluctuaciones es más reducida que la observada en la componente zonal.

10.5.1.3. Índice de turbulencia (IT)

Estrechamente vinculado con la variabilidad sinóptica del viento, el índice de turbulencia muestra un fuerte ciclo estacional, particularmente evidente en la región oceánica (Figura 78). En dicha región los mínimos (máximos) valores del índice de turbulencia se presentan en verano (invierno), al contrario de lo observado en la región costera frente a Chile central, en donde este índice parece estar fuertemente vinculado con el jet costero. Mínimos niveles del índice de turbulencia se vinculan al centro del anticiclón subtropical.

En la región oceánica al oeste de 76°W, se observa un predominio de valores bajo los 600 m³ s⁻³ durante el verano, con un relativamente débil gradiente meridional. Esta condición cambia significativamente en invierno, cuando se observa un intenso gradiente con dirección noreste-suroeste, el cual se desplaza progresivamente hacia

el noroeste, alcanzando su posición más septentrional en junio. En dicho mes se registran valores del índice de turbulencia superiores a $1200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ al sur de $\sim 36\text{-}40^\circ\text{S}$. El intenso gradiente observado en invierno se debilita y desplaza hacia el suroeste durante la primavera, restableciéndose gradualmente las condiciones observadas en verano. Por otra parte, en la región costera frente a Chile central, el ciclo estacional del índice de turbulencia es inverso y de menor amplitud que el ciclo observado en la región oceánica, exhibiendo máximos valores del orden de $1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ en verano y $800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$ en invierno. En esta región este índice parece estar fuertemente vinculado con la fluctuación meridional observada en el jet costero.

10.5.1.4. Transporte zonal de Ekman (TZE)

El transporte zonal de Ekman (Figura 79) presenta máximos (mínimos) valores en invierno (verano). Al norte de $\sim 33^\circ\text{S}$ predominan valores negativos (favorable a la surgencia) durante todo el año. Entre $\sim 34\text{-}40^\circ\text{S}$, el transporte zonal de Ekman muestra un fuerte ciclo anual, con una estación de surgencia restringida principalmente al periodo primavera-verano. Al sur de 42°S , el transporte es predominantemente hacia la costa, con algunos periodos de surgencia principalmente en la primavera tardía y verano temprano. Interanualmente se distingue una importante fluctuación en la amplitud del ciclo anual, así como en la extensión temporal de la estación de surgencia. El inicio más tardío de la estación de surgencia se observa en 2002, coherente con lo señalado por Gómez et al. (en revisión), quienes postulan un retraso de la estación de surgencia asociada a periodos El Niño.

10.5.1.5. Temperatura superficial del mar

- Distribución espacial

La temperatura superficial del mar presentó un fuerte gradiente meridional, junto a un gradiente zonal menos intenso, el cual es evidente principalmente en la zona costera (vinculado a la surgencia costera modulada por el esfuerzo del viento a lo largo de la costa) (Figura 80). Al sur de 38°S y aproximadamente a 80 km de la

costa, se distingue una ligera desviación de las isotermas hacia el sur, generándose un mínimo zonal.

- Ciclo estacional

La temperatura superficial del mar presenta un marcado ciclo estacional, caracterizado por un máximo desplazamiento hacia el sureste (noroeste) de las isotermas en verano (invierno), con un aumento del gradiente zonal y meridional de TSM. El desplazamiento meridional es evidente en la posición de la isoterma de 16°C, la cual se localiza en ~41°S en Febrero y al norte de 33°S en Agosto.

- Variabilidad interanual

La variabilidad interanual de la TSM costera y oceánica (Figura 81) está estrechamente vinculada al ENOS (Montecinos et al., 2003), registrándose anomalías positivas (negativas) de temperatura durante periodos El Niño (La Niña) (Figura 82). Los máximos valores de TSM se registran durante El Niño 1997-98, mientras que con el moderado evento El Niño de 2002 no se distingue un incremento significativo. En el periodo 2004-2006 los valores de TSM exhiben un predominio de anomalías positivas, en tanto el 2007 destaca un fuerte enfriamiento vinculado al intenso evento La Niña.

10.5.1.6. Energía cinética

La región con mayor energía cinética ($> 50 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-2}$) se localiza en la zona costera frente a Chile central (al norte de 38°S y al oeste de una franja costera de ~80 km de ancho), vinculada a la intensa actividad de mesoescala que define la zona de transición costera (Figura 82). Esta región muestra una intensa fluctuación estacional en su extensión meridional, alcanzando hasta ~38°S en otoño, y ~35°S en primavera. Otra región con relativamente altos niveles de energía cinética se localiza entre 35-40°S, al oeste de 84°W, no mostrando un claro patrón estacional. Mínimos niveles de energía cinética ($< 15 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-2}$) se observan en la región costera al sur de 39°S y al este de 80°W, y en el sector noroccidental al norte de 33°S y oeste de 80°W. Entra ambas zonas se configura una franja con niveles intermedios, que separa las dos regiones de alta energía cinética.

10.5.1.7. Profundidad de la capa de mezcla

La profundidad de la capa de mezcla muestra mínimos niveles en la región costera y máximos en la región oceánica (Figura 83). Sin embargo, según el índice de calidad (contornos grises) la precisión de la capa de mezcla no es apropiada en la región costera, ni tampoco lo es durante el verano en la región oceánica. En esta última zona se distingue un intenso ciclo anual, con máximos valores en el invierno y la primavera temprana (> 80 m). Este comportamiento, junto al relativamente débil ciclo anual observado en la región costera, genera un intenso gradiente zonal en el periodo invierno-primavera. La intensa fluctuación anual en la región oceánica podría ser en parte vinculada con el ciclo estacional del viento, el cual induce una máxima mezcla turbulenta durante invierno.

10.5.1.8. Nivel del mar

Al igual que la TSM y viento meridional, la variabilidad interanual del nivel del mar está asociada al ENOS (Pizarro et al., 2001), registrando anomalías positivas durante periodos El Niño, y negativas durante periodos La Niña (Figura 84). En la región costera los máximos valores del nivel del mar se registran durante El Niño 1997-98. Dicha anomalía se propaga hacia el oeste como onda de Rossby, observándose con un rezago de ~6 meses en la región oceánica, 500 km costa afuera. Mínimos valores de nivel del mar ocurren durante el periodo 1999-2002. En la región costera, desde el 2000 hasta inicios de 2007, se observa una tendencia positiva del nivel del mar, la cual se quiebra con el fuerte evento La Niña 2007-08.

En síntesis, es posible sostener para la región centro-sur de Chile que las variables analizadas poseen un intenso ciclo estacional, destacando importantes diferencias entre las regiones costeras al norte y al sur de 37°S. En la región costera al norte de ~37°S, prevalece el transporte zonal costa afuera, asociado al viento predominantemente hacia el norte (con una relativamente reducida varianza zonal). En esta región, el comportamiento del viento parece estar fuertemente vinculado a la presencia de un jet costero, modulando la variabilidad estacional de la clorofila y del índice de turbulencia. Además, en esta región se verifica una intensa energía cinética vinculada la presencia de remolinos de mesoescala. En la región costera al

sur de $\sim 37^{\circ}\text{S}$, el predominio del transporte costa afuera es menos acentuado, observándose una importante variabilidad en la componente meridional del viento, junto a bajos niveles de turbulencia y energía cinética.

10.5.2. Funciones Ortogonales Empíricas

- Clorofila

En la región costera los dos primeros modos explican el 37 y 23% de la variabilidad interanual de la clorofila satelital. El patrón latitudinal del primer modo se vincula principalmente con la región al norte de 37°S , mientras que el segundo modo muestra una fluctuación inversa entre la región al norte y al sur de 36°S , con máximas correlaciones asociadas a las series de clorofila al sur de 38.5°S (Figura 85). La variación temporal del primer modo refleja anomalías positivas de clorofila desde mediados de 1998 hasta inicios de 2001, durante 2005 y a partir de la segunda mitad del 2007 (Figura 85), la cual podría ser vinculada en parte al ENOS. El segundo modo refleja diferencias latitudinales en las fluctuaciones de clorofila, como las observadas durante la primavera-verano 2001-02, cuando se produjeron intensas anomalías positivas entre $38-40^{\circ}\text{S}$, pero negativas al norte de 36°S (Figura 85). En la región oceánica los dos primeros modos explican el 35 y 22% de la variabilidad. El primer modo está más vinculado con la región al norte de 36°S , donde se observan los mayores valores de clorofila (Figura 86). El segundo modo en tanto se vincula principalmente con las series al sur de 36°S , y podría reflejar en parte una señal rezagada del ENOS originada en la región costera (Figura 86).

- Temperatura superficial del mar

La variabilidad de la TSM (Figura 87) está claramente dominada por el primer modo, el cual tanto en la región costera (Figura 87) como oceánica (Figura 84) se relaciona con el ENOS (Figura 70). Dicho modo explica en ambos casos un 84% de la variabilidad total, versus un 10% del segundo modo. El patrón espacial del segundo modo muestra una variación en fase opuesta entre la TSM al norte y al sur de 36°S .

- Viento meridional

Los dos primeros modos del viento meridional en la región costera explican 65 y 25% de la variabilidad total (Figura 88). La variabilidad temporal del primer modo puede ser en parte vinculada al ENOS (Figura 70), con un predominio de anomalías positivas (negativas) durante periodos La Niña (El Niño). El segundo modo muestra una variabilidad opuesta al sur y al norte de $\sim 36.5^{\circ}\text{S}$, con la mayor fluctuación temporal ocurriendo durante el periodo 2002-03, cuando se registran fuerte anomalías negativas (positivas) de viento meridional al sur de 38.5°S (norte de 36°S) (Figura 89).

En la región oceánica la variabilidad del viento meridional está claramente dominada por el modo 1, el cual representa un 82% de la varianza versus un 13% del modo 2 (Figura 90). La variabilidad temporal del primer modo refleja significativamente la señal del ENOS, con anomalías positivas durante el periodo 1999-2001 y 2007, y negativas durante 1997, 2002-06 (Figura 70).

- Nivel del mar

Los dos primeros modos de variabilidad del nivel del mar en la región costera explican un 78 y 9% de la variabilidad interanual, en tanto que en la región oceánica un 56 y 9%, respectivamente (Figuras 91 y 92). El primer modo se vincula a la señal del ENOS, siendo las fluctuaciones interanuales de la región costera de mayor amplitud que las registradas en la región oceánica. El segundo modo del nivel del mar en la región costera está más asociado con la región al sur de 37°S , reflejando una variabilidad de más baja frecuencia con anomalías negativas (positivas) durante el periodo 1997-2002 (2003-08) (Figura 92). El segundo modo de la región oceánica evidencia una variabilidad espacial en fase opuesta entre las regiones al norte de 36°S y al sur de 38.5°S (Figura 92).

10.5.3. Relaciones entre ambiente y eufáusidos

El porcentaje de varianza explicada por los componentes 1, 2 y 3 corresponde al 22, 13 y 11%, respectivamente (Figura 93). La proyección de las siete especies de

eufáusidos y las cuatro variables ambientales en los primeros 3 ejes del ACP se presenta en Figuras 94, 95 y 96, para el componente 1 vs 2, 1 vs 3 y 2 vs 3 respectivamente. El primer componente está principalmente asociado a la temperatura superficial y a la concentración de clorofila, no obstante esta última también se relaciona con el segundo componente. A lo largo del componente 1 es posible discriminar las especies de aguas más cálidas y con baja concentración de clorofila, *S. carinatum*, *E. gibboides*, *S. abbreviatum* y *E. recurva*, versus las especies de aguas frías y productivas, *E. mucronata* y *N. megalops*. Dicho patrón se evidencia también al examinar la distribución espacial de estas especies (Figuras 97 a 102), con *E. mucronata* y *N. megalops* vinculadas a aguas costera frías de surgencia, y *S. carinatum*, *E. gibboides*, *S. abbreviatum* y *E. recurva*, a aguas más oceánicas. Dentro de las especies de aguas frías, *E. mucronata* es la más costera y asociada a los mayores niveles de clorofila (tercer cuadrante), en tanto que *N. megalops* muestra una distribución de transición entre la región costera y oceánica (Figuras 97 y 98). Dentro de las especies oceánicas, *E. gibboides* es la que se asocia a las aguas menos productivas. Por otra parte, *T. gregaria* no muestra un patrón en relación a aguas frías versus cálidas, no obstante se asocia a aguas de bajo contenido de clorofila, mayor energía cinética y anomalías positivas de nivel del mar (ver sub-punto anterior).

En síntesis, las variables analizadas poseen un intenso ciclo estacional, destacando importantes diferencias entre las regiones costeras al norte y al sur de 37°S. En la región costera al norte de ~37°S, prevalece el transporte zonal costa afuera, asociado al viento predominantemente hacia el norte (con una relativamente reducida varianza zonal). En esta región, el comportamiento del viento parece estar fuertemente vinculado a los eventos de jet costero, modulando la variabilidad estacional de la clorofila y del IT. Además, es una región con una intensa energía cinética vinculada a remolinos de mesoescala. En la región costera al sur de ~37°S, el predominio del transporte costa afuera es menos acentuado, observándose una importante variabilidad en la componente meridional del viento, junto a bajos niveles de turbulencia y energía cinética.

La variabilidad interanual de la TSM, viento meridional, nivel de mar y clorofila muestra una fuerte influencia de la dinámica de El Niño, el cual se hace evidente al examinar los diagramas latitud tiempo de las series interanuales filtradas y el primer modo de variabilidad del análisis de EOF. Como un patrón secundario de variabilidad interanual se distingue una fluctuación opuesta entre la región al norte y al sur de ~36°S en las 4 variables señaladas.

El ACP permitió discriminar las especies de eufáusidos asociadas a las regiones costera y oceánica. La TSM y la clorofila están fuertemente asociadas al gradiente zonal costa-océano, y son las variables que más se asocian con la distribución de las siete especies de eufáusidos más abundantes. De esta manera las principales especies costeras *E. mucronata* y *N. megalops* se encontraron principalmente asociadas a aguas frías y productivas, en tanto las especies oceánicas *S. carinatum*, *E. gibboides*, *S. abbreviatum* y *E. recurva*, se observaron en aguas más cálidas y con baja concentración de clorofila. La energía cinética y el nivel del mar no muestran un patrón muy claro en relación a la distribución de los eufáusidos.

Desde 2007 hasta la fecha se observa una condición ambiental caracterizada por altos niveles de clorofila, y anomalías negativas de temperatura y nivel del mar, el cual puede ser vinculado con la condición fría que prevalece en el Pacífico ecuatorial a partir de dicho año (Figura 102). Esta condición fría podría estar favoreciendo la alta abundancia de *E. mucronata* y *N. megalops*, especies vinculadas a aguas con alta biomasa fitoplanctónica.

11. DISCUSIÓN GENERAL

En la región centro-sur de Chile se han desarrollado dos importantes pesquerías nacionales, la pesquería pelágica del jurel chileno y la pesquería demersal de la merluza común (Serra 1991, Gretchina 1992, 1998, Aguayo 1995, Payá 2003), posibilitando capturas centradas en el sector costero y oceánico entre los 35° y los 42°S. En estos sistemas de borde oriental (región de estudio), la variabilidad del ambiente está acoplada a las escalas estacional e interanual moduladas principalmente por la manifestación cálida/fría de eventos El Niño/La Niña y su efecto hacia latitudes intermedias (Strub *et al.* 1998, Blanco *et al.* 2001, 2002, Arcos *et al.* 2001, Escribano *et al.* 2004), y por dinámica intra-anual del proceso de surgencia (Saavedra 1980, Bakun & Nelson 1991, Leth 2000, Rutland *et al.* 2004), que promueve la producción planctónica, su disponibilidad hacia la trama trófica, posibilitando el sostener altos niveles de abundancia de especies pelágicas y demersales, modulando en último término la estructura de estos sistemas y la distribución espacial y temporal de las especies (Alheit & Bernal 1993, Bakun 1996).

En esta región, los eufáusidos constituyen un grupo importante en el zooplancton local, principalmente como canalizadores de la producción primaria a eslabones superiores de la trama alimentaria (Fernández *et al.* 2002, Antezana 2006). Los eufáusidos, en general forman agregaciones densas (Sameoto 1982, 1983, Simard *et al.* 1986, Simard & Mackas 1989, Hewitt & Demer 1993), siendo presas importantes de vertebrados marinos y posibilitando la agregación de predadores (Simard & Lavoie 1999, Hewitt & Demer 2000). En este contexto, estos zooplancteres constituyen la principal presa en la dieta de los recursos pesqueros jurel, merluza común y merluza de cola en la región central y sur de Chile, y muchas veces también de su fauna concurrente (Cubillos *et al.* 1998, Contreras 2003, Antezana 2006).

La alimentación omnívora de este grupo le permite a este grupo de zooplancteres acceder y utilizar una amplia oferta ambiental de alimento, y por ende, acoplarse a

las fluctuaciones ambientales de alimento, alcanzando tamaños más grandes y mayores expectativas de vida (≈ 1 año) que otros componentes del zooplancton, así como modular el efecto de la variabilidad estacional y distribuir la energía hacia niveles tróficos superiores durante todo el año (Pillar *et al.* 1992).

Los resultados revelan que las presas mayormente predadas por jurel, merluza de cola y merluza común son principalmente los eufáusidos, peces y otros crustáceos. La dominancia de los eufáusidos en la dieta de jurel, merluza de cola y merluza común que se ha informado en este Informe Final, coincide con la reportada a través de los años por diversos autores para la región costera frente a Chile centro-sur (Arancibia *et al.* 1995, Pool *et al.* 1997, Miranda *et al.* 1998, Cubillos *et al.* 2003, Rebolledo *et al.* 2005, Bustos *et al.* 2006). En relación al canibalismo en merluza común (13,43%), nuestros resultados son inferiores a los informados para la misma especie por Cubillos *et al.* (2003) quienes reportan un valor de 26,4%. La escasa variabilidad en el comportamiento alimentario de jurel (en base a la identificación de la presa principal) es confirmado por las series interanuales de indicadores tróficos presentadas aquí para el período 1992-2008, que evidencian a los eufáusidos como un ítem principal en la dieta de estos recursos pelágicos y demersales considerados importantes componentes del sistema de surgencia de Chile centro-sur (Inpesca datos no publicados). El método de Sainsbury (1986) ha demostrado ser una aproximación adecuada a la dinámica de la alimentación de peces con un ciclo de alimentación diario. Nuestros resultados indicaron un ciclo de alimentación de 7 horas para merluza común y de 8 horas para jurel, lo que concuerda con lo sostenido recientemente por Arancibia & Aedo (en revisión) para la alimentación de eufáusidos, eminentemente nocturna. Sin embargo cuando el consumo es realizado sobre peces pelágicos y demersales (consumo diurno), el ciclo diario ha sido calculado en 12 horas (Meléndez 1984, Arancibia & Fuentealba 1993).

En términos de la ración diaria, se evidencia para merluza común mayores valores en otoño ($3,64 \text{ g d}^{-1}$) y en primavera ($2,54 \text{ g d}^{-1}$), resultado que es similar a lo reportado por Tasherri *et al.* (1999) quienes informan valores altos en el período primaveral ($10,78 \text{ g d}^{-1}$). Para el caso del jurel, los valores más altos de ración diaria

fueron detectados en invierno ($2,45 \text{ g d}^{-1}$), los que son similares a los informados recientemente para los meses de Junio-Julio por Arancibia & Aedo (en revisión).

Por su parte, la razón consumo-biomasa (Q/B) anual para el jurel informada en este documento, alcanzó el valor de 3,94, lo que significa que el jurel consume ~4 veces su peso corporal en el año. Este valor es similar a lo reportado por Arancibia et al. (1998) quienes informan un Q/B anual para el ítem eufáusidos en jurel de entre 3,36 y 4,13, aunque el mismo estudio revela un Q/B mayor al estimarlo mediante el modelo talla-edad (~4,96). La diferencia con respecto a los valores presentados acá (levemente menores) puede tener una base de explicación en relación la menor presencia de eufáusidos en los contenidos gástricos de jurel, los que provinieron preferentemente de la región oceánica de Chile centro-sur durante gran parte del año 2008.

Para el caso de los grupos zooplanctónicos mayores, los resultados reportados en este Informe Final sobre diversidad y distribución espacial y temporal, además de biomasa zooplanctónica, en relación con la dominancia numérica de los copépodos, la variación zonal (costa-océano) y las fluctuaciones intra- e interanuales de los taxa dominantes (incluyendo eufáusidos), son consistentes con el análisis zooplanctónico informado en trabajos anteriores realizados frente al sector Chile central (Arcos 1987, Núñez 1995, Escribano *et al* 2007, Instituto de Fomento Pesquero 1992-1994 datos no publicados). Por su parte, la variación zonal positiva a la costa en los valores de biomasa zooplanctónica fueron concordantes con lo señalado por Arcos (1984) y Núñez (1995) para el plancton recolectado frente a Concepción, así como también de la variación intra-anual de esta variable en relación a los mayores valores de biomasa zooplanctónica en la estación de primavera.

En el caso de los eufáusidos, no obstante la importancia que tiene en la dinámica trófica del sistema costero y oceánico frente a las costas de Chile centro-sur, este grupo ha sido escasamente estudiado en Chile, quedando relacionados principalmente con su distribución espacio-temporal y su diversidad (Antezana 1978, Escribano et al. 2000, Antezana 2002, Fernández et al. 2002, Linacre & Palma 2004, Mujica *et al* 2008), pero no se han realizado estudios vinculados a la

dinámica poblacional de estos animales, y menos respecto de sus tasas de crecimiento y producción.

En el sistema de estudio, claramente *E. mucronata* constituye una especie clave para el traspaso de carbono desde el fitoplancton hacia la producción pesquera. Sus altos niveles de biomasa, alta producción en biomasa y reproducción continua a través del ciclo anual, le confieren a esta especie un rol ecológico fundamental no sólo en la zona de surgencia, sino también en el área oceánica adyacente al sistema de surgencia. En este contexto, en la región centro-sur de Chile se verifica un incremento importante de la energía cinética producto de filamentos de surgencia, corrientes de meandros y remolinos de mesoescala que se propagan hacia el océano interior sirviendo como un mecanismo de exportación de masa y energía (Batteen *et al.* 1995, Hormazábal *et al.* 2004, Correa *et al.* 2007, Morales *et al.* in press), cuyo rol ecológico no ha sido estudiado en profundidad en esta región, no obstante se han mostrado evidencias de acoplamiento con la distribución espacio-temporal de peces (Hormazábal *et al.* 2004). Posiblemente *E. mucronata* hace uso del transporte lateral de fitoplancton inducido por efectos advectivos de la surgencia, y por el transporte asociado a remolinos de mesoescala hacia la zona de transición costera, por lo que peces pelágicos pueden depredar sobre la población de *E. mucronata*, incluso a distancias superiores a 200 mn desde la costa.

La dominancia de *E. mucronata* en toda la zona de estudio permite esperar que la biomasa total del grupo de los eufáusidos en conjunto sea en gran parte controlado por esta única especie, de tal manera que si *E. mucronata* representa ~50% la abundancia de todos los eufáusidos en toda la zona de estudio, entonces la biomasa global de eufáusidos podría alcanzar valores de hasta 100 mg C m⁻², con una producción total anual cercana a los 100 g C m⁻² año⁻¹, estimaciones que pueden ser incrementadas si se analiza solamente la región costera donde *E. mucronata* alcanzó una dominancia mucho más importante a través del ciclo anual.

Esta tasa integrada a través del año implica una producción anual de 47,39 g C m⁻² año⁻¹. Al transformar estos valores a unidades de g m⁻², considerando un factor de conversión de carbono del 40% y un total de 95% de contenido de agua, se obtiene un valor de 146,6 g m⁻² (como peso húmedo), valor que es consistente en términos

del mismo orden de magnitud, con lo estimado en este documento como densidad acústica de eufáusidos para el área y período estudiado ($\sim 373,5 \text{ g m}^{-2}$).

Al comparar las tasas de producción de *E. mucronata* con otras especies similares en regiones de surgencia (e g., *E. pacifica* $\sim 13,1 \text{ m C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, Iguchi & Ikeda, 1999), se puede establecer que, en unidades similares y para una capa de 200 metros de profundidad, *E. mucronata* tiene una producción anual de $240 \text{ mg C m}^{-3} \text{ año}^{-1}$, es decir *E. mucronata* puede producir biomasa cerca de 18 veces más que su especie similar en California durante un ciclo anual. Por otra parte, la tasa máxima de crecimiento en biomasa del Krill Antártico, *Euphausia superba*, puede llegar a ser $5.5\% \text{ d}^{-1}$ (Atkinson *et al.*, 2006). La población de *E. mucronata*, presumiendo una edad estructurada, puede llegar a tener una tasa diaria de crecimiento en biomasa de $0,26 \text{ d}^{-1}$, y esto implica un incremento máximo en biomasa de hasta 26% por día. Ambas especies no son comparables en su ecología, pero nos entrega una idea de la alta magnitud del crecimiento de *E. mucronata* en comparación a otros eufáusidos. También es difícil pensar que la tasa máxima sea sostenible en el tiempo, dado que la estructura de edad cambia estacionalmente, pero se puede deducir de manera conservativa que una tasa modal de crecimiento diario en biomasa puede ser cercana al 10%. Estas estimaciones son consistentes con los valores observados de biomasa y la razón P/B cercana a 8 en la zona de surgencia.

12. CONCLUSIONES

12.1. Diversidad y distribución del zooplancton (con énfasis en eufáusidos)

- La composición y abundancia de los grupos mayores del zooplancton en 638 muestras revisadas reveló 32 taxa o formas distintas, 19 de ellos pertenecientes al holoplancton y 13 taxa al meroplancton. De estos taxa, siete muestran abundancias relativas sobre el 1%, destacando los copépodos (71,1%). Los eufáusidos evidenciaron mayores densidades hacia el océano costero y hacia la estación verano-otoño.
- La biomasa zooplanctónica total fluctuó entre los 0,11 – 516,4 g 1000 m⁻³, con un valor promedio para todos los datos de 7,8 ± 38,31 g 1000 m⁻³. La biomasa zooplanctónica total evidenció mayores valores promedio para la región costera y una disminución importante hacia las estaciones oceánicas del área de estudio, así como mayores valores promedio en la estación invernal y en la primavera, y una disminución importante hacia el otoño.
- El análisis de 674 muestras planctónicas reveló la presencia de 22 especies de eufáusidos: 8 especies del género *Euphausia* (*E. mucronata*, *E. gibba*, *E. gibboides*, *E. recurva*, *E. similis*, *E. mutica*, *E. spinifera* y *E. diomedea*), 2 especies de *Nematoscelis* (*N. megalops*, *N. atlantica*), 3 del género *Thysanoessa* (*T. gregaria*, *T. orientalis*, *T. obstusifrons*), 1 especie de *Nematobrachion* (*N. flexipes*), 1 especie de *Thyssonopoda* (*T. astylata*), y 7 especies del género *Stylocheiron* (*S. abbreviatum*, *S. carinatum*, *S. longicorne*, *S. affine*, *S. elongatum*, *S. maximum*, *S. suhmi*). Destaca *E. mucronata* como la especie dominante en el área y período de estudio con un 63,5% del total de eufáusidos contabilizados.
- La distribución espacial de las especies de eufáusidos dominantes, verifica patrones de distribución zonal distintos, con *E. mucronata* claramente agregada hacia la región costera, al igual que *N. megalops* y, por el contrario, *S. abbreviatum*, *S. carinatum*, *E. recurva* y *E. similis* muestran una distribución significativamente más oceánica, con muy bajo porcentaje de estaciones positivas en la zona costera. *T.*

gregaria muestra densidades importantes a lo largo del gradiente zonal, verificándose en ambos ambientes.

- La biomasa de *E. mucronata* reveló un gradiente zonal positivo a la costa donde muestra un promedio 1,10 mg C m⁻³, representando el 67,9% de la biomasa de la especie en todas las muestras, y sólo un 20,8% (0,39 mg C m⁻³) en la región oceánica. La biomasa de *E. mucronata* muestra máximos en los meses de Mayo, Junio y Noviembre de 2008, alcanzando 1,5, 1,3 y 5,9 mgC m⁻³, y biomásas centradas ~0,4-0,5 mgC m⁻³ para el resto de la serie de tiempo.

- Los estadios de desarrollo de eufáusidos reportaron una mayor contribución de los huevos (43,1%) en la región costera, en contraste con las bajas abundancias de furciliás y adultos (7,2 y 7,7%, respectivamente). En cambio, en la región oceánica las furciliás fueron más abundantes (32,5%). En la escala temporal, adultos y furciliás se reportaron a lo largo de toda la serie, en tanto que los huevos, nauplios y calyptopis tuvieron una distribución más restringida a los períodos de primavera y verano, especialmente en la región costera.

- La composición de tamaños de los eufáusidos costeros en el primer y segundo trimestre de 2008 fue polimodal, con dos o más modas, mientras que el tercer trimestre, la composición de tamaños fue aproximadamente unimodal. En la zona intermedia, la composición de tamaños de los eufáusidos fue altamente sesgada hacia la izquierda en el primer trimestre de 2008, con una elevada proporción de ejemplares menores a 7 mm LT situación similar a lo encontrado en el sector oceánico para el mismo período.

- La biomasa acústica de eufáusidos fluctuó entre 48 millones de toneladas en el segundo trimestre de 2008 y 60,8 millones de toneladas en el tercer trimestre. En el primer trimestre alcanzó a 58,1 millones de toneladas. La distribución espacial de la densidad de eufáusidos en el primer y segundo trimestre de 2008 mostró valores más altos en el sector costero que en la zona intermedia y oceánica, observándose un gradiente longitudinal decreciente hacia el océano abierto, situación contraria a lo observado en el tercer trimestre donde se verificó un gradiente positivo al océano.

12.2. Biomasa y producción de biomasa de eufáusidos

- *E. mucronata* constituye la especie numéricamente dominante dentro de los eufáusidos para toda la región centro-sur de Chile, incluyendo las áreas costeras y oceánicas con una abundancia relativa cercana al 70%.

La biomasa estimada de *E. mucronata* para toda la región centro-sur de Chile fluctúa en el rango de 15 a 42 mg C m⁻³. Esta biomasa puede llegar a representar hasta el 95% de la biomasa total de eufáusidos sobre la plataforma continental, en la región de surgencia de Chile centro-sur.

Para un ciclo anual y toda la región de estudio, *E. mucronata* presentó una tasa promedio de producción en biomasa de 0,11 g C m⁻² d⁻¹ con un coeficiente de variación de 44%. Esta tasa integrada a través del año implica una producción anual de 47,39 g C m⁻² año⁻¹. Esta producción y crecimiento de *E. mucronata* son sustancialmente mayores que aquellos estimados para otros eufáusidos en otras regiones.

- Estos resultados constituyen la primera estimación de crecimiento y producción de biomasa de una especie de eufáusidos para la costa chilena.

12.3. Indicadores tróficos y consumo de eufáusidos por recursos pesqueros

- El análisis de los contenidos gástricos de ejemplares de jurel, merluza común y merluza de cola durante el año 2008, reveló al grupo de los eufáusidos como la presa recurrente. Esto fue también válido al estudiar las variaciones interanuales de la dieta de estos recursos para el período 1992-2008.

- La ración diaria para jurel y merluza común en el periodo de estudio reportó valores anuales de 2,9 g d⁻¹ y 4,8 g d⁻¹, respectivamente.

- El consumo poblacional para el recurso de jurel indicó que los eufáusidos fueron consumidos en un 76,36% del total de presas, y *E. mucronata* se reportó en un 37,58%. Lo anterior implica un total de 8,80 millones de toneladas de eufáusidos consumidos, considerando la biomasa de jurel evaluada para el año 2008. Para el

caso de merluza común, el consumo de eufáusidos fue de 349100 toneladas (17,3% del total de presas). Por su parte, para merluza de cola el consumo de eufáusidos fue de un 80,7 % del total de presas, esto es, 701.155 toneladas de eufáusidos consumidos.

12.4. Variabilidad ambiental en la región de estudio

- La variabilidad oceanográfica dominante en la zona centro-sur de Chile se establece en la escala estacional, fuertemente vinculada al ciclo estacional del viento que determina una estación de surgencia (primavera-verano) y una estación de convergencia (otoño-invierno).

- En la escala interanual, la variabilidad ambiental está principalmente vinculada al ENOS. Durante periodos El Niño (La Niña) se registran anomalías positivas (negativas) de TSM y NM, y anomalías negativas (positivas) del viento meridional favorable a la surgencia. La señal del ENOS es menos marcada en la clorofila costera, no obstante se observa un predominio de anomalías negativas durante los eventos El Niño/La Niña más intensos.

- Las variables ambientales exhiben importantes diferencias entre las regiones costeras al norte y al sur de 37°S. Este cambio es evidente en la banda estacional, fuertemente relacionado con el patrón del viento costero, y menos intenso en la banda interanual, reflejado en la segunda componente del análisis EOF.

- La distribución de las especies de eufáusidos está principalmente relacionada con los variables TSM y clorofila. *E. mucronata* y *N. megalops* se encontraron principalmente asociadas a aguas frías y más productivas, en tanto las especies oceánicas *S. carinatum*, *E. gibboides*, *S. abbreviatum* y *E. recurva*, se observaron en aguas más cálidas y con baja niveles de clorofila. La energía cinética y el nivel del mar no muestran un patrón muy claro en relación a la distribución de los eufáusidos.

13. REFERENCIAS CITADAS

- Acuña, E., G. Conan, L. Cid, R. Alarcón & L. Cubillos. 2003. Evaluación directa de langostino colorado entre la III y IV Regiones, Año 2003. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2003-03, 141 pp.
- Acuña, E., J.C. Villarroel & M. Andrade. 2005a. Distribución espacio temporal de las agregaciones de jurel (*Trachurus murphyi*) en la IV Región, temporada 2004. Informe Final Pesca de Investigación Resolución SUBPESCA N° 114, Depto. de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, 80 pp.
- Alheit, J. & P. Bernal. 1993. Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt Current System. In: Large Marine Ecosystems. (Eds. Sherman K., L. M. Alexander & B. D. Gold), pp. 53-68. American Association for the Advancement of Science Press, Washington D.C.
- Antezana, T. 1970. Eufáusidos de la costa de Chile. Su rol en la economía del mar. *Rev. Biol. Mar.*, 14: 19-27.
- Antezana, T. 1978. Distribution of euphausiids in the Chile-Peru Current with particular reference to the endemic *E. mucronata* and the oxygen minimum layer. (Ph.D. Thesis, Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego). *Dissert. Abstr. int.*, 39 (8): 1-476.
- Antezana, T. 1981. Zoogeography of Euphausiids of the eastern pacific ocean. En UNESCO (ed). *Memorias del Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plancton*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, ROSTLAC, Montevideo, 5-23 pp.
- Antezana, T. & E. Brinton. 1981. Euphausiacea. En: D. Boltovskoy (ed.). *Atlas del zooplankton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino*. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, pp. 681-698.
- Antezana, T. 1985. Euphausiids, pp. 71-87. In Fischer, W. and J. C. Hureau. (eds.). *FAO Species identification sheets for fishery puposes*. Southern Ocean. Rome. FAO.Vol. 1:232 pp.
- Antezana, T. 2002. Distribution and diel migration of *Euphausia mucronata* in the oxygen minimum layer of the Humboldt Current. In: J. FÄRBER LORDA (ed.), *Oceanography of the eastern Pacific*, 2: 13-28. (Editorial CICESE, Ensenada).

- Antezana, T. 2006. *Euphausia mucronata* a keystone herbivore and prey of the Humboldt current. P. 51. Book of Extended Abstract. International Conference The Humboldt Current System: Climate, Ocean dynamics, Ecosystems Processes, and Fisheries, Lima-Peru, November 27-December 1st, 2006.
- Antezana, T. & C. Melo. 2008. Larval development of Humboldt Current Krill *Euphausia mucronata* G.O. Sars, 1883 (Malacostraca, Euphausiacea) *Crustaceana* 81(3): 305-328.
- Arancibia, H. & R. Meléndez. 1987. Alimentación de peces concurrentes en la pesquería de *Pleuroncodes monodon* Milne Edwards. *Invest. Pesq. (Chile)* 34, 113-128.
- Arancibia, H. 1989. Distribution patterns, trophic relationships and stock interactions in the demersal fish assemblage off central Chile. Dr. rer. nat. Tesis. University of Bremen, RFA, 221 pp.
- Arancibia, H. & M. Fuentealba. 1993. Análisis de la alimentación en *Merluccius gayi gayi* (Guichenot, 1848) de Chile central, en el largo plazo. *Biol. Pesq.* 22, 5-11.
- Arancibia, H.; L. Cubillos, D. Arcos, A.S. Grechina & L. Vilugrón. 1995. The fishery of horse mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi*) in the south Pacific Ocean, with notes on the fishery off central-southern Chile. *Sci. Mar.* 59(3-4): 589-596.
- Arancibia, H., L. Miranda, S. Núñez, G. Vásquez & E. Yáñez. 1995. Determinación de las relaciones tróficas en el recurso jurel. En: Arancibia, H., L. Vilugrón y D. Arcos (Eds.). Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 018-93. Organismo ejecutor: Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A.
- Arancibia, H., M. Catrileo & B. Fariás. 1998. Evaluación de la demanda de alimento en merluza común y análisis de su impacto en pre-reclutas. Informe Final Proyecto FIP N° 95-17, Universidad de Concepción, Fondo de Investigación Pesquera (FIP), Informe Técnico IT/95-17, 93 pp.
- Arcos, D.F. 1975. Copépodos calanoideos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. *Gayana (Zoología)*, N° 32. Universidad de Concepción.
- Arcos, D.F., L.A., Cubillos & S. Núñez. 2001. The jack mackerel fishery and El Niño effects off Chile. *Progress in Oceanography*, 49: 597-617.
- Arcos, D., L. Cubillos & S. Núñez. 2004. Efectos de El Niño 1997-1998 sobre las principales pesquerías pelágicas de la zona centro-sur de Chile, pág: 153-177. En: S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutland y E. Yáñez (eds). *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus efectos en Chile*. CONA, Valparaíso, Chile.

- Atkinson, A., R.S. Shreeve & A.G. Hirst. 2006. Natural growth rates in Antarctic krill (*Euphausia superba*): II. Predictive models based on food, temperature, body length, sex, and maturity stage. *Limnol. Oceanogr.* 51, 2006, 973–987
- Baker, A., B.P. Boden & E. Brinton. 1990. A practical guide of the euphausiids of the world. Natural History Museum Publications, London. 96 pp.
- Bakun, A. 1975. Daily and weekly upwelling indices, west coast of North America, 1967-1973. U.S. Dep.Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-SSRS-693. 113.
- Bakun, A. & C. S. Nelson. 1991. The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *Journal of Physical Oceanography.* 21: 1815 - 1834.
- Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean. Ocean process and population dynamics. Roma, Italia. 323 pp.
- Batteen, M., P. Hu, J. Bacon & C. Nelson. 1995. A numerical study of effects of wind forcing on the Chile counter current system. *Journal Oceanography Society of Japan.* 51: 585-614.
- Bez, N., 2002. Global fish abundance estimation from regular sampling: the geostatistical transitive method. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science.* 59: 1921-1931
- Bez, N. & J. Rivoirard. 2001. Transitive geostatistics to characterize spatial aggregations with diffuse limits: an application on mackerel ichthyoplankton. *Fish. Res.* 50: 41–58.
- Bjonberg, T.S.K. 1981. Copepoda. En: Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino (D. Boltovskoy, Ed.). Publicación especial de INIDEP, Mar del Plata, Argentina. pp: 587-680.
- Blanco, J.L., A.C. Thomas, M.E. Carr & P.T., Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. *Journal of Geophysical Research* 106, 11451–11467.
- Blanco, J.L., M.E. Carr, A.C. Thomas & P.T., Strub. 2002. Hydrographic conditions off northern Chile during the 1996–1998 La Niña and El Niño. *Journal of Geophysical Research* 107 (C3).
- Boltovskoy, D. (Ed). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial de INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 936 p.
- Bougies. P. 1974. Ecologie du plancton marin. II. Le zooplankton. 200 pp.

- Brierley, A.S., P. Ward, J.L. Watkins & C. Goss. 1998. Acoustic discrimination of Southern Ocean zooplankton. *Deep-Sea Research II*, 45: 1155-1173.
- Brierley, A.S., P.G. Fernandes, M.A. Brandon, F. Armstrong, N.V. Millard, S.D. McPhail, P. Stevenson, M. Pebody, J.R. Perrett, M. Squires, D. Bone, & G. Griffiths. 2002. An investigation of avoidance by Antarctic krill of RRS James Clark Ross using the Autosub-2 autonomous, underwater vehicle. *Fisheries Research*, 1448: 1-8.
- Brinton, E. 1975. Euphausiids of Southeast Asian waters. Scientific results of marine investigation of the South China Sea and the Gulf of Thailand. 1959-1961. *Naga Report Vol. 4 Part 5*. 287 p.
- Bustos, L., 2006. Alimentación de jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*), en la zona centro-sur de Chile. *Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP)*, Talcahuano, 14 (9): 1-17.
- Cáceres, M. 1992. Vórtices y Filamentos Observados en imágenes de Satélite Frente al Área de surgencia de Talcahuano, Chile Central (33-38.5° S). *Invest. Pesq. (Chile)*, 37: 55-66
- Chaigneau, A. & O. Pizarro. 2005: Surface circulation and fronts of the South Pacific Ocean, east of 120°W. *Geophysical Research Letters*, 32, L08605 10.1029/2004GL022070.
- Chirichigno N. 1974. Clave para Identificar los Peces Marinos del Perú. Informe Instituto del Mar del Perú, Callao 46:109.
- Chu, D., K.G. Foote & T.K. Stanton. 1993. Further analysis of target-strength measurements of Antarctic krill at 38 and 120 kHz: comparison with deformed-cylinder model and inference of orientation distribution. *Journal of Acoustical Society of America*, 93(5): 2985e2988.
- Conway, D. V. P. 2006. Identification of the copepodites developmental stages of 26 north Atlantic copepods. *Marine Biological Association Occasional Publications N°21*, 25 p.
- Correa-Ramírez M., S. Hormazábal & G. Yuras. 2007. Mesoscale eddies and high chlorophyll concentrations off central Chile (29°–39°S). *Geophysical Research Letters* 34, L12604, doi: 10.1029/2007gl029541.
- Cressie, N.A.C. 1993 *Statistics for spatial data*. Wiley, New York.
- Cubillos, L., A. Hernández, L. Vilugrón, L. Miranda, R. Alarcón, C. Pino & A. Sepúlveda. 1998. Estudio biológico-pesquero de merluza de cola en el área de distribución de la pesquería pelágica centro-sur. Informe Final Proyecto FIP 96-19, Fondo de Investigación Pesquera, 158 pp.

- Cubillos, L.A., H. Rebolledo & A. Hernández. 2003. Prey composition and estimation of Q/B for the Chilean hake, *Merluccius gayi* (Gadiformes-Merluccidae), in the central-south area off Chile (34°-40°S). *Arch. Fish. Mar. Res.*, 50(3): 271-286.
- Daneri, G., V. Dellarossa, R. Quiñones, B. Jacob, P. Montero & O. Ulloa. 2000. Primary production and community respiration in the Humboldt Current System off Chile and associated oceanic areas. *Marine Ecology Progress Series* 197, 41-49.
- Demer, D.A. & S.G. Conti. 2003. Reconciling theoretical versus empirical target strengths of krill; effects of phase variability on the distorted-wave Born-approximation. *ICES Journal of Marine Science*, 60(2): 429-434.
- Demer, D.A. & S.G. Conti. 2005. New target strength model indicates more krill in the Southern Area. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 25-43.
- Deutsch, C.V. & A.G. Journel. 1998. *GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide*. 2nd Ed. Oxford University Press, New York. 369 p.
- Endo, Y. 1993. Orientation of Antarctic krill in an aquarium. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(3): 465-468.
- Enfield, D. 1989. El Niño, past and present. *Reviews of Geophysics*, 27:159-187.
- Englund, E. & A. Sparks. 1988. *GEO-EAS (geostatistical environmental assessment software) user's guide*. U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, Nev.
- Ermolovich, C. & L. Gardina. 1994. Alimentación del jurel. En: D. Arcos & A.S. Grechina (Eds.). *Biología y Pesca Comercial del jurel en el Pacífico Sur*. Instituto Investigación Pesquera. Editora Aníbal Pinto. 204 p.
- Escobar, P. 2007. Estimación de la biomasa acústica de jurel *Trachurus murphyi* (Nichols, 1920) por estrato de profundidad frente a Chile central mediante un enfoque geoestadístico. Seminario de Título para optar al Título Profesional de Biólogo Marino. Universidad de Concepción, Chile. 56 pp.
- Escribano, R. & I.A. McLaren. 1999. Production of *Calanus chilensis* from the upwelling area of Antofagasta, northern Chile. *Marine Ecology Progress Series* 177:147-156.
- Escribano, R., Marín, V. & C. Irribarren. 2000. Distribution of *Euphausia mucronata* at the upwelling area of Peninsula Mejillones: the influence of the oxygen minimum layer. *Scientia Marina*. 64: 69-77.
- Escribano, R., G. Daneri, L. Fariás, V. A. Gallardo, H.E. González, D. Gutierrez, C. Lange, C. E. Morales, O. Pizarro, O. Ulloa & M. Braun. 2004. Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in the Chilean coastal upwelling system: a synthesis. *Deep-Sea Research II* 51 (2004) 2389-2411.

- Escribano, R., P. Hidalgo, H. González, R. Giesecke, R. Riquelme-Bugueño & K. Manríquez. 2007. Seasonal and inter-annual variation of mesozooplankton in the coastal upwelling zone off central-southern Chile. *Progress in Oceanography*, 75: 470-485.
- Escribano, R., P. Hidalgo & C. Krautz. 2009. Zooplankton associated with the oxygen minimum zone system in the northern upwelling region of Chile during March 2000. *Deep Sea Research, Part II, The Oceanography of the eastern South Pacific*. (En prensa)
- Everson, I. 1982. Diurnal variations in mean volume-backscattering strength of an Antarctic krill (*Euphausia superba*) patch. *Journal of Plankton Research*, 4(1): 155e162.
- Fagetti, E. 1962. Catálogo de los copépodos planctónicos chilenos. *Gayana (Zoología)*, 4: 1-60.
- Fernández, D., R. Escribano & P. Hidalgo. 2002. Distribución de eufáusidos en el sistema de surgencia frente a la península de Mejillones (23°S) asociada a condiciones previas y durante El Niño 1997-98. *Invest. Mar.*, 30(1): 25-43.
- Foote, K. G., H. P. Knudsen, G. Vestnes, D. N. MacLennan, & E. J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Cooperative Research Report No. 144. 69 pp.
- Foote, K.G. & H.P. Knudsen. 1994. Physical measurement with modern echo integrators. *J. Acoust. Soc. Japan.*, 15: 393-395
- Foote, K.G. & T.K. Stanton. 2000. Acoustic methods. En: *Zooplankton Methodology Manual*. Ed. R.P. Harris., P.H. Wiebe., J. Lenz., H.R. Skjoldal y M. Huntley. Academic Press, London. 223-258 pp.
- García-Godos, I. 2001. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. *Instituto del Mar del Perú Vol. 20 (1-2)*. pp. 1:84.
- Gibbons, M.J., V. Spiridinov & G. Tarling. 1999. Euphausiacea. En: D. Boltovskoy (ed.). *South Atlantic Zooplankton*. Backhyus Publishers, Leiden, pp. 1241-1279.
- Glantz, M. 1996. *Corrientes de cambio: El impacto de El Niño sobre el clima y la sociedad*. Cambridge University Press, Cambridge, 141 pp.
- Gómez F, A. Montecinos, S. Hormazábal, G. Yuras G, L. Cubillos & F.L. Chavez (en revisión) Connecting fish abundance with remote sensing of chlorophyll in eastern boundary upwelling systems.
- Grechina, A. 1992. Historia de investigación y aspectos básicos de la ecología del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en alta mar del Pacífico Sur. En: H.

- Arancibia y L. Cubillos (eds.). Documento Técnico. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, 1(2): 1-47.
- Grechina, A. 1998. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en alta mar del Pacífico Sur. En Arcos, D (ed). *Biología y ecología del jurel en aguas chilenas*. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, 11-34 pp.
- Greene, C.H., T.K. Stanton, P.H. Wiebe & S. McClatchie. 1991. Acoustic estimates of Antarctic krill. *Nature*, 349: 110.
- Griffiths, F. B. G. H. Brown, D.D. Ried & R.R. Parker. 1984. Estimation of sample zooplankton abundance from Folsom splitter sub-samples. *J. Plank. Res.*, 6(5):721-731.
- Grob, C., R. Quiñones & D. Figueroa. 2003. Cuantificación del transporte de agua costa-océano a través de filamentos y remolinos ricos en clorofila-a en el centro-sur de Chile (35,5 – 37,5°S). *Gayana*, 67(1):55-67.
- Hamner, W. M., P. P. Hamner, S. W. Strand & R. W. Gilmer. 1983. Behaviour of Antarctic krill, *Euphausia superba*: chemoreception, feeding, schooling and molting. *Science*, 220: 433-435.
- Harris, R.P., P.H. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjodal & M. Huntley. 2000. *Zooplankton methodology manual*. Academic Press. 684 p.
- Hewitt, R. P. & D.A. Demer. 1991. Krill Abundance. *Nature*, 353: 310.
- Hewitt, R.P. & D.A. Demer. 1993. Dispersión and abundante of Antarctic krill in the vicinity of Elephant Island in the 1992 austral summer. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 99: 29-39.
- Hewitt, R.P. & D.A. Demer. 2000. The use of acoustic sampling to estimate the dispersion and abundance of euphausiids, with an emphasis on Antarctic Krill, *Euphausia superba*. *Fish. Res.*, 47: 215-229.
- Holliday, D.V., P.L. Donaghay, C.F. Greenlaw, D.E. McGehee, M.M. McManus, J.M. Sullivan & J.L. Miksis. 2003. Advances in defining fine- and micro-scale pattern in marine plankton. *Aquat. Living Resour.*, 16: 131-136.
- Hormazábal, S., G. Shaffer, J. Letelier & O. Ulloa. 2001. Local and remote forcing of sea surface temperature in the coastal upwelling system off Chile. *Journal of Geophysical Research*, 106, 16657-16672.
- Hormazábal, S., S. Núñez, D. Arcos, F. Espindola & G. Yuras. 2004. Mesoscale eddies and pelagic fishery off central Chile (33-40°S). *Gayana* 68 (2), 291-296.

- Hormazábal, S, G. Shaffer & O. Leth. 2004. Coastal transition zone off Chile. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 109.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17: 411-429.
- Iguchi, N. & T. Ikeda. 1995. Growth, metabolism and growth efficiency of a euphausiid crustacean *Euphausia pacifica* in the southern Japan Sea, as influenced by temperature. *J. Plankton Res.* 17: 1757-1769.
- Iguchi, N. & T. Ikeda. 1998. Elemental composition (C, H, N) of a euphausiid *Euphausia pacifica* in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Plankton Biol. Ecol.* 1998; 45: 27-32.
- Iguchi, N. & T. Ikeda. 1999. Production metabolism and P:B ratio of *Euphausia pacifica* (Crustacea: Euphausiacea) in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Plankton Biol. Ecol.* 1999; 46: 68-74.
- Isaaks, E.H. & R.M. Srivastava. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York. 561 p.
- Kils, U. 1981. The swimming behaviour, swimming performance and energy balance of Antarctic krill *Euphausia superba*. *BIOMASS Scientific Series No. 3*. 122 pp.
- Kirsch, J., G.L. Thomas & R.T. Cooney. 2000. Acoustic estimates of zooplankton distributions in Prince William Sound, spring 1996. *Fish. Res.*, 47: 245-260.
- Klyashtorin, L. 1998. Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. *Fish. Res.* 37:115-125.
- Kristensen, A. & J. Dalen. 1986. Acoustic estimation of size distribution and abundance of zooplankton. *JASA*. 80, 601-611.
- Konchina, Y. 1980. The Peruvian jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi*, a facultative predator in the coastal upwelling ecosystem. *J. Ichthyol.* 20(5): 46-59.
- Journel, A.G. & C.J. Huijbregts. 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press, London.
- Leth, O. 2000. Ocean circulation in the Eastern South Pacific: an observational and numerical modelling study. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Ph. D. at the Niels Bohr Institute for Astronomy, Physics and Geophysics. Faculty of Science. University of Copenhagen. 175 pp.
- Leth, O. & G. Shaffer. 2001. A Numerical Study of the Seasonal Variability in the Circulation off Central Chile. *J. Geophysical Res.*, vol. 106, no. C10, 22,229 - 22,248, October

- Linacre, L. & S. Palma. 2004. Variabilidad espacio-temporal de los eufáusidos frente a la costa de Concepción, Chile. *Investig. mar.*,32:19-32.
- Lorbacher K, D. Dommenget, P.P. Niiler & A. Köhl. 2005. Ocean mixed layer depth: A subsurface proxy of ocean-atmosphere variability. The ECCO Report Series. Report Number 38, May 22, 2005, 60 p.
- Mackinson, S., M. Vasconcellos, T. Pitcher & C. Walters. 1997. Ecosystem impacts of the harvesting small pelagic fish in upwelling systems: using a dynamic mass balance model. Forage fishes in marine ecosystems. Alaska Sea grant College Program, AKSG-97-01: 731-749.
- Matheron, G. 1971. La théorie des variables regionalices et ses applications. Fasc. 5 Ecole Nat. Sup. des Mines. Paris
- MacLennan, D.N., P.G. Fernandes & J. Dalen.2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science* 59:365-369.
- MacLennan, D.N. & E.J. Simmonds. 1992. *Fisheries acoustic*. Chapman and Hall, London. 325p.
- Maravelias, C., D. G. Reid, E. J. Simmonds & J. Haralabous. 1996. Spatial analysis and mapping of acoustic survey data in the presence of high local variability: geostatistical application to North Sea herring (*Clupea harengus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 1497 – 1505.
- Martin, L.V., T.K. Stanton, P.H. Wiebe & J.F. Lynch. 1996. Acoustic classification of zooplankton. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 217-224.
- Mauchline, J. & L Fisher.1969. The biology of euphausiids. *Adv. Mar. Biol.* 7: 1-454.
- Mauchline J. 1971. Euphausiacea – Larvae. *Conseil International Pour L'Exploration de la Mer. Zooplankton Sheet* 135/137.
- Mauchline, J. 1998. The biology of calanoid copepods. *Advances in Marine Biology*. Academic Press, 710 p.
- Maturana, J., M. Bello & M. Manley. 2004. Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño Oscilación del Sur. En: S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutlland & E. Yáñez (eds.) *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus efectos en Chile*. CONA, Chile, Valparaíso. Pp: 13-27.
- Maynou, F. 1998. The application of geostatistics in mapping and assessment of demersal resources. *Nephrops norvegicus* (L.) in the northwestern Mediterranean: a case study. *Sci. Mar.*, 62 (Suppl. 1): 117-133.

- McFarlane, G., J. King & R. Beamish. 2000. Have there been recent changes in climate? Ask the fish. *Progress in Oceanography* 47:147-169.
- McPhaden, M. 2001. El Niño and La Niña: causes and global consequences. In: M. Cracken & J. Perry (eds.). *Encyc. of global environmental change*, 1, John Wiley & Sons, New Cork, p: 353-370.
- McGehee, D. E., R.L. O'Driscoll & L.V. Martin-Traykovski. 1998. Effects of orientation on acoustic scattering from Antarctic krill at 120 kHz. *Deep Sea Research II*, 45: 1273e1294.
- Medina, M., H. Arancibia & S. Neira. 2007. Un modelo trófico preliminar del ecosistema pelágico del norte de Chile (18°20'S-24°00'S). *Investig. mar.*, mayo 2007, vol.35, no.1, p.25-38. ISSN 0717-7178.
- Meléndez, C. R. 1984. Alimentación de *Merluccius gayi* (Guichenot) frente a Chile central (32 degree 05'S-36 degree 50'S). *Boletín Museo Nacional de Historia Natural*, 40: 145-151.
- Melo C. & T. Antezana. 1980. Allometric larval relations of *Euphausia mucronata* Sars, 1885. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*, 17(1): 135-148.
- Miranda, L., A. Hernández, A. Sepúlveda & M. Landaeta. 1998. Alimentación de jurel y análisis de la selectividad en la zona centro-sur de Chile. En: D. Arcos (ed.). *Biología y ecología del jurel en aguas chilenas*. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, 216 pp.
- Miranda, L., C. Cuevas & H. Rebolledo. 1998. Capítulo: Trofodinámica. En: Proyecto FIP 96-13. *Evaluación hidroacústica del recurso jurel en las Regiones V-IX*. 161 p + Anexos.
- Montecinos, A., S. Purca & O. Pizarro. 2003. Interannual-to-interdecadal SST variability along the western coast of South America. *Geophys. Res. Lett.*, 30, 1570, doi:10.1029/2001GL013717.
- Morales, C.E., H.E. González, S. Hormazábal, G. Yuras, J. Letelier & L.R. Castro, 2007, The distribution of chlorophyll-a and dominant planktonic components in the coastal transition zone off Concepción, central Chile, during different oceanographic conditions", *Progress in Oceanography*,/ 75 (2007) 452-469. doi:10.1016/j.pocean.2007.08.026.
- Muñoz, R. & R. Garreaud. 2005. Dynamics of the Low-Level Jet off the West Coast of Subtropical South America. *Monthly weather review* 133: 3661-3677.
- Neira, S., H. Arancibia & L. Cubillos. 2004. Comparative analysis of trophic structure of commercial fishery species off Central Chile in 1992 and 1998. *Ecological Modelling* 172(2-4): 233-248.

- Páramo, J. & R. Roa, 2003. Acoustic-geostatistical assessment and habitat-abundant relations of small pelagic fish from the Colombian Caribbean. *Fisheries Research*, 60: 309-319.
- Pauly, D. & V. Christensen. 1995. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374:255-257.
- Petitgas, P., 1993. Geostatistics for fish stock assessments: a review and an acoustic application. *ICES Journal Marine Science*, 50: 258-298.
- Petitgas, P. 1996. Geostatistics and their applications to fisheries survey data. In: Megrey, A., and E. Moskness (Eds.) *Computers in Fisheries Research*. Chapman & Hall, London. pp. 113-142
- Petitgas, P. & T. Lafont. 1997. EVA2: Estimation variance. Version 2. A geostatistical software on Windows 95 for the precision of fish stock assessment surveys. *ICES CM 97/Y:22*. 22 pp.
- Pillar, S.C., V. Stuart, M. Barange & M.J. Gibbons. 1992. Community structure and trophic ecology of euphausiids in the Benguela ecosystem. In: *Benguela trophic functioning*. A.I.L. Payne, K.H. Brink, K.H. Mann y R. Hilborn (Eds.), *S. Afr. J. mar. Sci.* 12:393-409.
- Pinchuk, A.I. & Hopcroft, R.R. 2006. Egg production and early development of *Thysanoessa inermis* and *Euphausia pacifica* (Crustacea: Euphausiacea) in the northern Gulf of Alaska. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 332: 206-215.
- Pinkas, L.; M. Oliphant & I. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fish. Bull., U.S.* 152, 1-105.
- Pizarro, O., A.J. Clarke & S.V. Gorder. 2001. El Niño sea level and currents along the South America coast: Comparison of observations with theory. *J. Phys. Oceanogr.*, 31: 1891-1903.
- Pizarro, O. & A. Montecinos. 2004: Interdecadal variability of the thermocline along the west coast of South America. *Geophysical Research Letters*. 31, L20307, doi: 10.1029/2004GL020998.
- Pool H., F. Balbontín, C. Montenegro, N. Cortés & M. Arriaza. 1997. Interacciones tróficas en recursos demersales en la zona sur-austral. Informe técnico final proyecto FIP-IT 94-32. Fondo de Investigación Pesquera, 131 pp
- Quiñones, R., R. Serra, S. Núñez, H. Arancibia, J. Córdova & F. Bustos. 1997. Relación entre el jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) y sus presas en la zona centrosur de Chile. En Tarifeño, E. (Ed), *Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico Oriental*, comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO. IOC/INF-1046, pp. 187-202.

- Rebolledo, H. & L. Bustos 2006. Estadística e Indicadores Operacionales de la Flota Industrial en la Pesquería de Merluza Común" Año 2004 Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano.
- Retamal, M.A. 1981. Catálogo ilustrado de los crustáceos decápodos de Chile. Gayana Zoología 44: 1-110.
- Retamal, M.A. 1994. Los decapodos de Chile. Universidad de Concepción. Departamento de Oceanografía.1: 256 pp.
- Rice, J.C. 2000. Evaluating fishery impacts using metrics of community structure. ICES J. Mar. Sci., 57: 682-688.
- Riquelme-Bugueño, R. & R. Escribano. 2006. Dinámica poblacional de *Euphausia mucronata* en el sistema de surgencia costera frente a Concepción (36° S, Chile Centro Sur). Abstract XXVI Congreso de Ciencias del Mar de Chile. Iquique, Chile, mayo 2006.
- Riquelme R. & R. Escribano. 2008. Guía pictográfica para Eufáusidos de la zona de surgencia costera frente a Concepción, Chile. Documento no publicado.
- Rivoirard, J., J. Simmonds, K. Foote, P. Fernandes & N. Bez. 2000. Geostatistics for estimating fish abundance. Blackwell Sciences, Oxford.
- Roa, R. & F. Tapia. 1998. Spatial differences in growth and sexual maturity between branches of a large population of the squat lobster *Pleuroncodes monodon*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 167, 185-196.
- Rose, M. 1933. Fauna de France. Cap. 26: Copépodes pelagiques. Federation Francaise des societés de Sciences Naturelles. Paris. 374 pp.
- Rutlland, J. & H. Fuenzalida. 1991. Synoptic aspects of the central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation. International Journal of Climatology, 11:63-76.
- Rutllant, J. & V. Montecino, 2002. Multiscale upwelling forcing cycles and biological response off north-central Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 75:217-231.
- Rutllant J, B. Rosenbluth & S. Hormazabal. 2004. Intraseasonal Variability in the Local Wind Forcing of Coastal Upwelling off Central Chile (30°S). Continental Shelf Research, 24, 789-804, doi:10.1016/j.csr.2004.02.004.
- Saavedra, N. 1980, La Presión y la Dirección del Viento en Concepción, Tralka, Vol. (1), N° 2, 153-162.

- Sameoto, D. D. 1980. Quantitative measurements of euphausiids using a 120-kHz sounder and their in situ orientation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 693-702.
- Sameoto, D.D. 1982. Zooplankton and micronekton abundante in acoustic scattering layers on the Nova Scotian slope. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 760-777.
- Sameoto, D.D. 1983. Euphausiid distribution in acoustic scattering layers and its significance to surface swarms. *J. Plankton Res.*, 5: 129-143.
- Schmitter-Soto, J.J. & J.J. Castro-Aguirre. 1996. Trophic comparison among Triglidae (Pisces: Scorpaeniformes) off Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.*, 44: 803-811.
- SC-CAMLR, 1991. Report of the Tenth Meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-X), CCAMLR, Hobart, Australia, 427pp.
- Sepúlveda, A., R. Alarcón & C. González. 2006. Evaluación de la biomasa de jurel con embarcaciones de la flota pesquera 2005. *Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP)*, Talcahuano, 14(4):1-52.
- Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, *Invest. Pesq. (Chile)* 36: 67-83.
- Shaffer, G., S. Hormazábal, O. Pizarro & S. Salinas. 1999. Seasonal and interannual variability of currents and temperature over the slope of central Chile. *Journal Geophysical Research*, 104, C12, 29,951-29,961.
- Shannon, L.J. & A. Jarre-Teichmann. 1999. A model of trophic flows in the northern Benguela upwelling system during the 1980s. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 21: 349-366.
- Shannon L.J., P. Cury & A. Jarre. 2000. Modelling effects of fishing in the Southern Benguela ecosystem. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 720-722.
- Simard, Y., R. de Ladurantaye & J.C. Therriault. 1986. Aggregation of euphausiids along a coastal shelf in an upwelling environment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 32: 203-215.
- Simard, Y. & D. Mackas. 1989. Mesoscale aggregations of euphausiids sound scattering layers on the continental shelf of Vancouver Island. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 6: 1238-1249.
- Simard, Y. & D. Lavoie. 1999. The rich krill aggregation of the Saguenay-St. Lawrence Marine Park: Hydroacoustic and geostatistical biomass estimates, structure, variability, and significance for whales. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56: 1182-1197.

- Smith, P.E. & S.L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Doc. Téc. Pesca. (175):107 p.
- Sobarzo, M. & D. Figueroa. 2001. The physical structure of a cold filament in a Chilean upwelling zone Península Mejillones, Chile, 231S. Deep-Sea Research I 48, 2699–2726.
- Stanton, T. K. 1989. Simple approximate formulas for backscattering of sound by spherical and elongated objects. Journal of the Acoustical Society of America, 86: 1499–1510.
- Stanton, T.D., D. Chu., P.H. Wiebe. & C.S. Clay. 1993. Average echoes from randomly oriented random-length finite cilindres: zooplankton models. J. Acous. Soc. Amer., 94: 3463-3472.
- Stanton, T.K. 1988. Sounds catterinbgby cylinderosf finitel enghl.. Fluid cylinders, J. Acoust. Soc. Am. 83, 55-63 (1988).
- Stanton, T.K., P.H. Wiebe., D. Chu., M.C. Benfield., L. Scanlon., L. Martin & R.L. Eastwood. 1994. On acoustic estimates of zooplankton biomass. ICES J. Mar. Sci., 51: 505-512.
- Stobbedroup. K. 1992. Food composition and consumption of Chilean hake (Merluccius gayi G.) with special reference to cannibalism. ICES C.M./G:43. Demersal Fish Cttee., 30 p.
- Strub, P.T., J. Mesías, V. Montecinos, J. Rutland & S. Salinas. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. Coastal Segment (6,E). In: The Sea (A.R.Robinson & K.H. Brink, eds), Vol. 11. p: 273-313.
- Swierzowski, A., M. Godlewska & T. Póltorak. 2000. The relationship between the spatial distribution of fish, zooplankton and other environmental parameters in the Solina reservoir, Poland. Aquat. Living Resour., 13: 373-377.
- Taki, K., 2006. Biomass and production of the euphausiid Euphausia pacifica along the coastal waters off north-eastern Japan. Fish. Sci. 72: 221-232.
- Target. T.E. 1981. Trophic ecology and structure of coastal Antarctic fish communities. Marine Ecology Progress Series 4: 243-263.
- Tascheri R, S. Lillo, M. Rojas, R Gamboa, P Gálvez, C. Montenegro M. Braun, V. Valenzuela, H. Miles, M. Gálvez, H Rebolledo & C. Cuevas. 1999. Dinámica Espacial y Batimétrica Del Stock de Merluza común en relación a su ciclo de vida en la zona centro-sur. Informe final proyecto FIP 97-21. Fondo de investigación pesquera. 295 pp.

- Taylor, J.C. & P.S. Rand. 2003. Spatial overlap and distribution of anchovies (*Anchoa* spp.) and copepods in a shallow stratified estuary. *Aquat. Living Resour.*, 16: 191-196.
- Thomas, A. C., M. E. Carr & P. T. Strub. 2001. Chlorophyll variability in eastern boundary currents, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3421-3424.
- Ulloa, O., R. Escribano, S. Hormazábal, R. A. Quiñones, R. R. González & M. Ramos. 2001. Evolution and biological effects of the 1997- 98 El Niño in the upwelling ecosystem off northern Chile, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 1591-1594.
- Vidal. J. 1968. Copépodos calanoídeos epipelágicos de la expedición Mar Chile II. *Gayana (Zoología)*. N° 15: 1-98 + Anexos.
- Wiebe, P. H., C.H. Greene, T.K. Stanton & J. Burczynski. 1990. Sound scattering by live zooplankton and micronekton: empirical studies with a dual-beam acoustical system. *Journal of Acoustical Society of America*, 88(5): 2346e2360
- Yáñez, E., M.A. Barbieri, C. Silva, J. Castillo, K. Nieto, G. Böhm, F. Gómez & J. Córdova. 2002. Climate variability and pelagic fisheries in the South-Eastern Pacific. *Globec International Newsletter*, Vol. 8, N°2:18-19.

FIGURAS

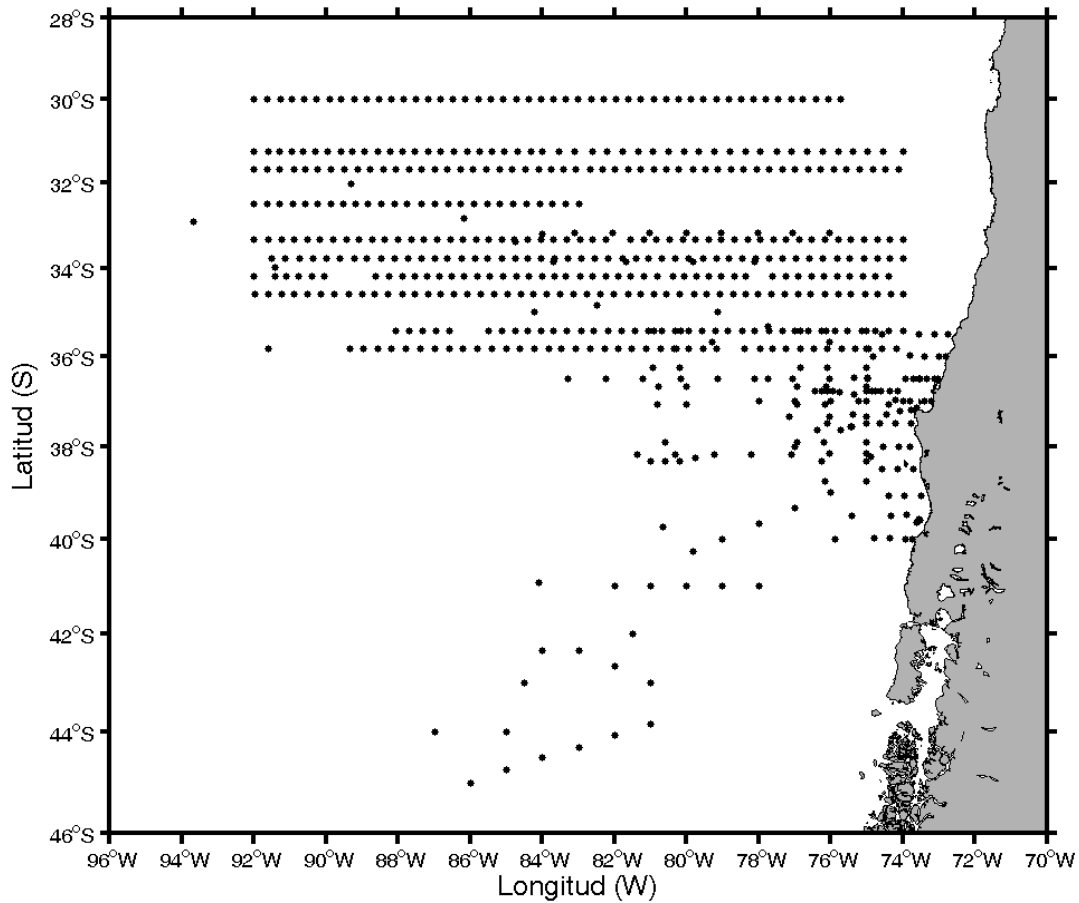


Figura 1: Distribución espacial de las estaciones de muestreo planctónico, que consideran la región costera, de transición y oceánica frente al centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

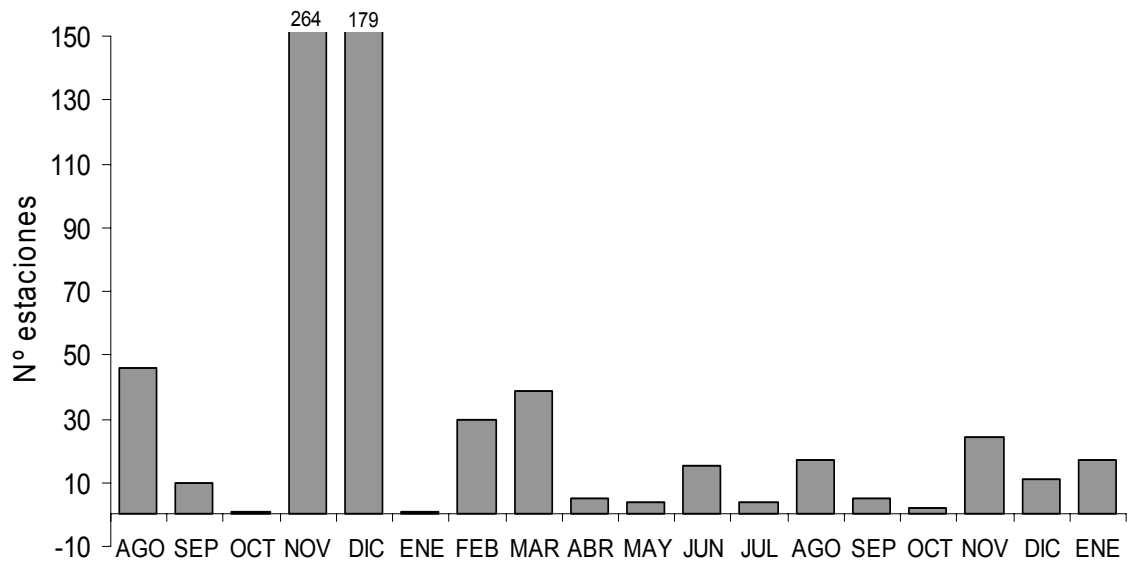


Figura 2: Distribución temporal de las estaciones de muestreo planctónico analizadas para el período Agosto 2007 – Enero 2009, en la región costera y oceánica frente al centro-sur de Chile.

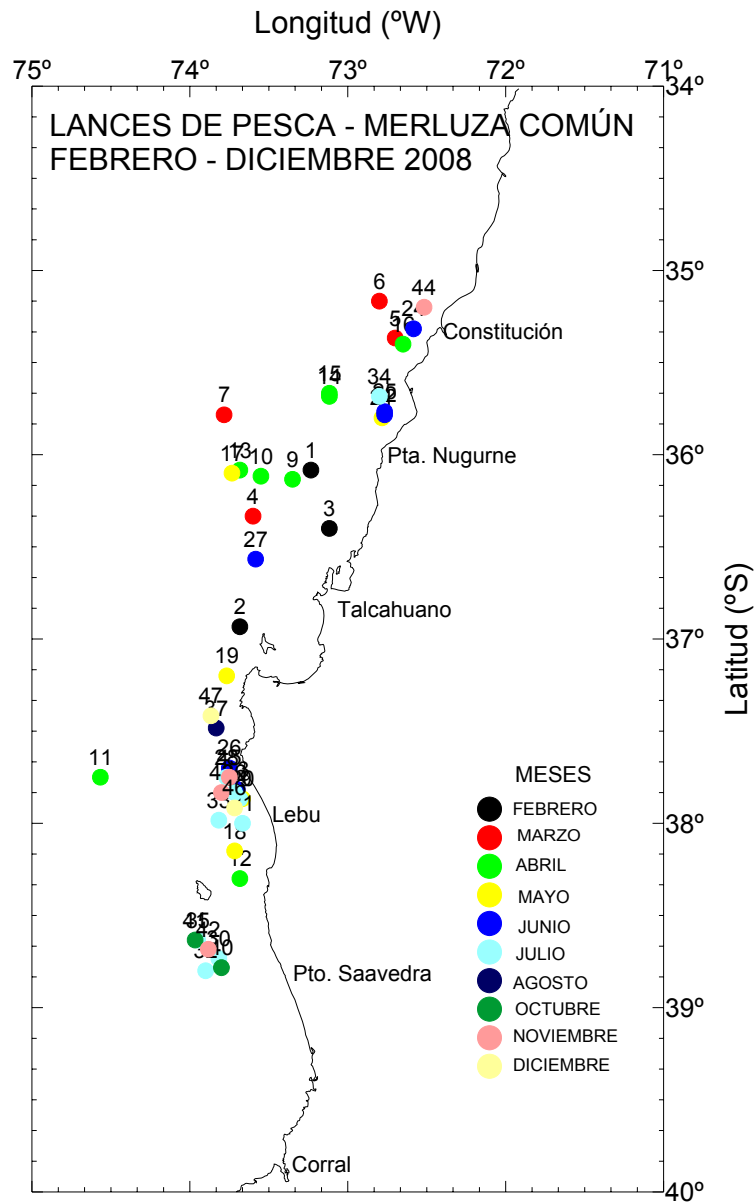


Figura 3 Distribución espacial mensual de los lances de pesca de merluza común para la obtención de ejemplares para el análisis del contenido estomacal en el período Febrero – Diciembre de 2008.

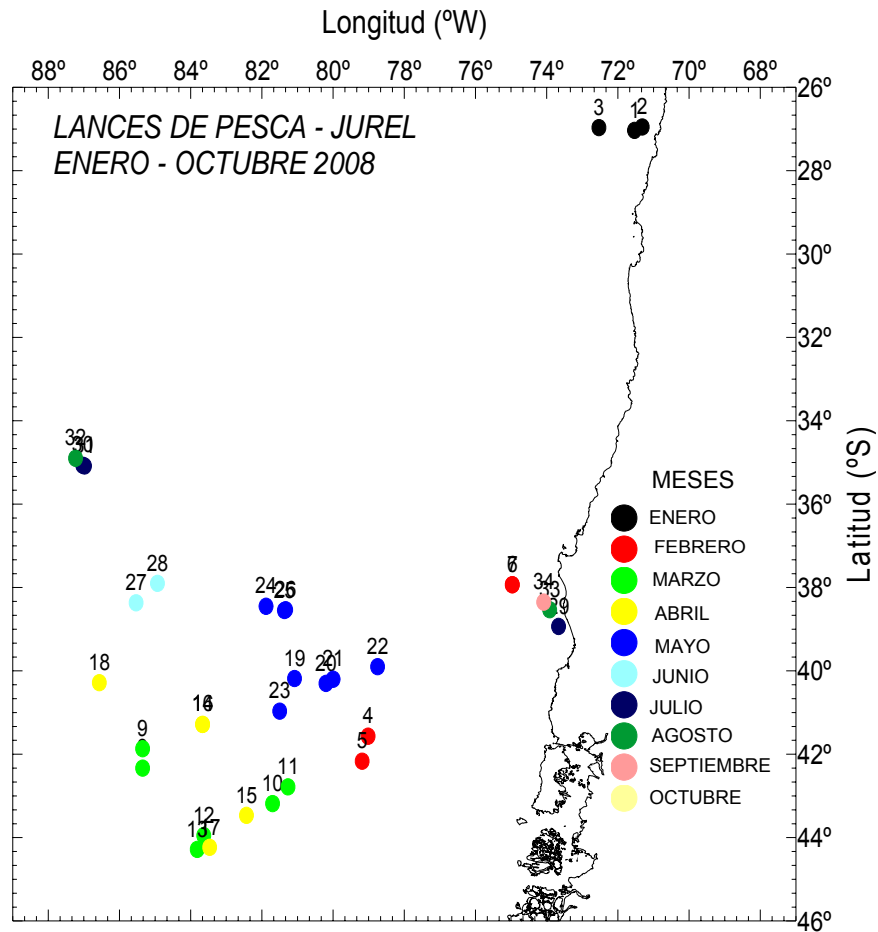


Figura 4. Distribución espacial mensual de los lances de pesca de jurel para la obtención de ejemplares para el análisis del contenido estomacal en el período Enero – Octubre de 2008.

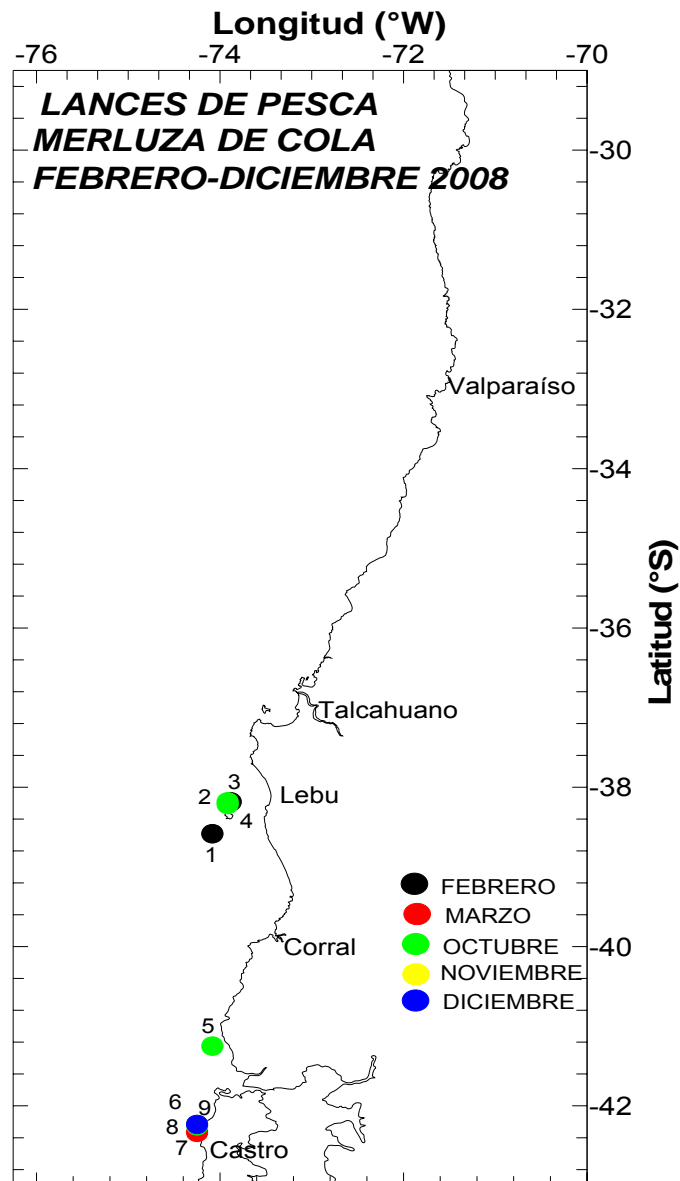


Figura 5. Distribución espacial mensual de los lances de pesca de merluza de cola para la obtención de ejemplares para el análisis del contenido estomacal en el período Febrero – Diciembre de 2008.

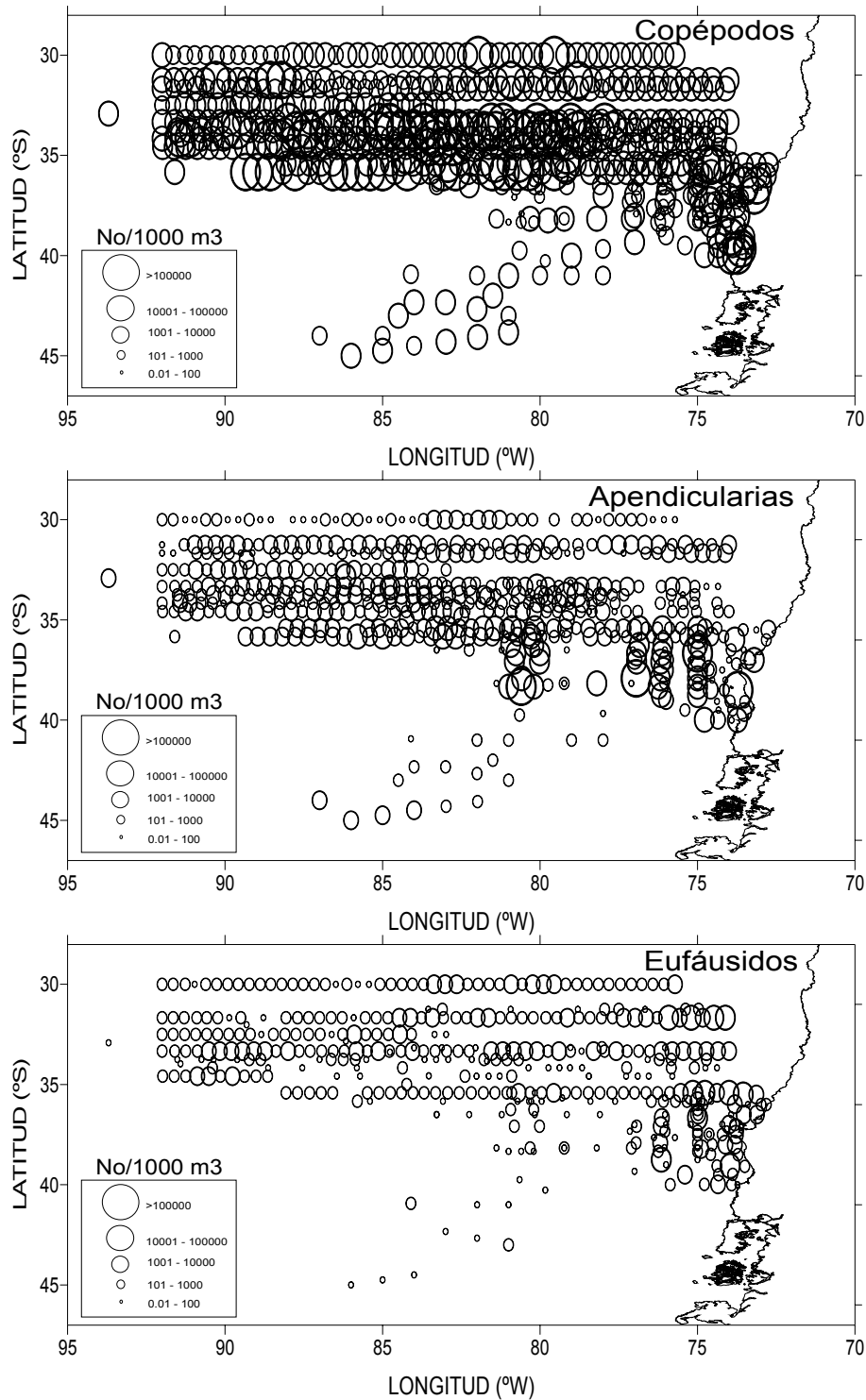


Figura 6: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m⁻³) de copépodos, apendicularias y eufáusidos en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

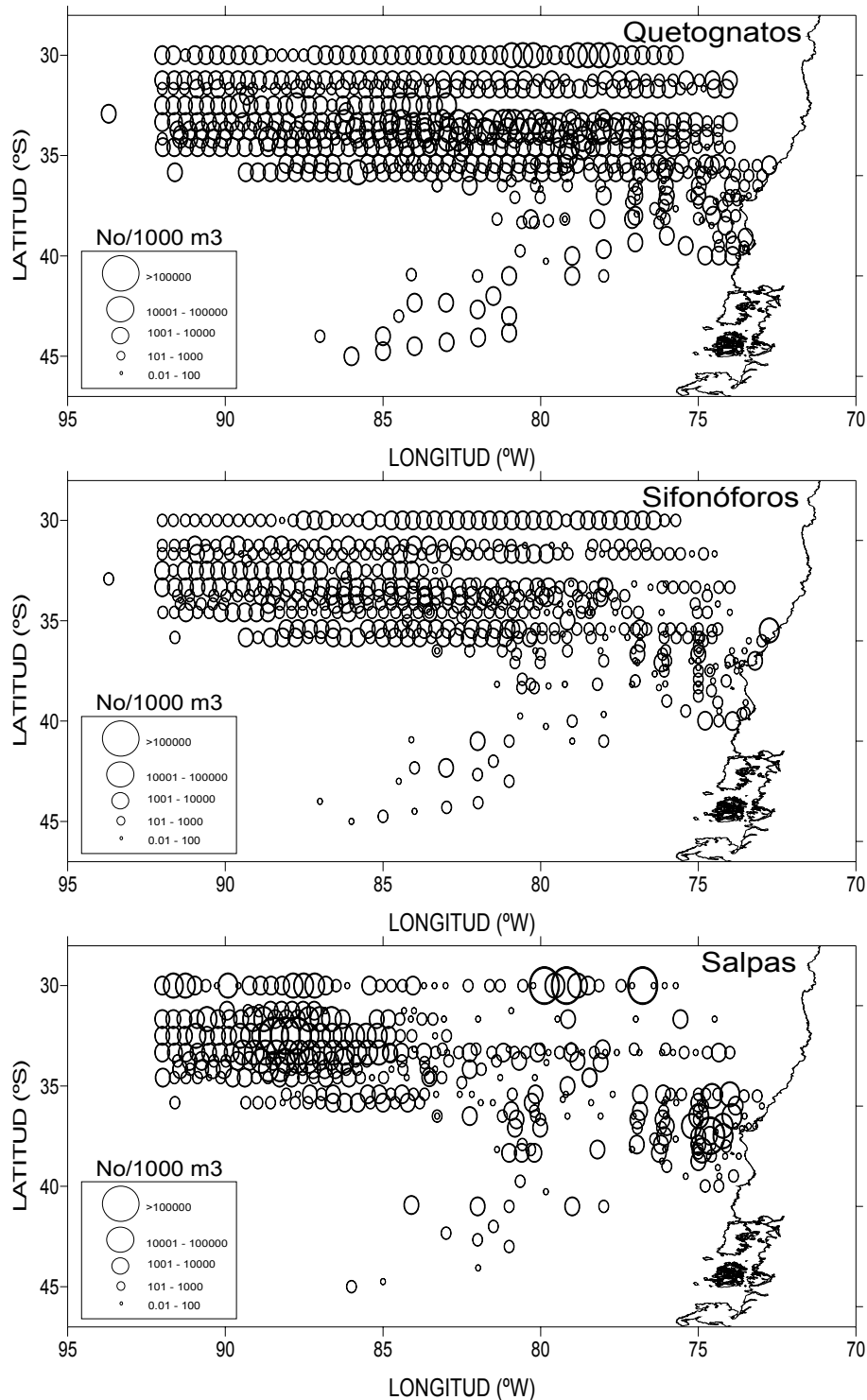


Figura 7: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m⁻³) de quetognatos, sifonóforos y salpas en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

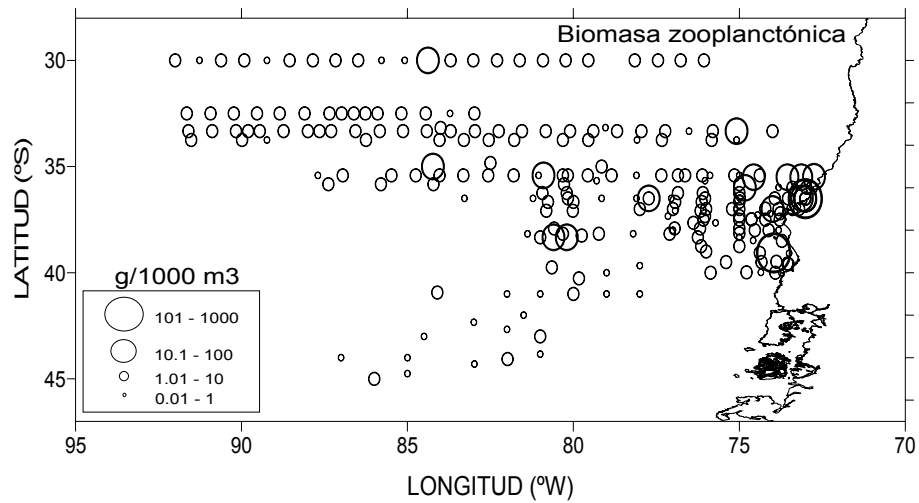


Figura 8: Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica total ($\text{g } 1000 \text{ m}^{-3}$) en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

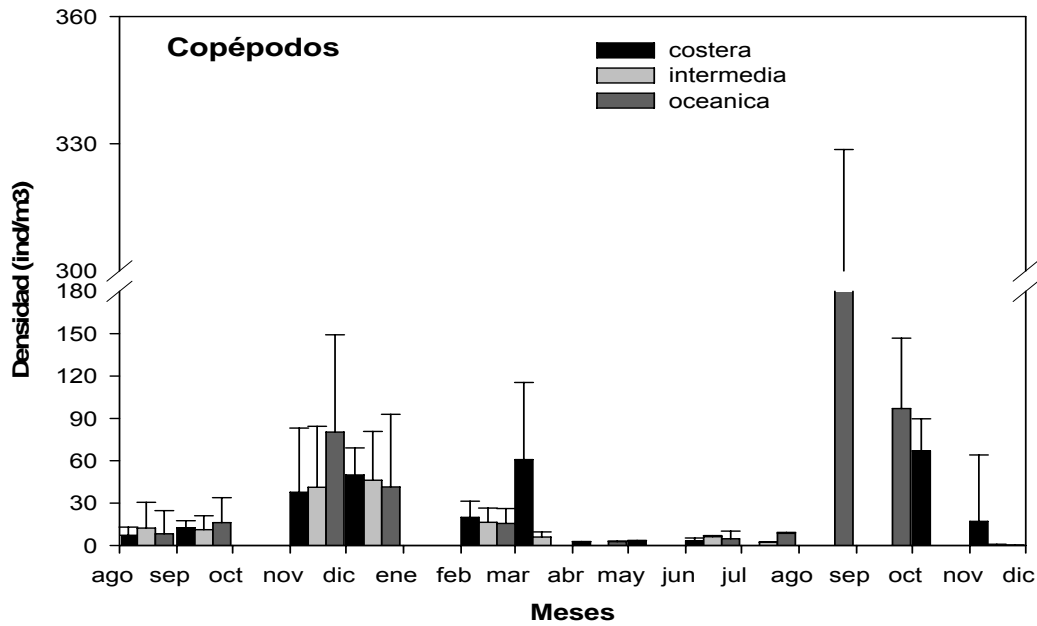


Figura 9: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de copépodos (ind m^{-3}) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.

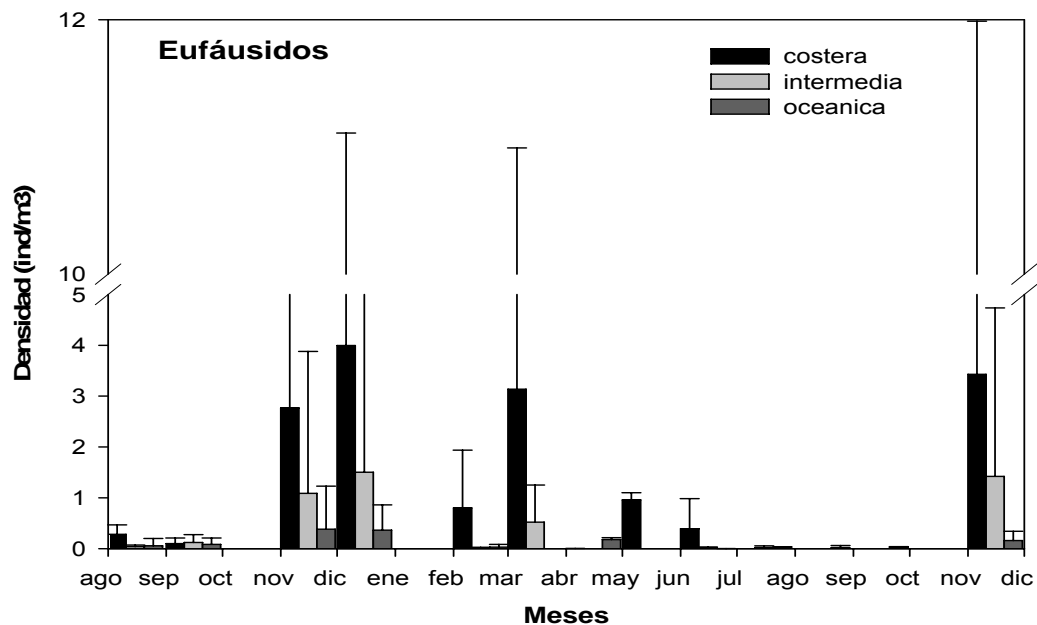


Figura 10: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de eufáusidos (ind m^{-3}) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.

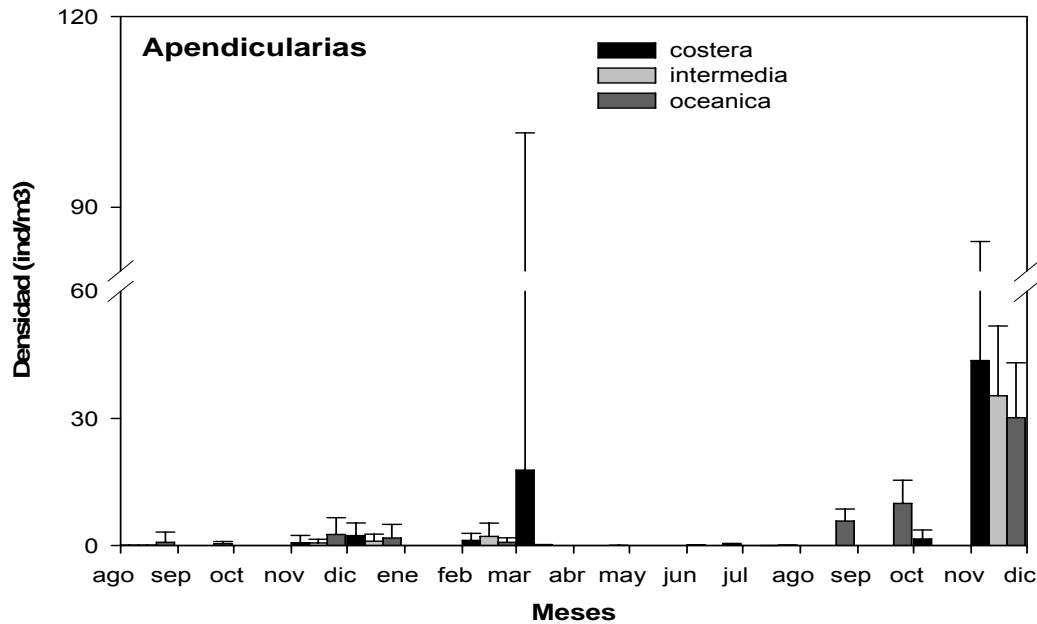


Figura 13: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de apendicularias (ind m^{-3}) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.

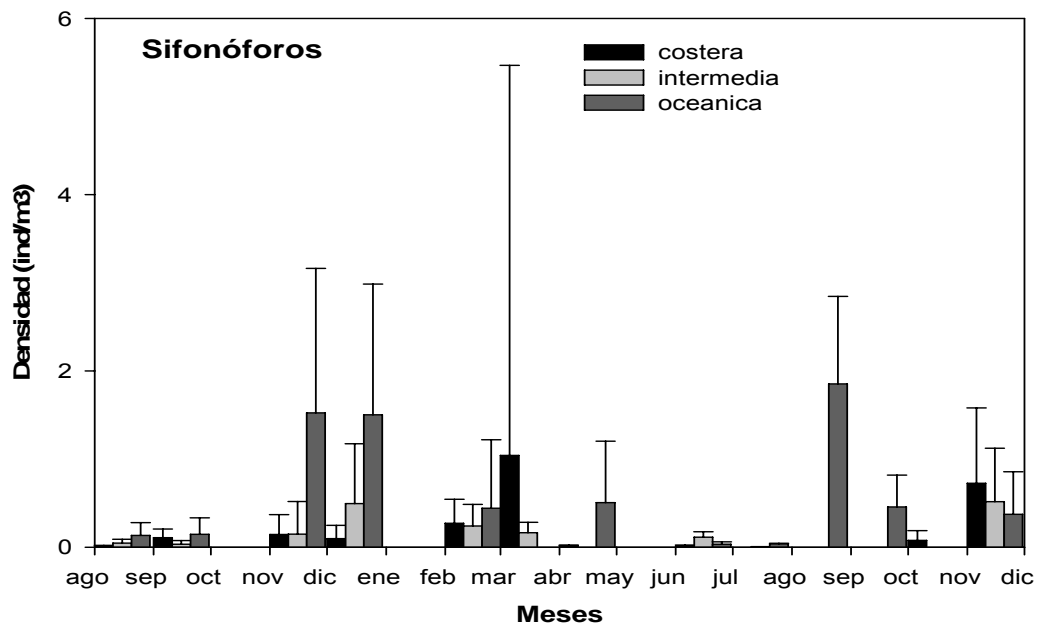


Figura 14: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de sifonóforos analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.

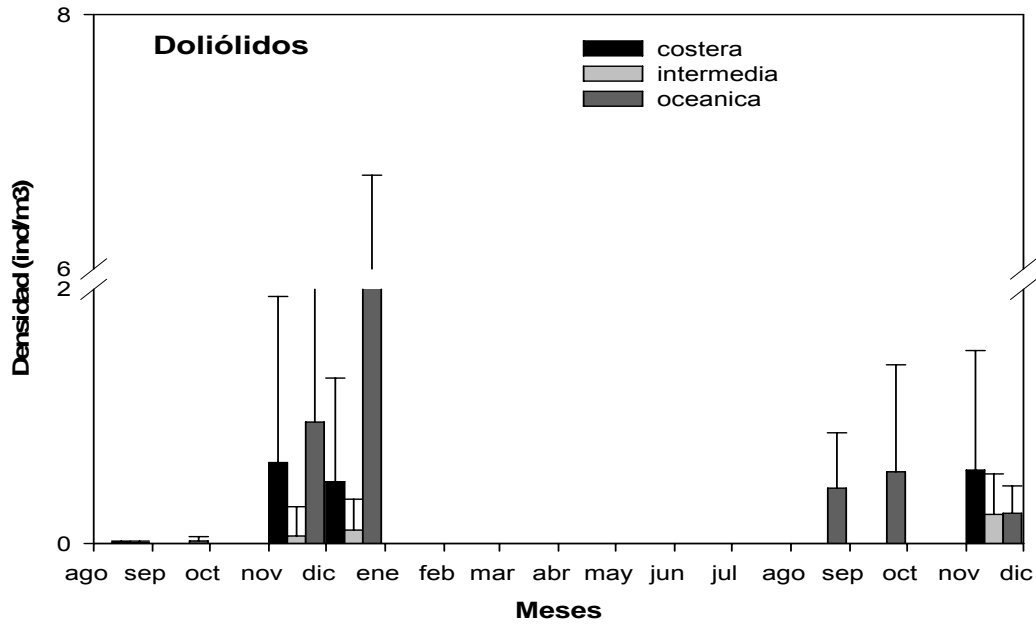


Figura 15: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de doliólidos (ind m⁻³) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.

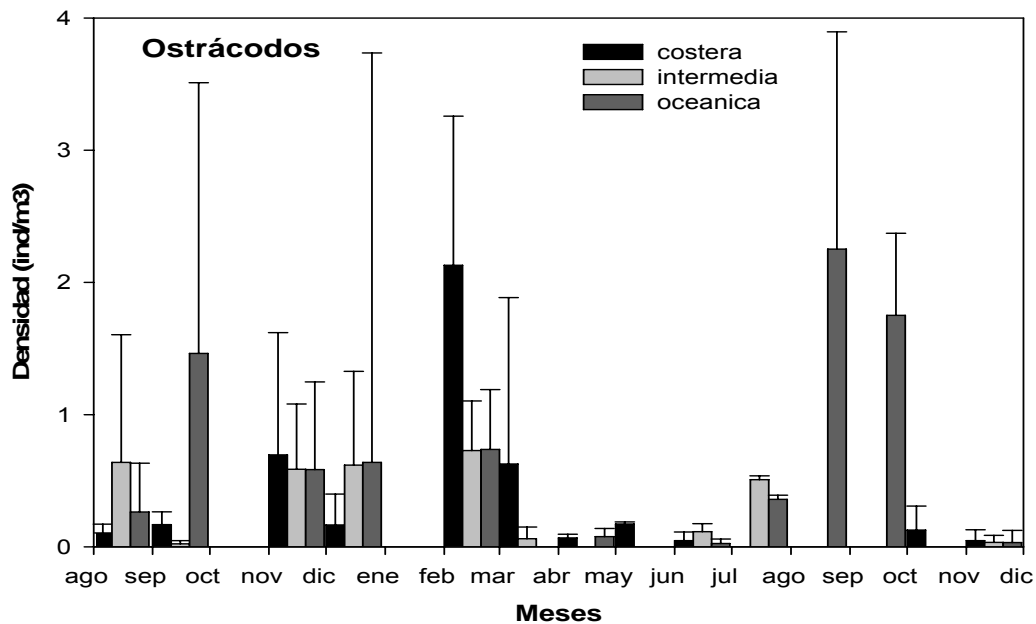


Figura 16: Histogramas mensuales de la densidad promedio (\pm DE) de ostrácodos (ind m⁻³) analizados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Diciembre 2008.

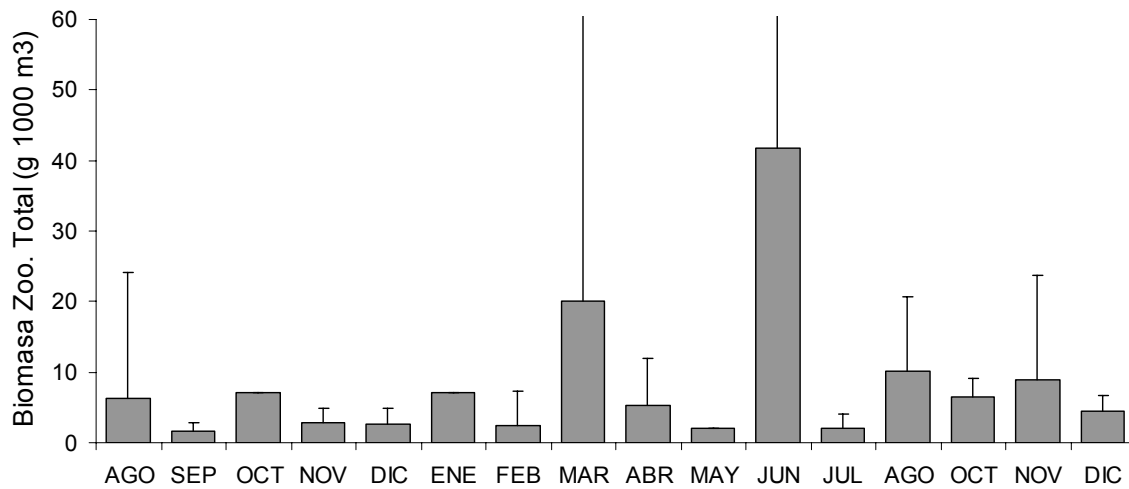


Figura 17: Serie mensual de la biomasa zooplanctónica total ($\text{g } 1000 \text{ m}^{-3}$) entre los meses de Agosto 2007 y Diciembre de 2009.

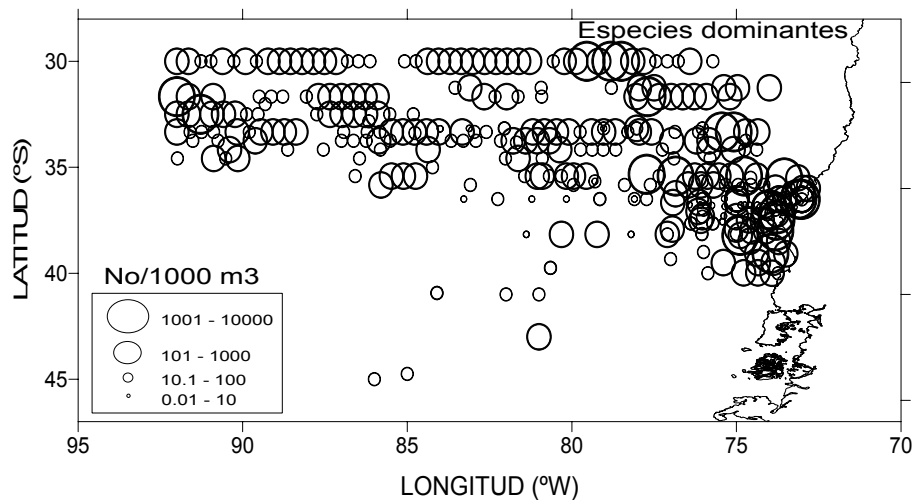


Figura 18: Distribución espacial de la densidad ($\text{ind } 1000 \text{ m}^{-3}$) de las especies dominantes de eupáusidos en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

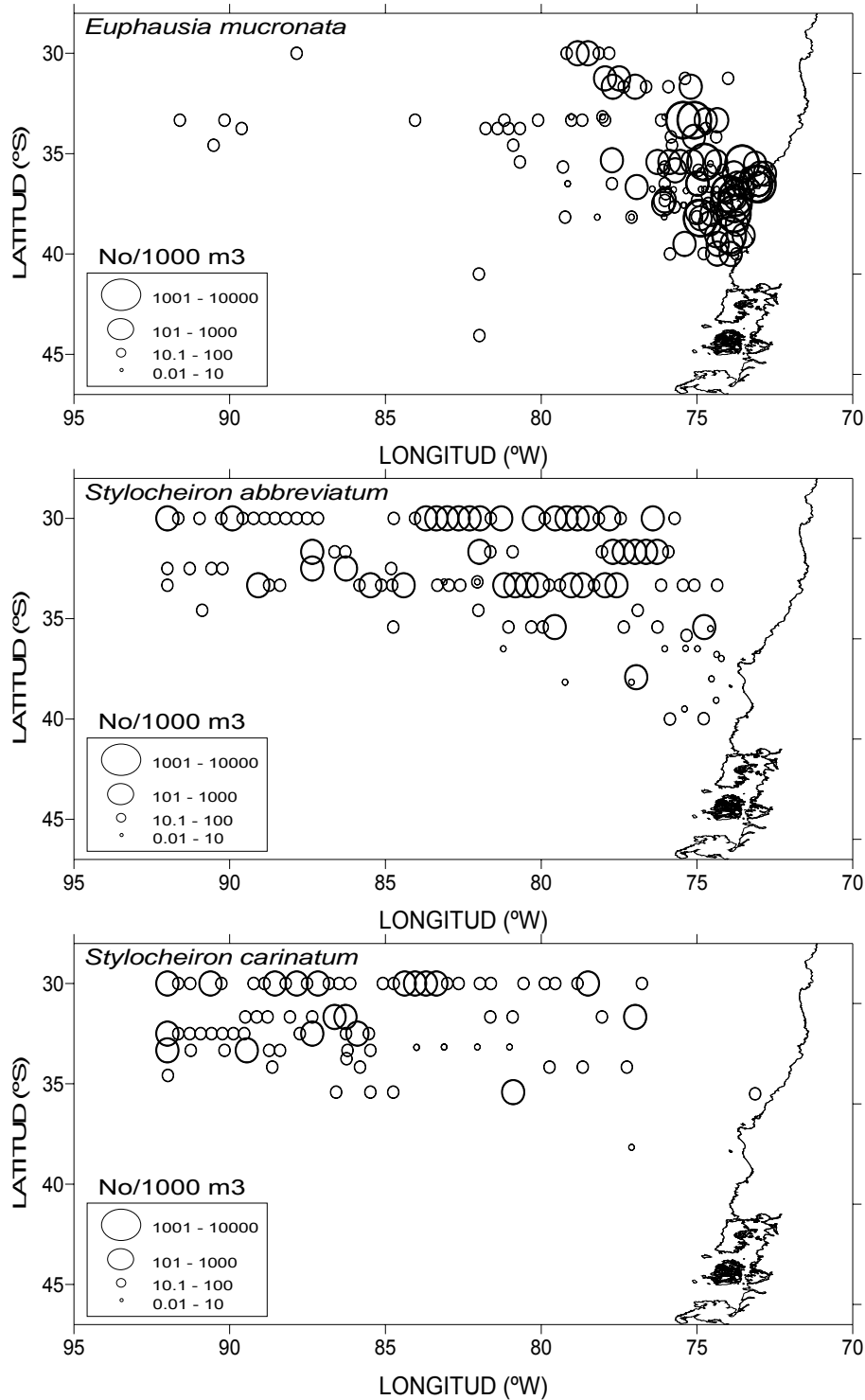


Figura 19: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m⁻³) de *E. mucronata*, *S. abbreviatum* y *S. carinatum* en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

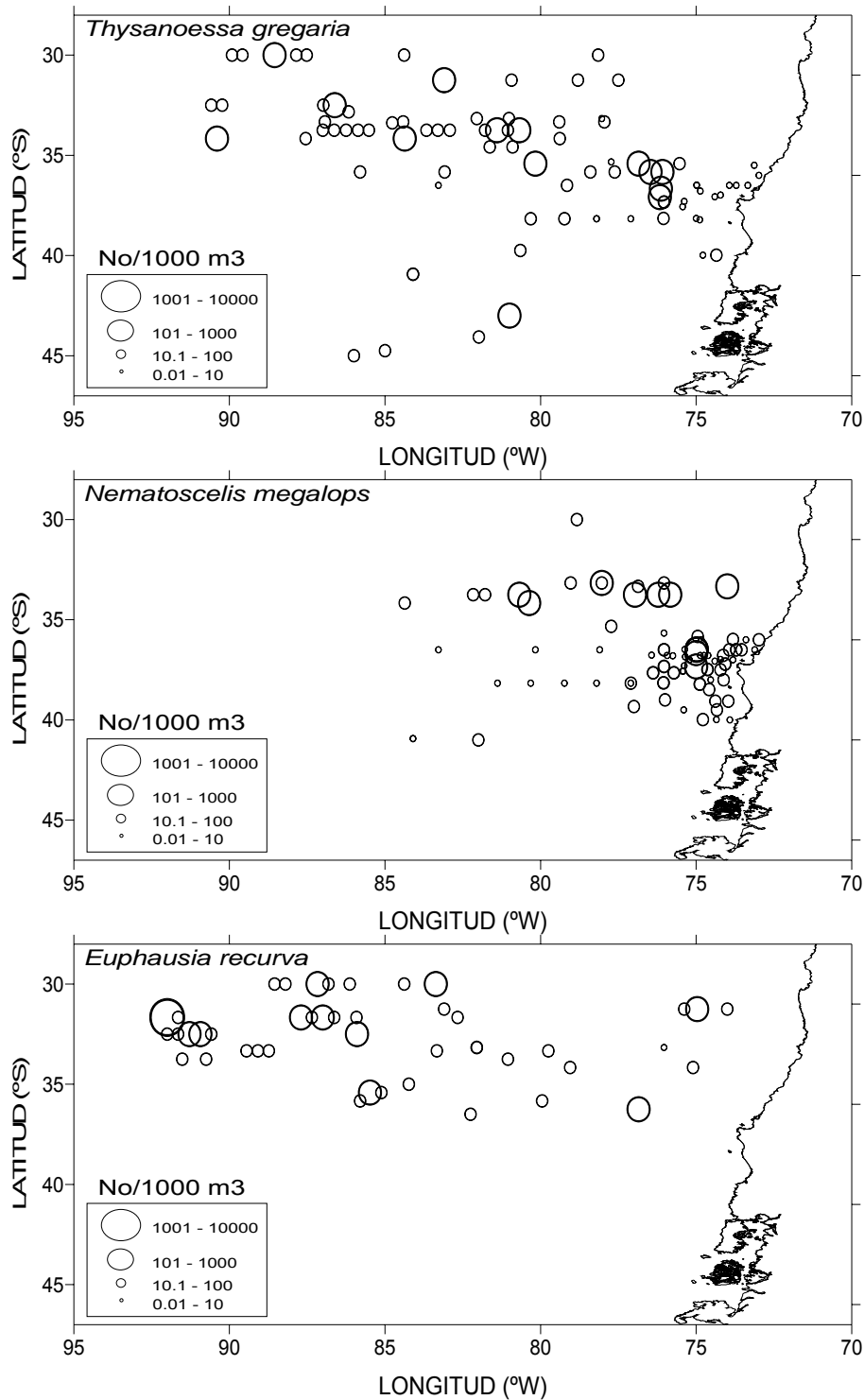


Figura 20: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m⁻³) de *T. gregaria*, *N. megalops* y *E. recurva* en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

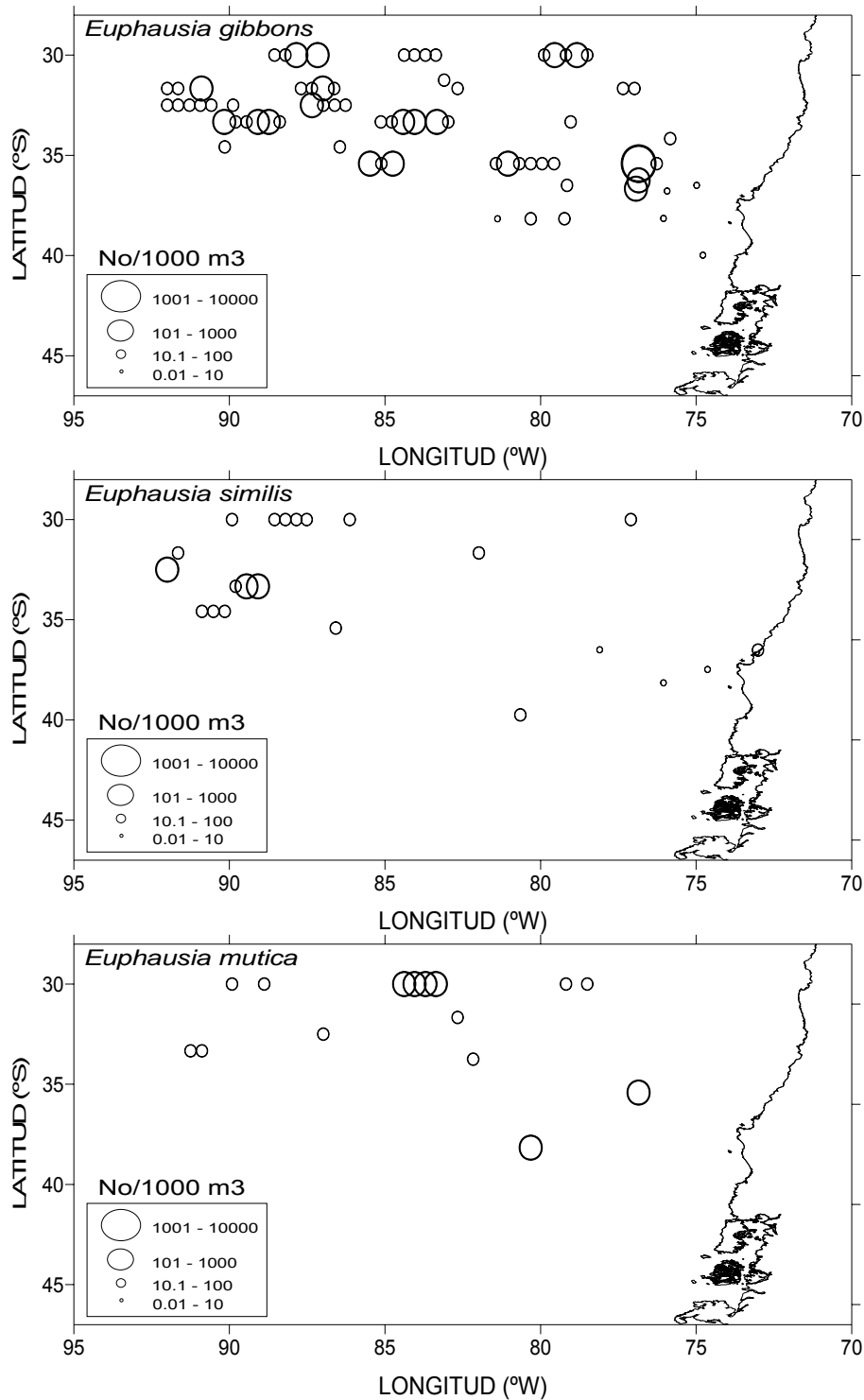


Figura 21: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m⁻³) de *E. gibba*, *E. gibbons* y *E. similis* en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

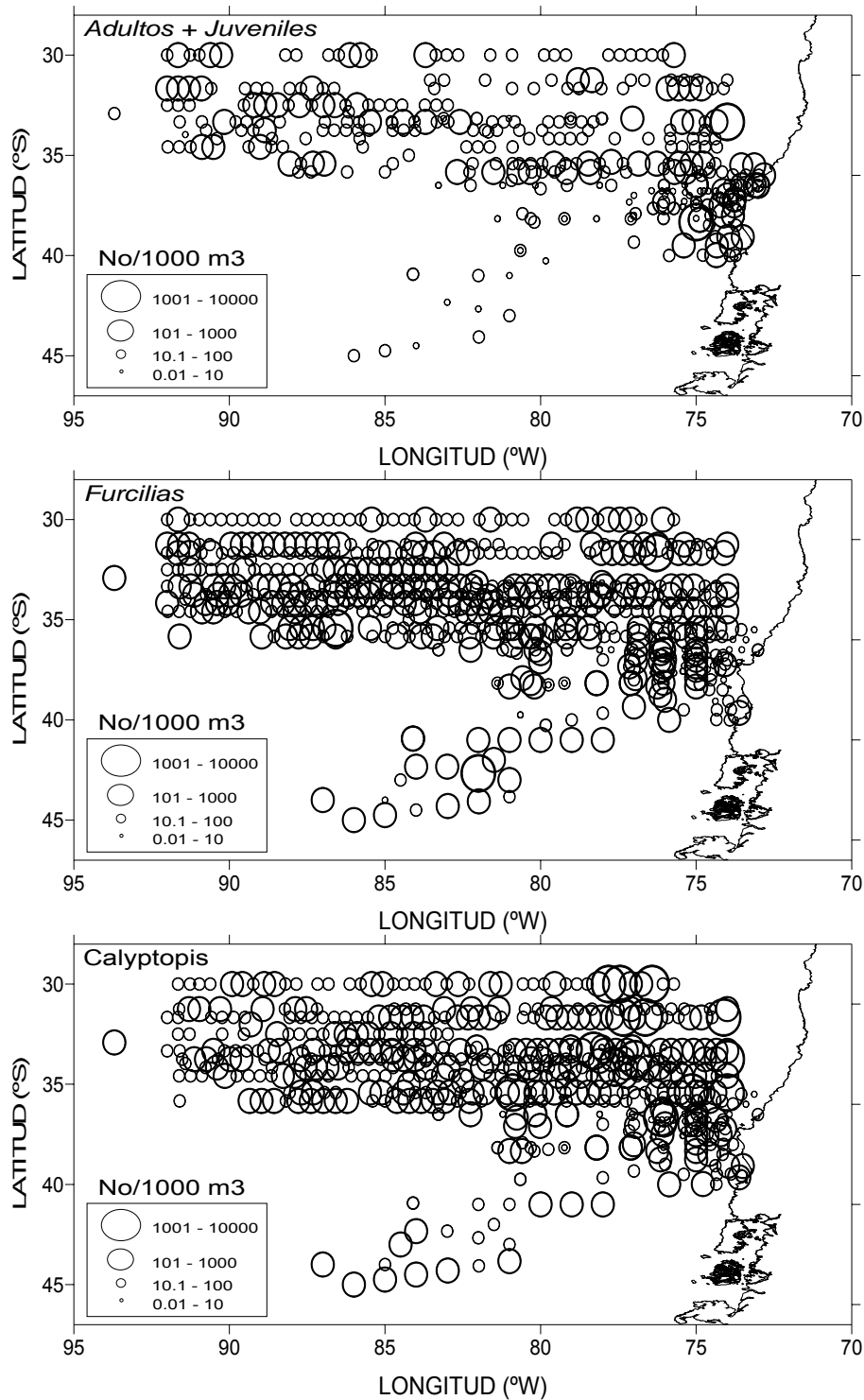


Figura 22: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m⁻³) de ejemplares adultos y juveniles, estados de furcilia y calyptopis de eufáusidos en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

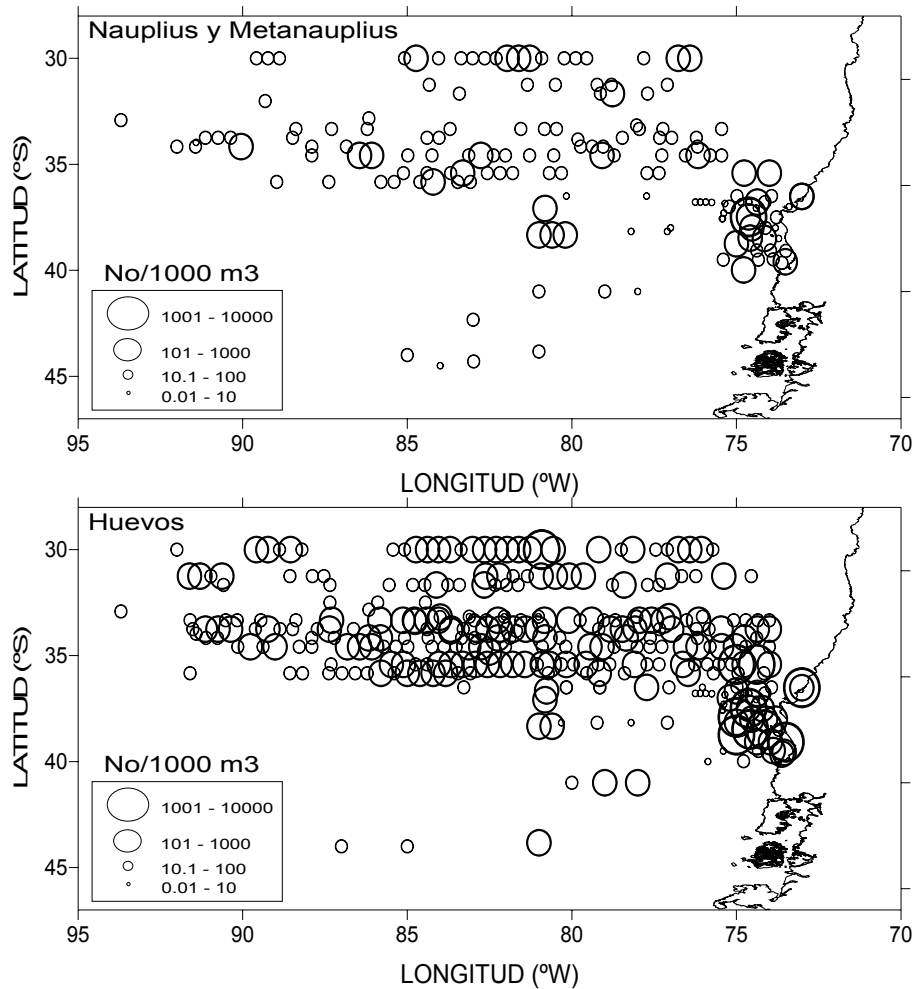


Figura 23: Distribución espacial de la densidad (ind 1000 m⁻³) de estadios de nauplios y huevos de eufáusidos en la región costera y oceánica del centro-sur de Chile. Período: Agosto 2007 – Enero 2009.

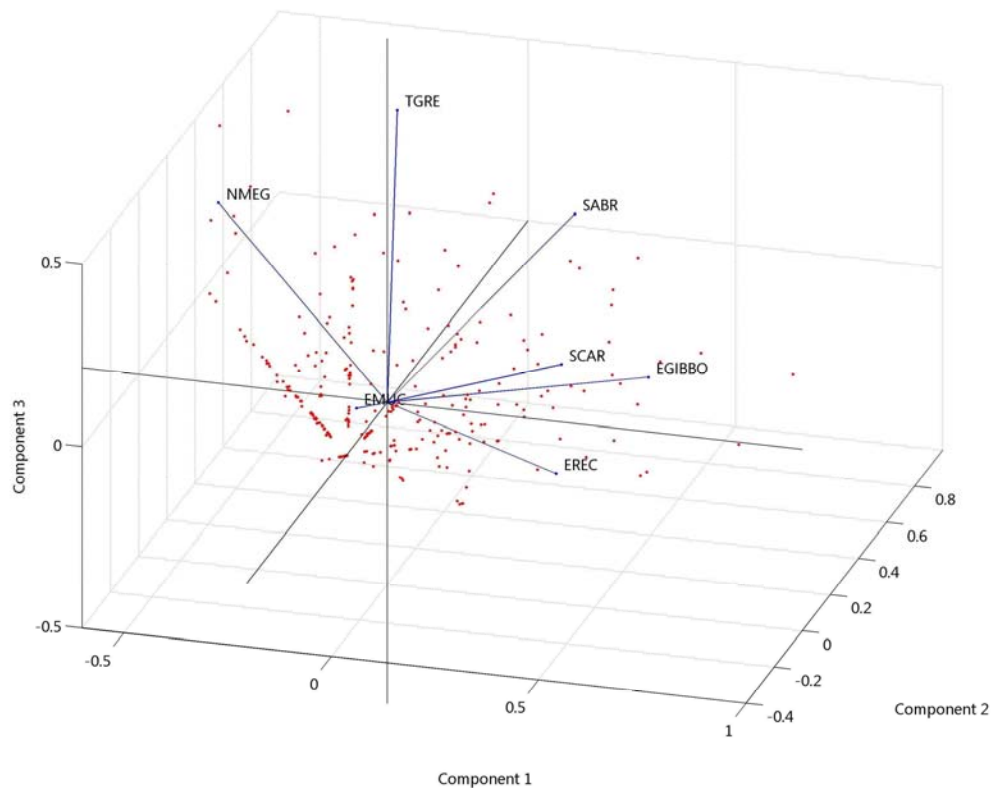


Figura 24: Análisis de componentes principales. Distribución de las 7 especies de eufáusidos más abundantes en el área y período de estudio. EMUC= *E. mucronata*, EREC= *E. recurva*, EGIBBO= *E. gibbons*, SCAR= *S. carinatum*, SABR= *S. abbreviatum*, TGRE= *T. gregária*, NMEG= *N. megalops*.

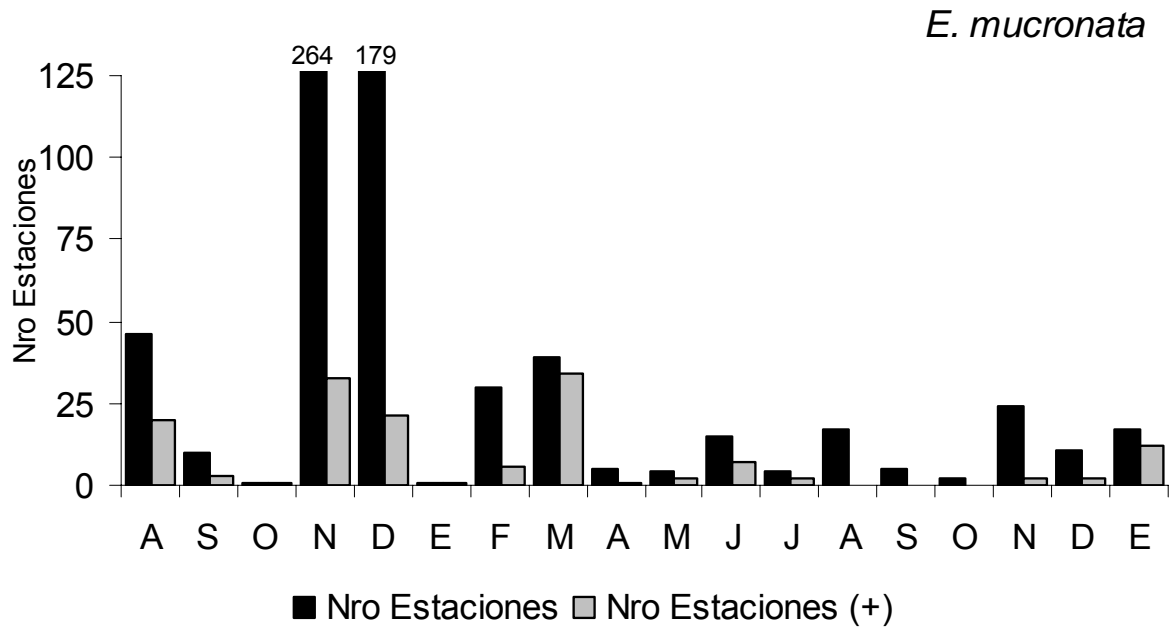


Figura 25: Serie mensual del número de estaciones de muestreo planctónico y estaciones positivas para *E. mucronata*, considerando el período Agosto 2007 – Enero 2009.

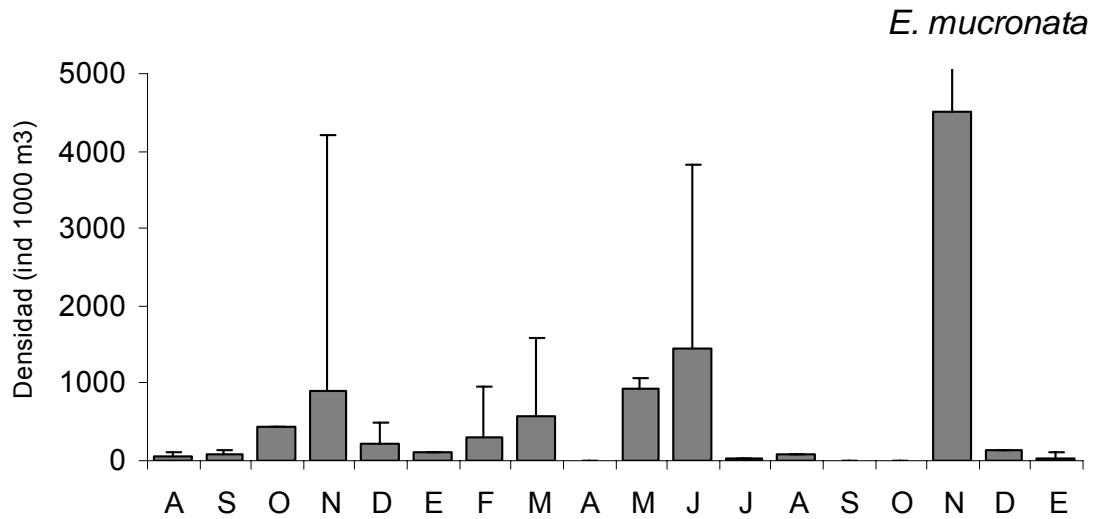


Figura 26: Serie mensual de la densidad promedio (ind 1000 m⁻³) de *E. mucronata* para el período Agosto 2007 – Enero 2009.

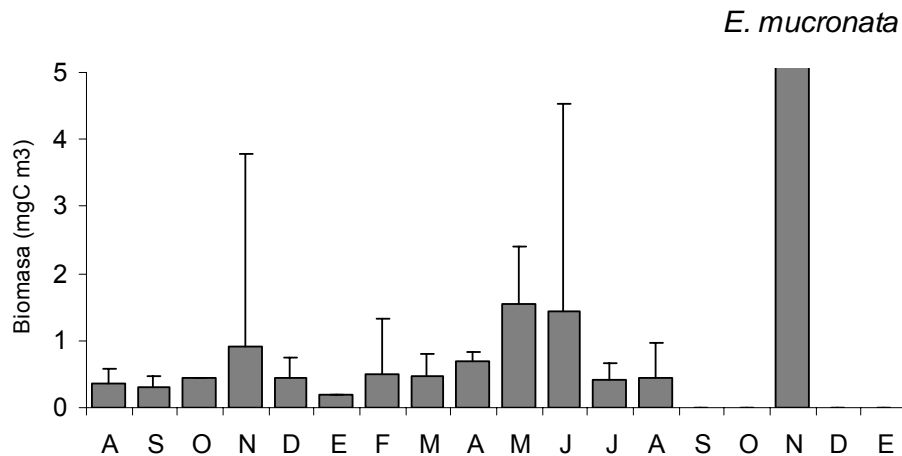


Figura 27: Serie mensual de la biomasa promedio (mgC m⁻³) de *E. mucronata* para el período Agosto 2007 – Noviembre 2008.

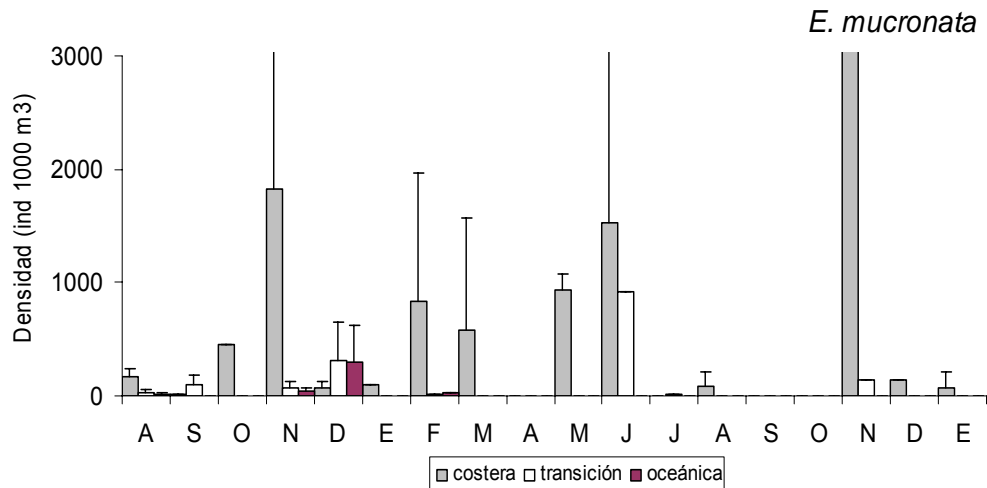


Figura 28: Serie mensual de la densidad promedio (ind 1000 m⁻³) de *E. mucronata* para el período Agosto 2007 – Enero 2009, considerando las estaciones costeras, de transición y oceánicas en el área de estudio.

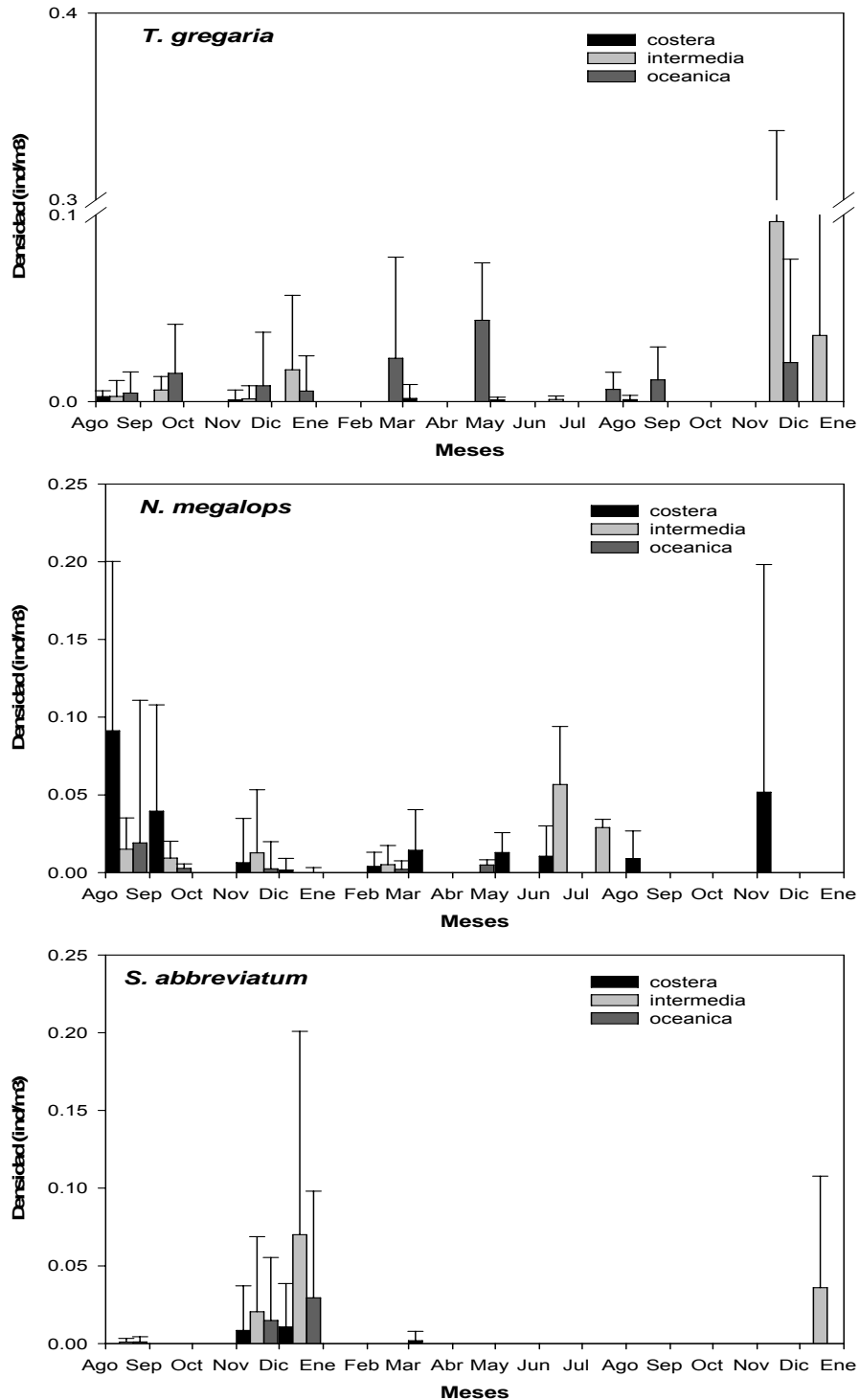


Figura 29: Serie mensual de la densidad promedio de ejemplares adultos + juveniles de *T. gregaria*, *N. megalops* y *S. abbreviatum* reportados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Enero 2009.

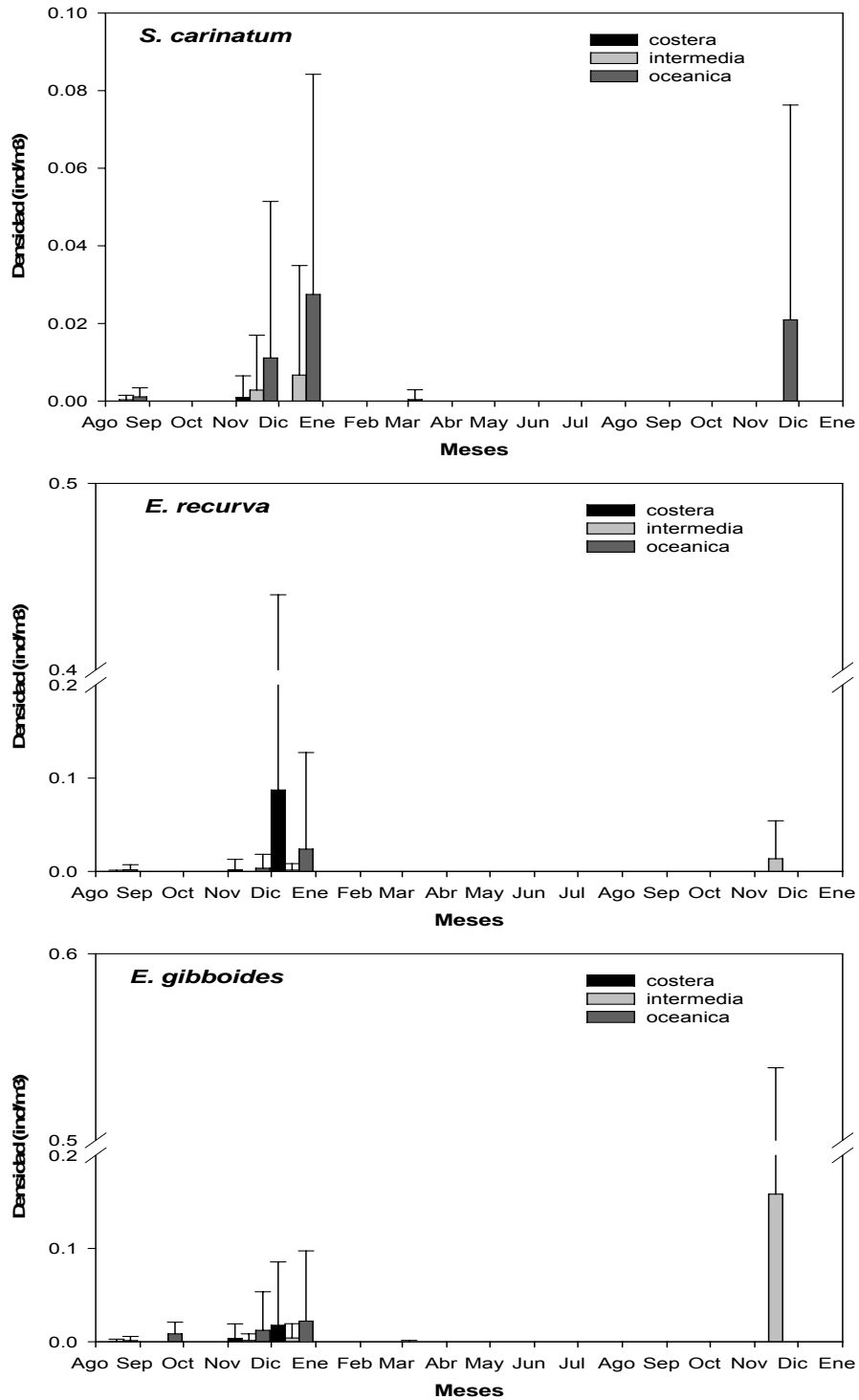


Figura 30: Serie mensual de la densidad promedio de ejemplares adultos + juveniles de *S. carinatum*, *E. recurva* y *E. gibboides* reportados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 - Enero 2009.

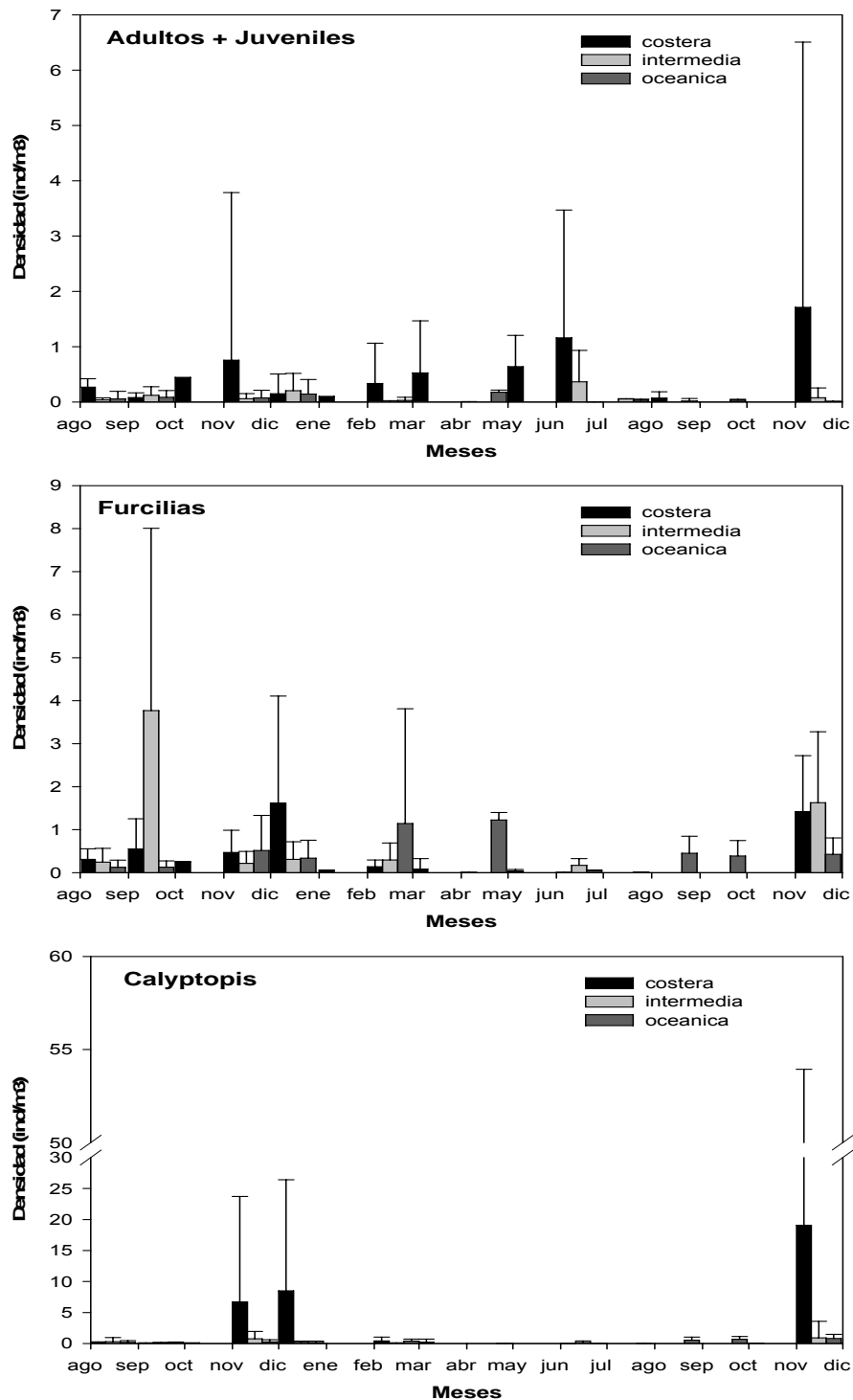


Figura 31. Serie mensual de la densidad promedio de eufáusidos totales (adultos + juveniles), estadios de furcilia y calyptopis reportados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 – Diciembre 2009.

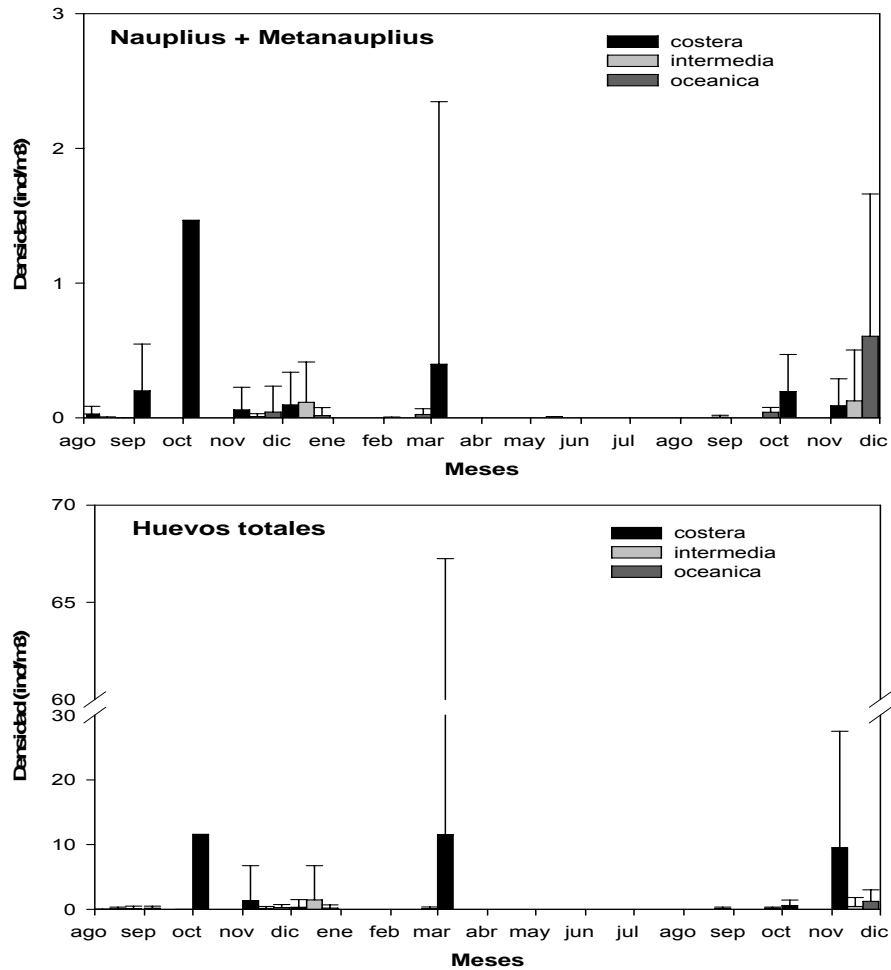


Figura 32. Serie mensual de la densidad promedio de nauplios y huevos de euphausiidos reportados en las muestras provenientes de las regiones costera, intermedia y oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Período Agosto 2007 – Diciembre 2009.

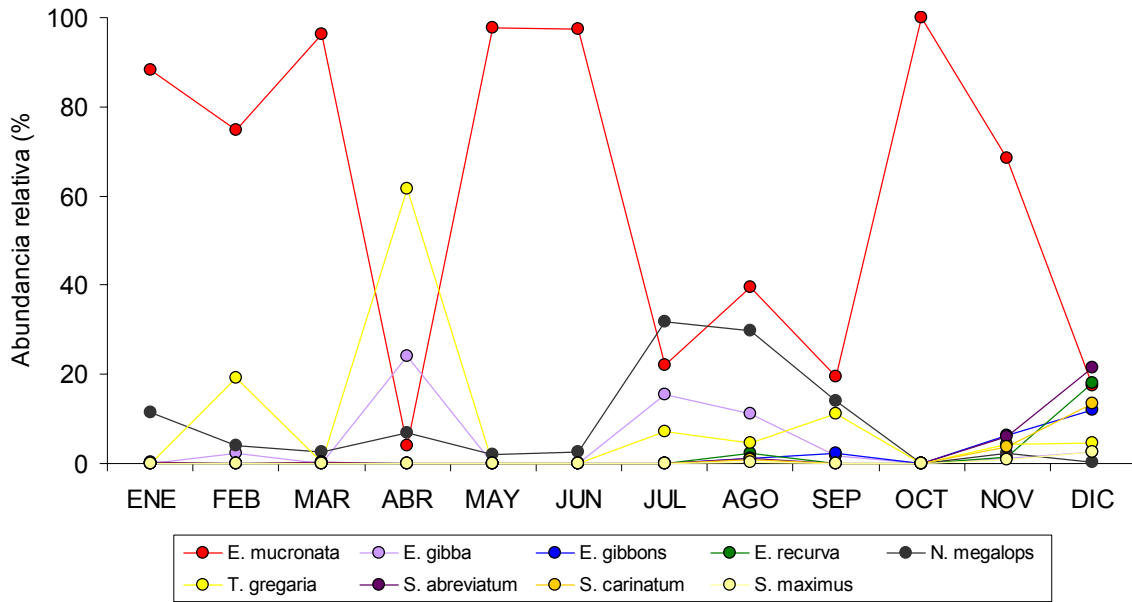


Figura 33: Ciclo anual de dominancia de especies de eufáusidos frente a la zona centro/sur de Chile. Estas especies en su conjunto comprenden el 90% de la abundancia total de eufáusidos entre Agosto de 2007 y Enero de 2009.

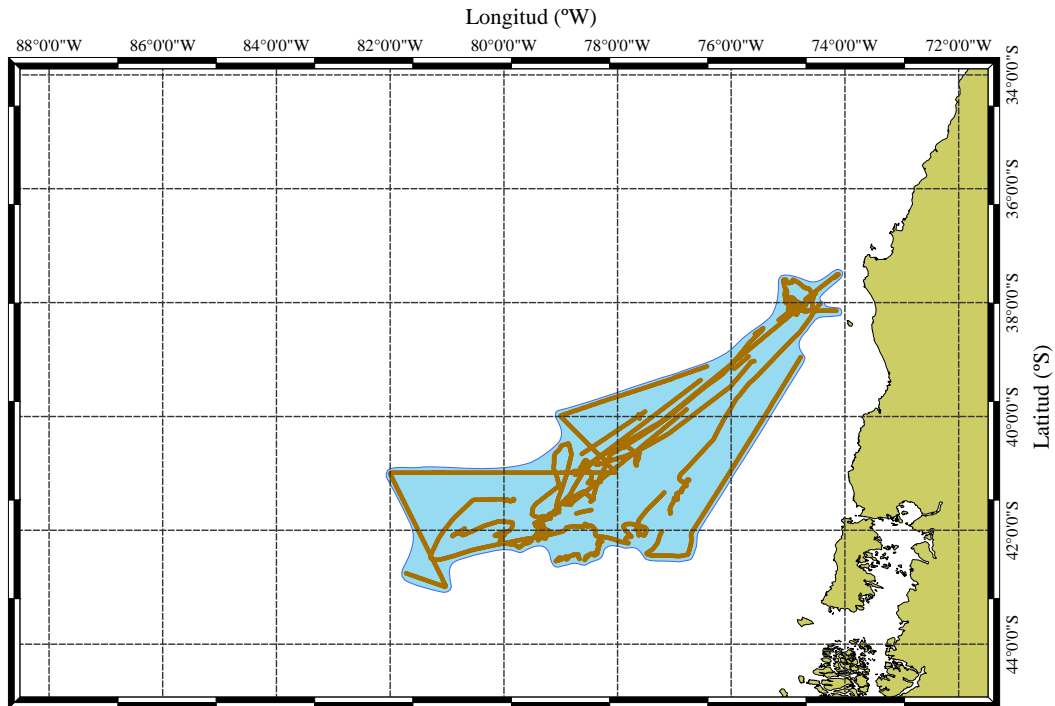


Figura 34. Recorrido de los PAMs Don Julio y Lider (línea café) que colectaron información acústica de la densidad de eufausidos en el primer trimestre de 2008 y área del polígono de estimación (celeste) de la biomasa zooplanctónica.

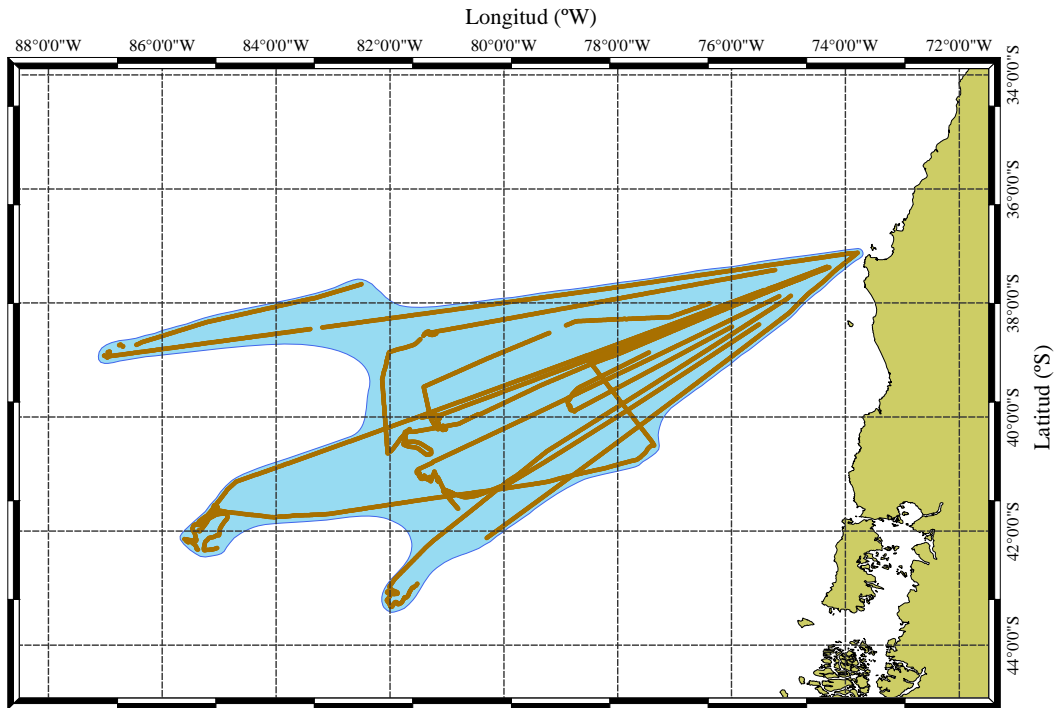


Figura 35. Recorrido de los PAMs Lider y Marpro I (línea café) que colectaron información acústica de la densidad de eufausidos en el segundo trimestre de 2008 y área del polígono de estimación (celeste) de la biomasa zooplanctónica.

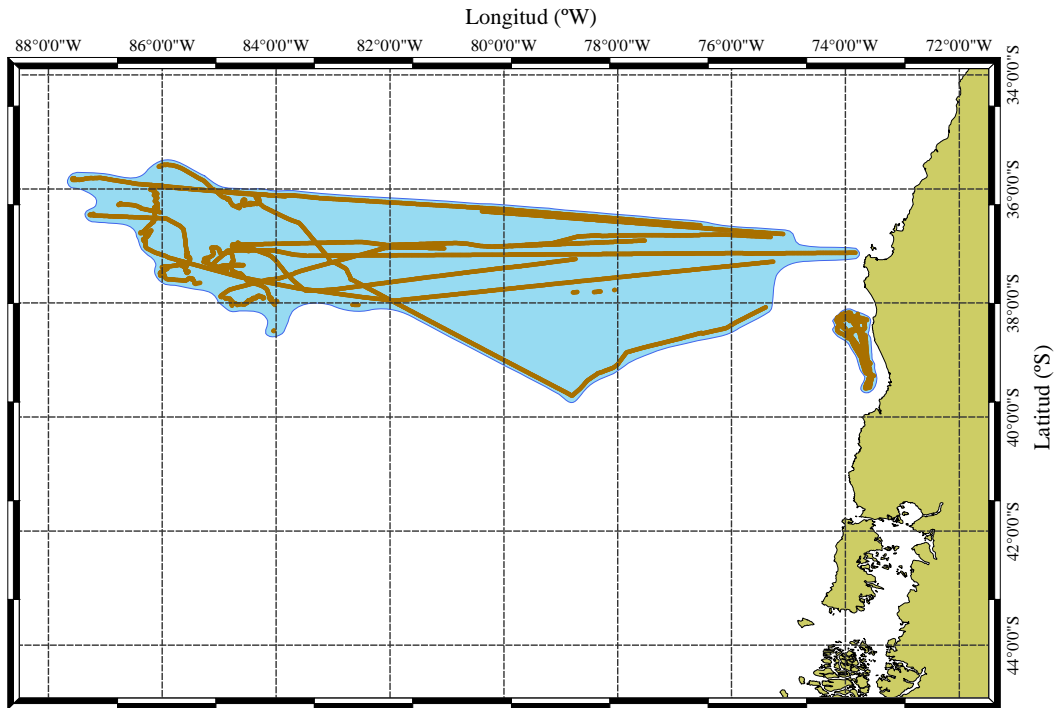


Figura 36. Recorrido de los PAMs Don Edmundo y Marpro I (línea café) que colectaron información acústica de la densidad de eufausidos en el tercer trimestre de 2008 y área del polígono de estimación (celestes) de la biomasa zooplanctónica.

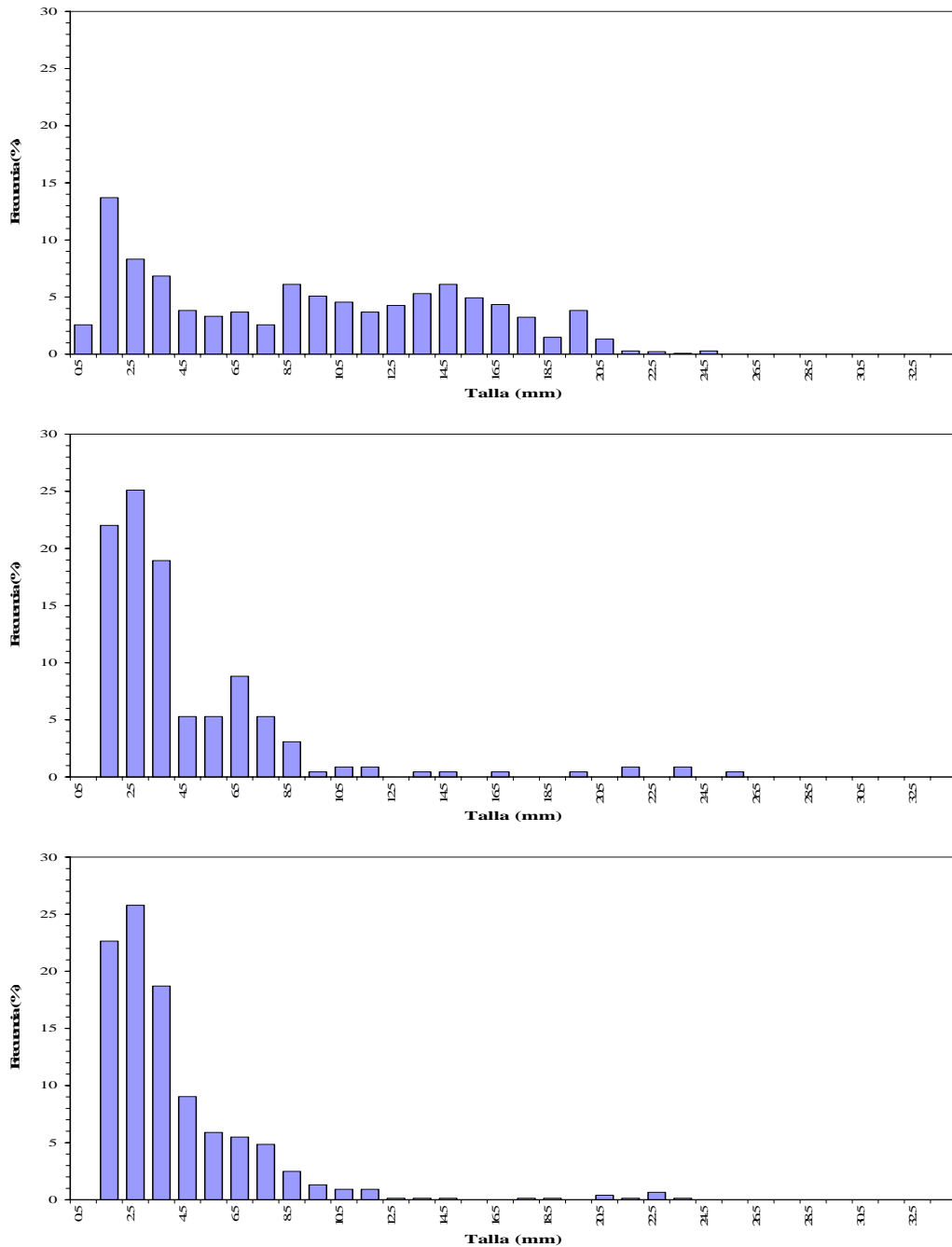


Figura 37. Composición de tamaños de eupausidos en muestras planctónicas en el primer trimestre de 2008 por zona geográfica. Arriba: sector costero; Centro: zona intermedia. Abajo: sector oceánico.

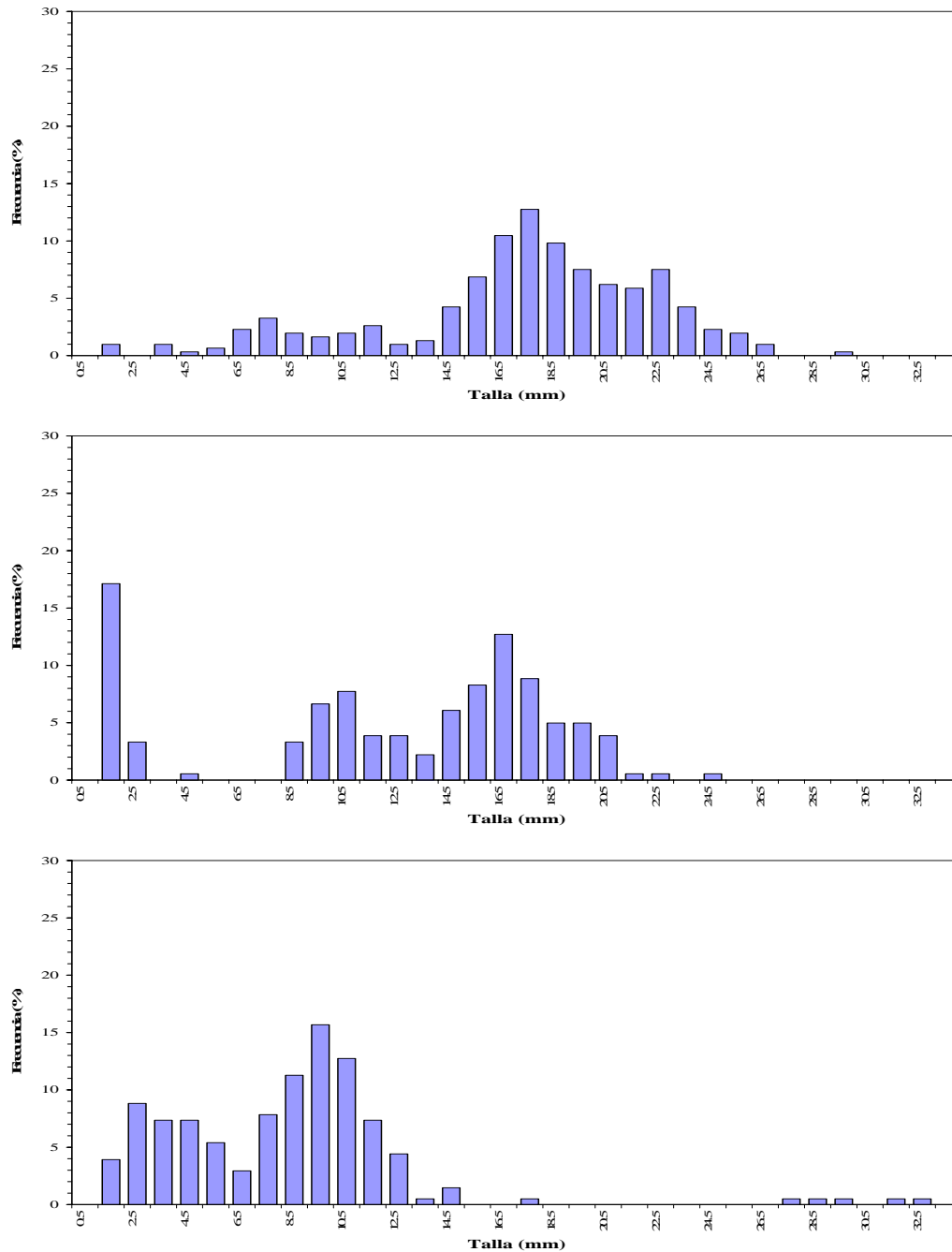


Figura 38. Composición de tamaños de eupausidos en muestras planctónicas en el segundo trimestre de 2008 por zona geográfica. Arriba: sector costero; Centro: zona intermedia. Abajo: sector oceánico.

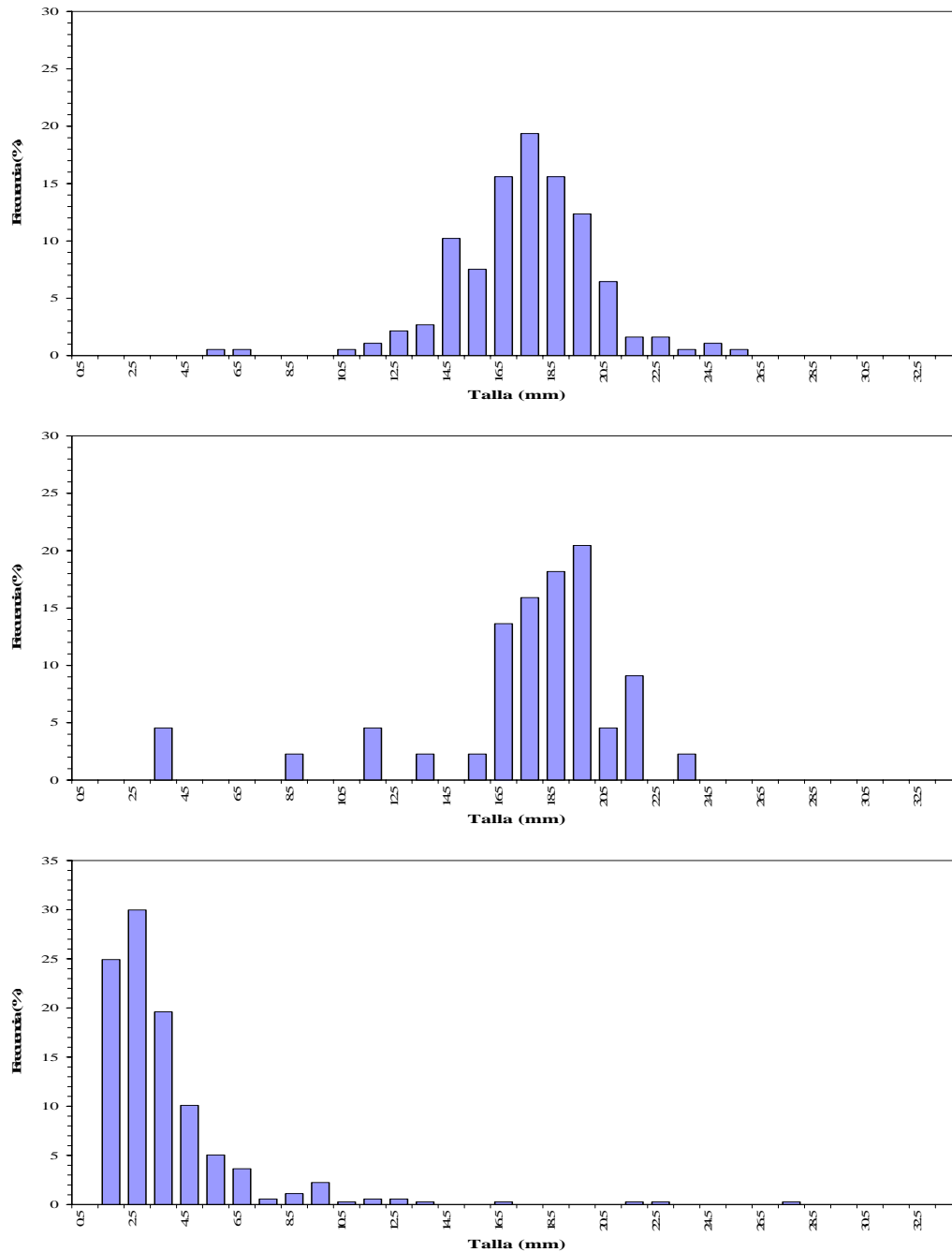


Figura 39. Composición de tamaños de eupausidos en muestras planctónicas en el tercer trimestre de 2008 por zona geográfica. Arriba: sector costero; Centro: zona intermedia. Abajo: sector oceánico.

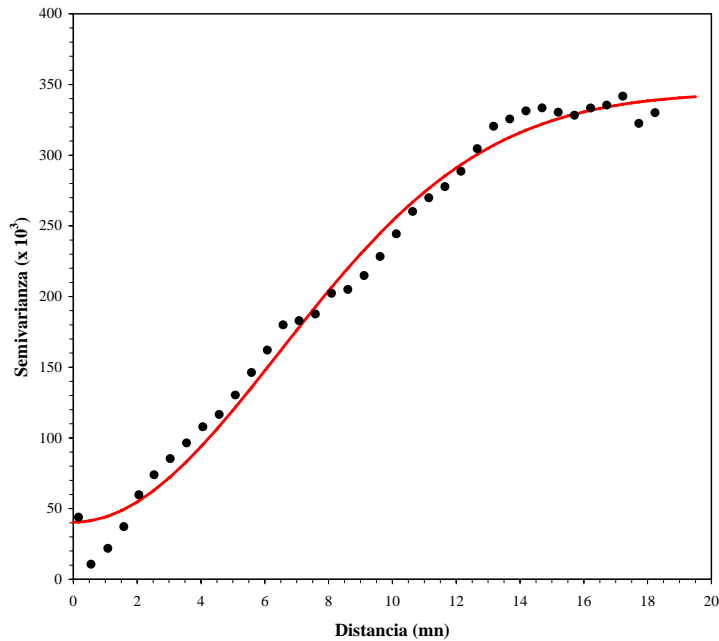


Figura 40. Variograma experimental (puntos) y variograma teórico (línea continua) de la densidad de eufausidos en el primer trimestre de 2008.

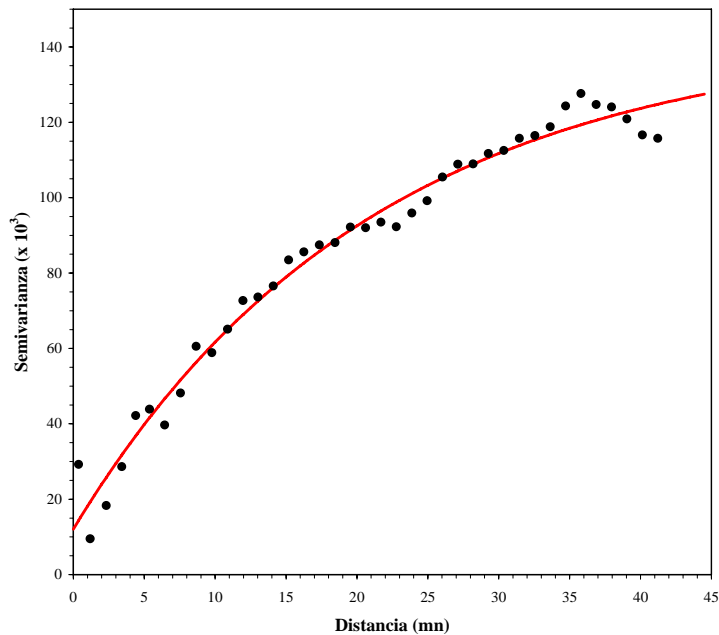


Figura 41. Variograma experimental (puntos) y variograma teórico (línea continua) de la densidad de eufausidos en el segundo trimestre de 2008.

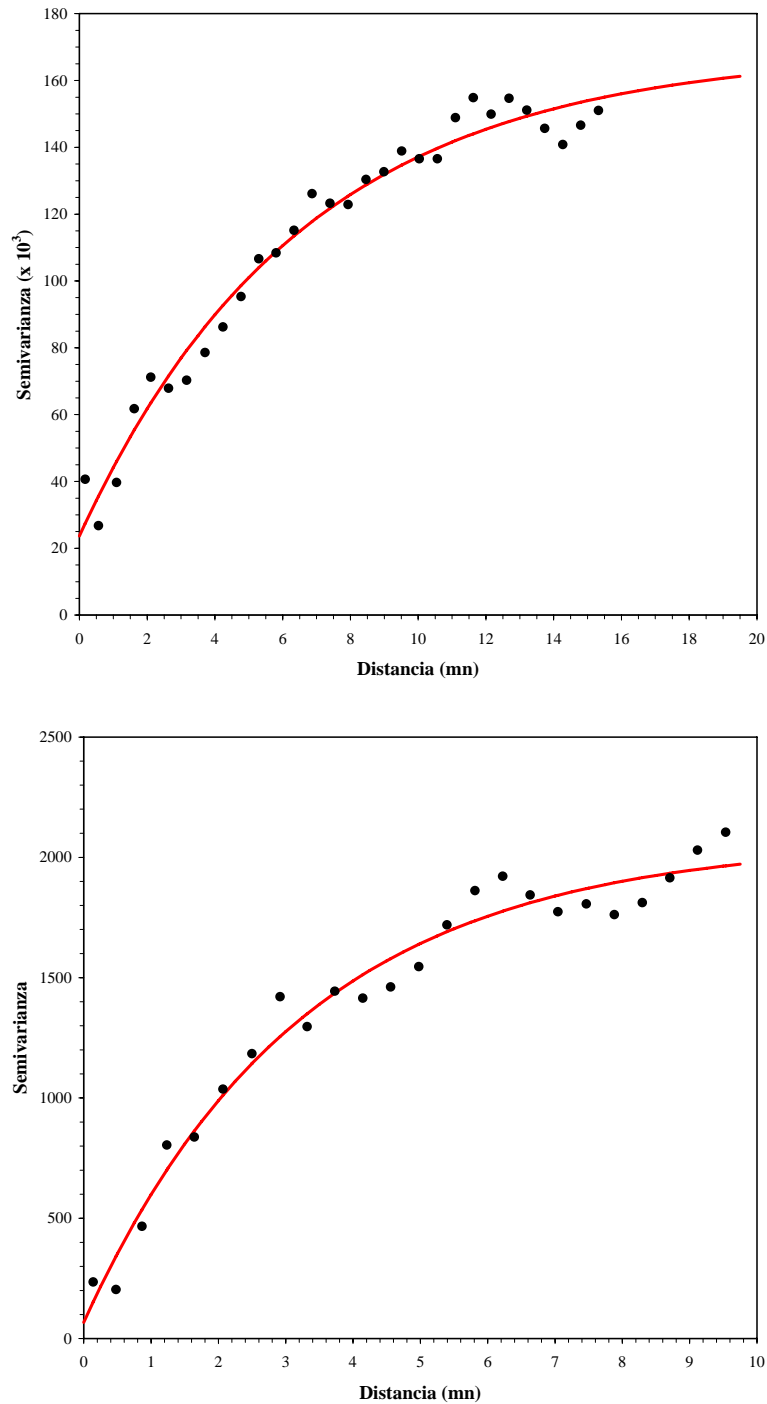


Figura 42. Variograma experimental (puntos) y variograma teórico (línea continua) de la densidad de eupausidos en el tercer trimestre de 2008. Arriba: polígono oceánico. Abajo: polígono costero.

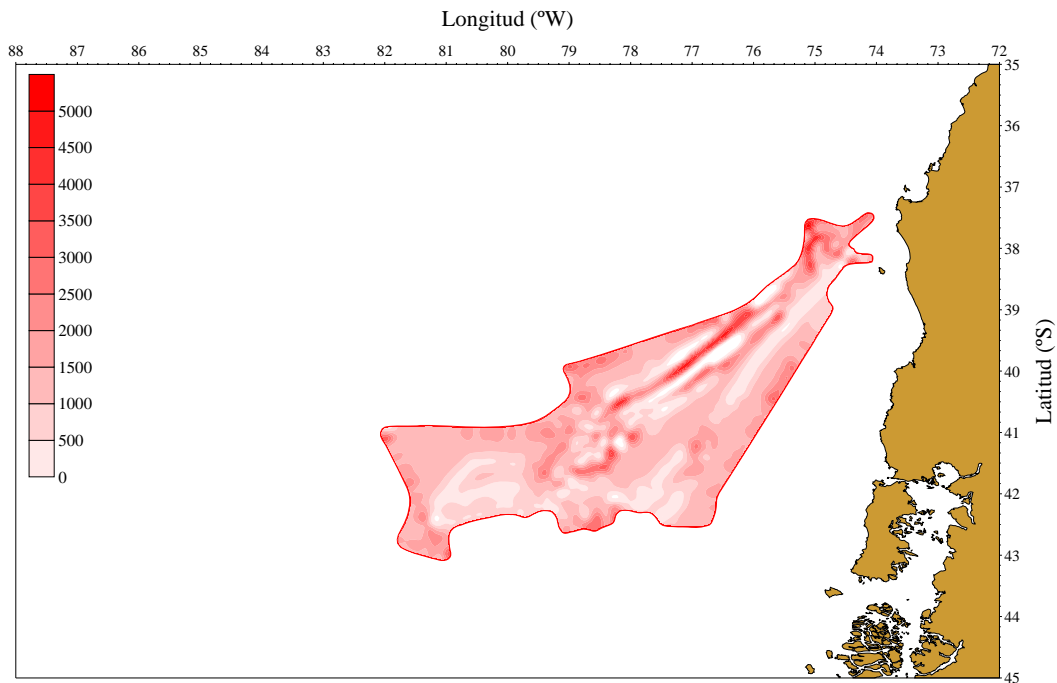


Figura 43. Distribución espacial de la densidad (ton mn⁻²) de eufausidos en el primer trimestre de 2008.

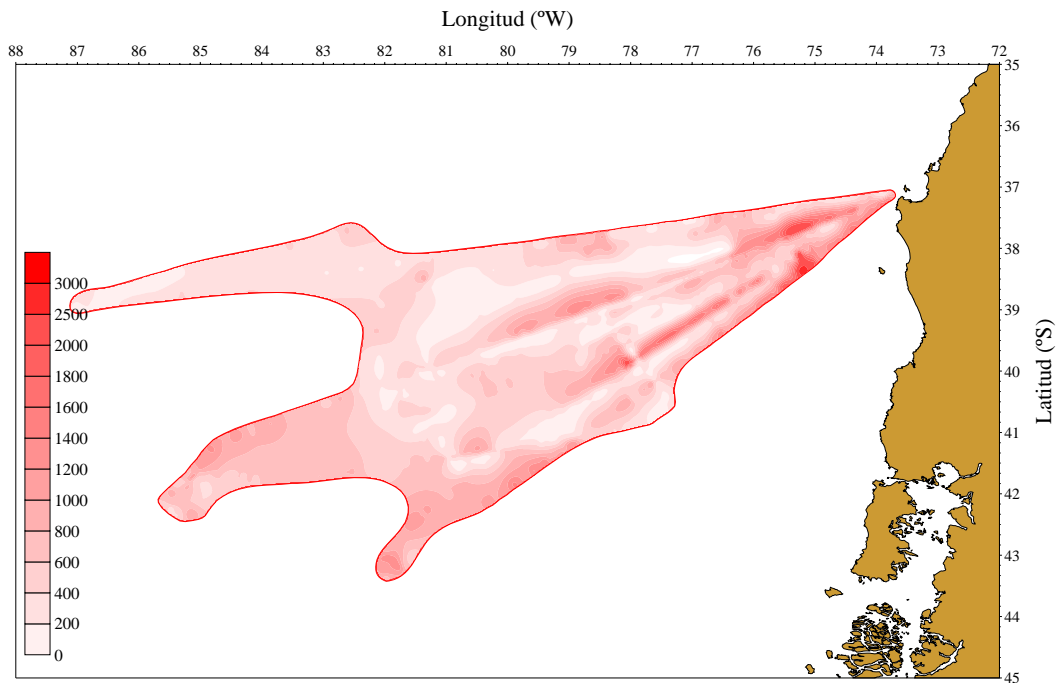


Figura 44. Distribución espacial de la densidad (ton mn⁻²) de eufausidos en el segundo trimestre de 2008.

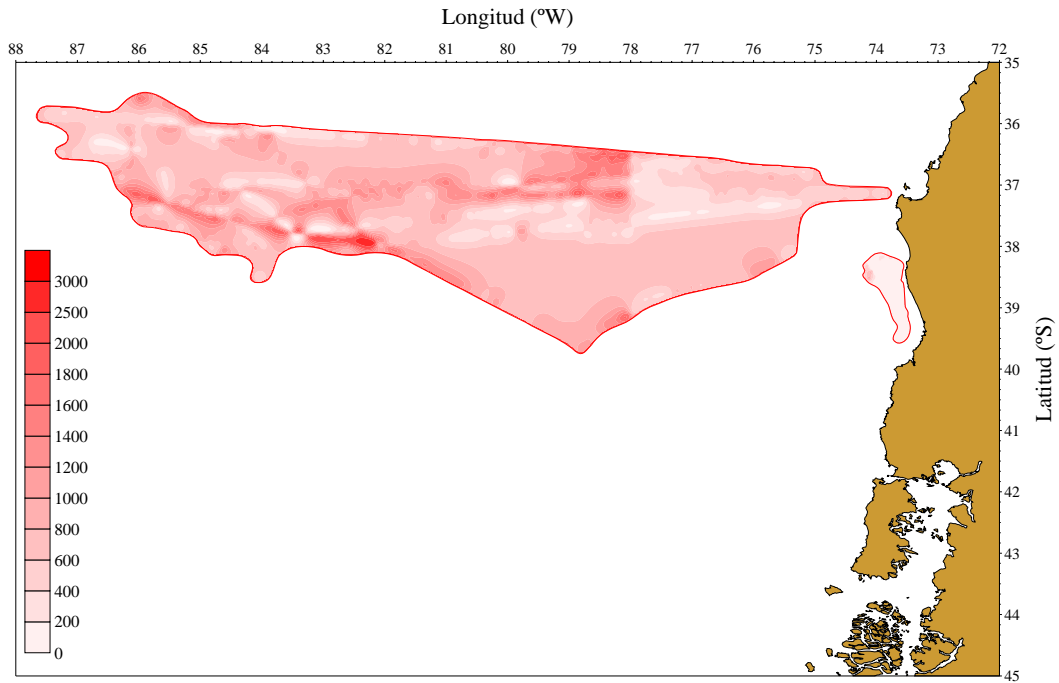


Figura 45. Distribución espacial de la densidad (ton mn⁻²) de eufausidos en el tercer trimestre de 2008.

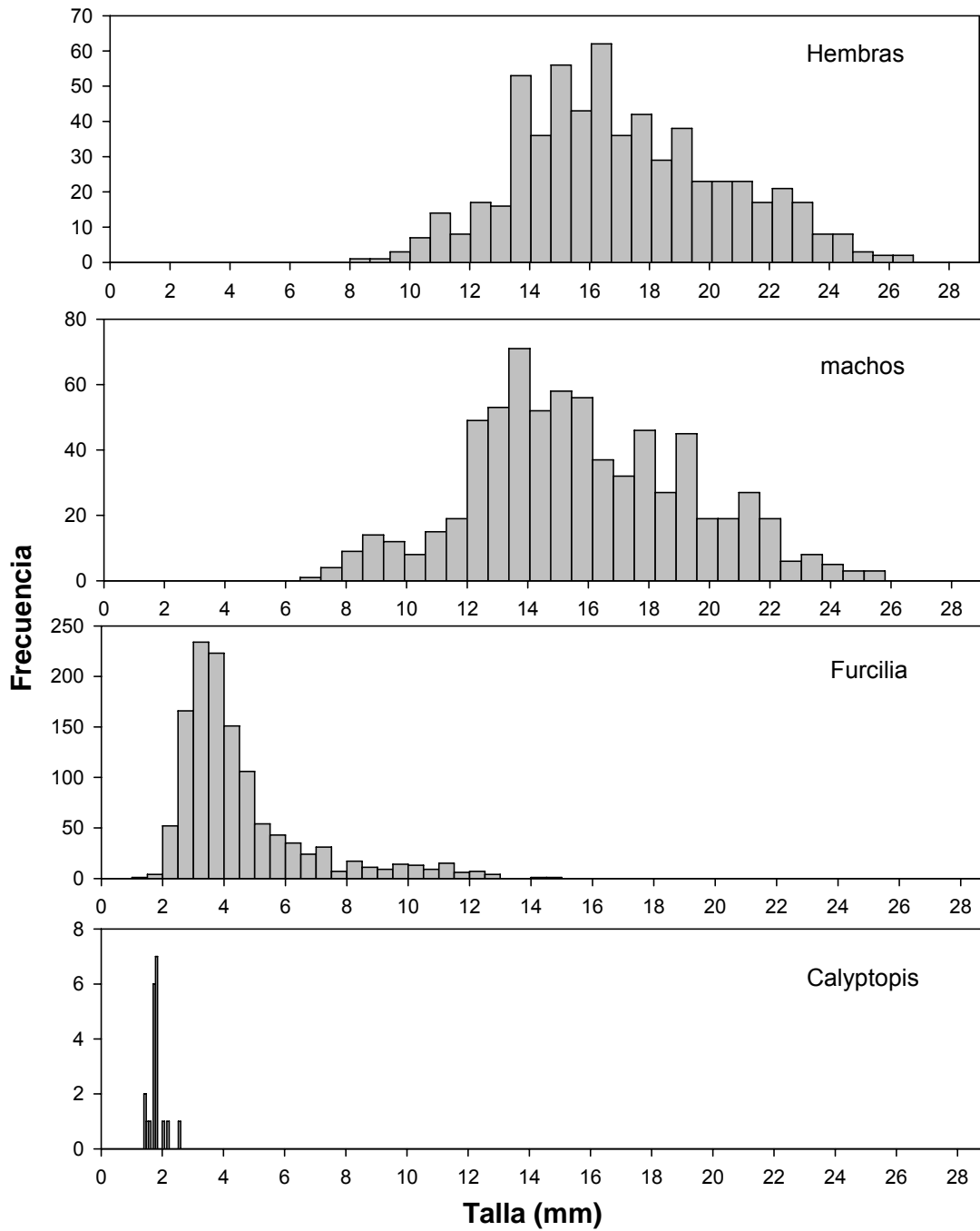


Figura 46: Estructura de tamaño y edad (estadios de desarrollo) de *Euphausia mucronata* encontrados en la región centro-sur de Chile durante el período Agosto 2007 – Diciembre 2008.

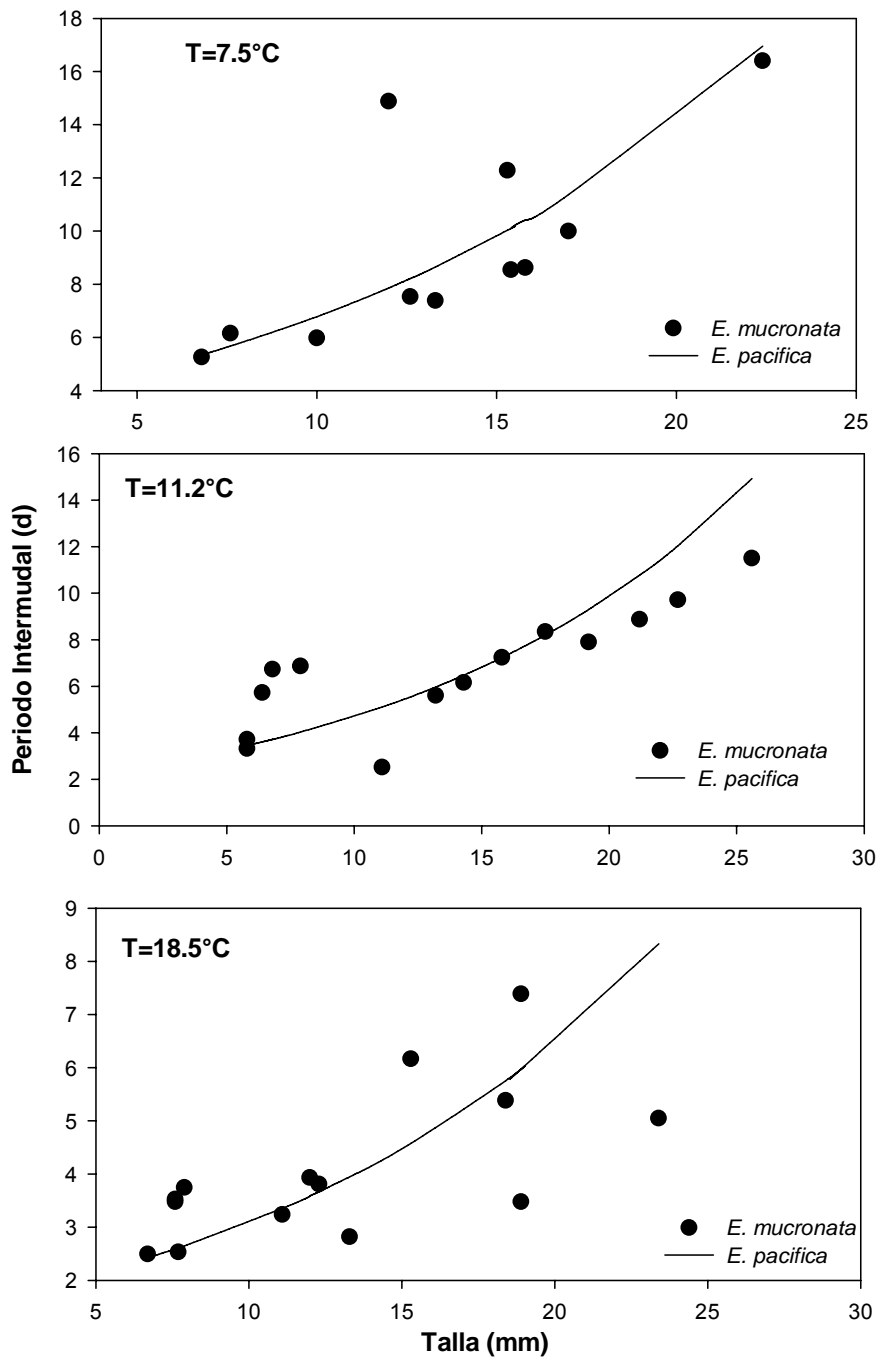


Figura 47: Tasa de desarrollo de *E. mucronata* en condiciones experimentales a 3 temperaturas promedio. La función ajustada corresponde a la ecuación derivada para *Euphausia pacifica* por Iguchi & Ikeda (1995).

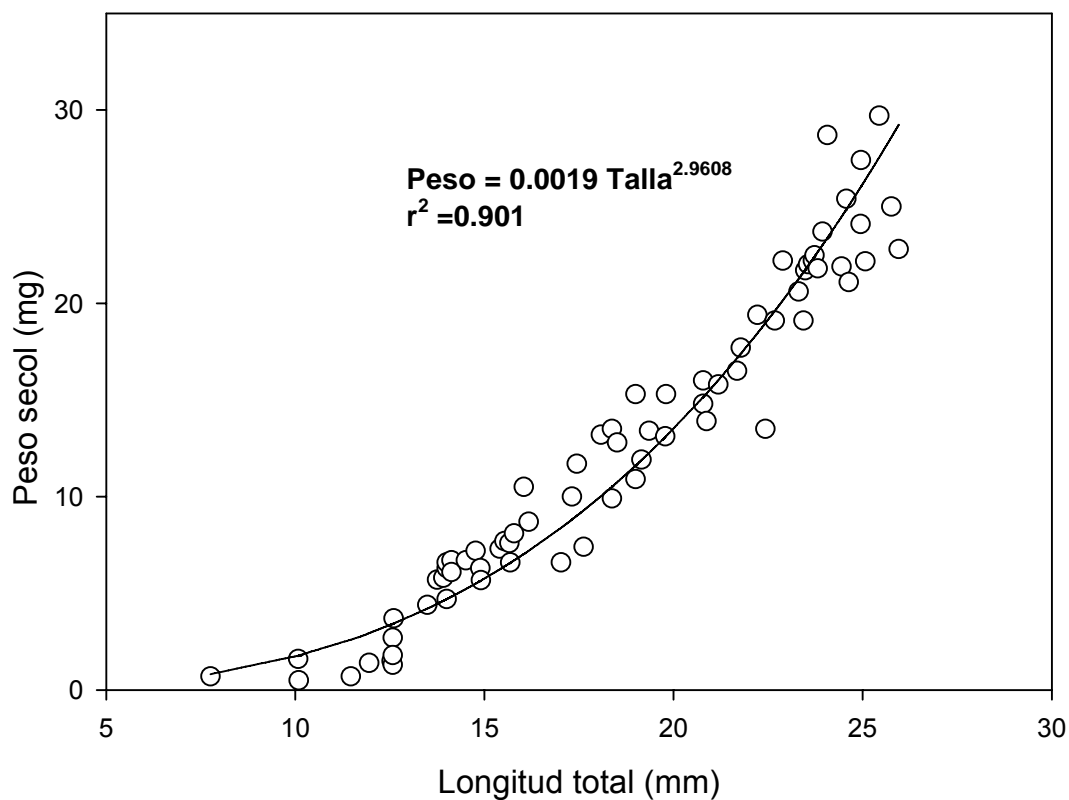


Figura 48: Relación peso-talla para la especie dominante *E. mucronata*.

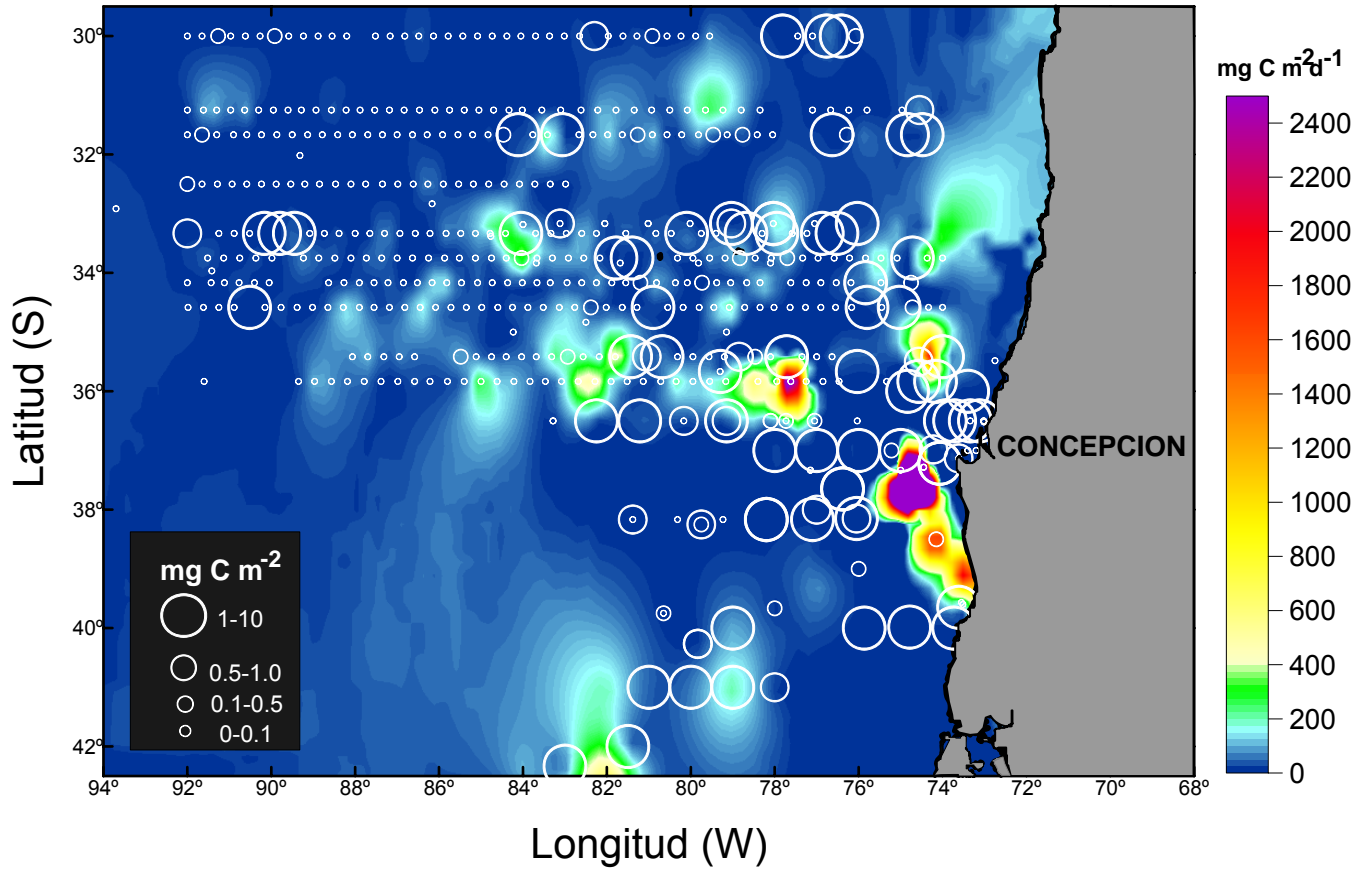


Figura 49: Distribución espacial de la biomasa (mgC m⁻²) y de la producción de biomasa (mgC m⁻² d⁻¹) de *E. mucronata* para la región centro-sur de Chile durante el período Agosto 2007 – Diciembre 2008.

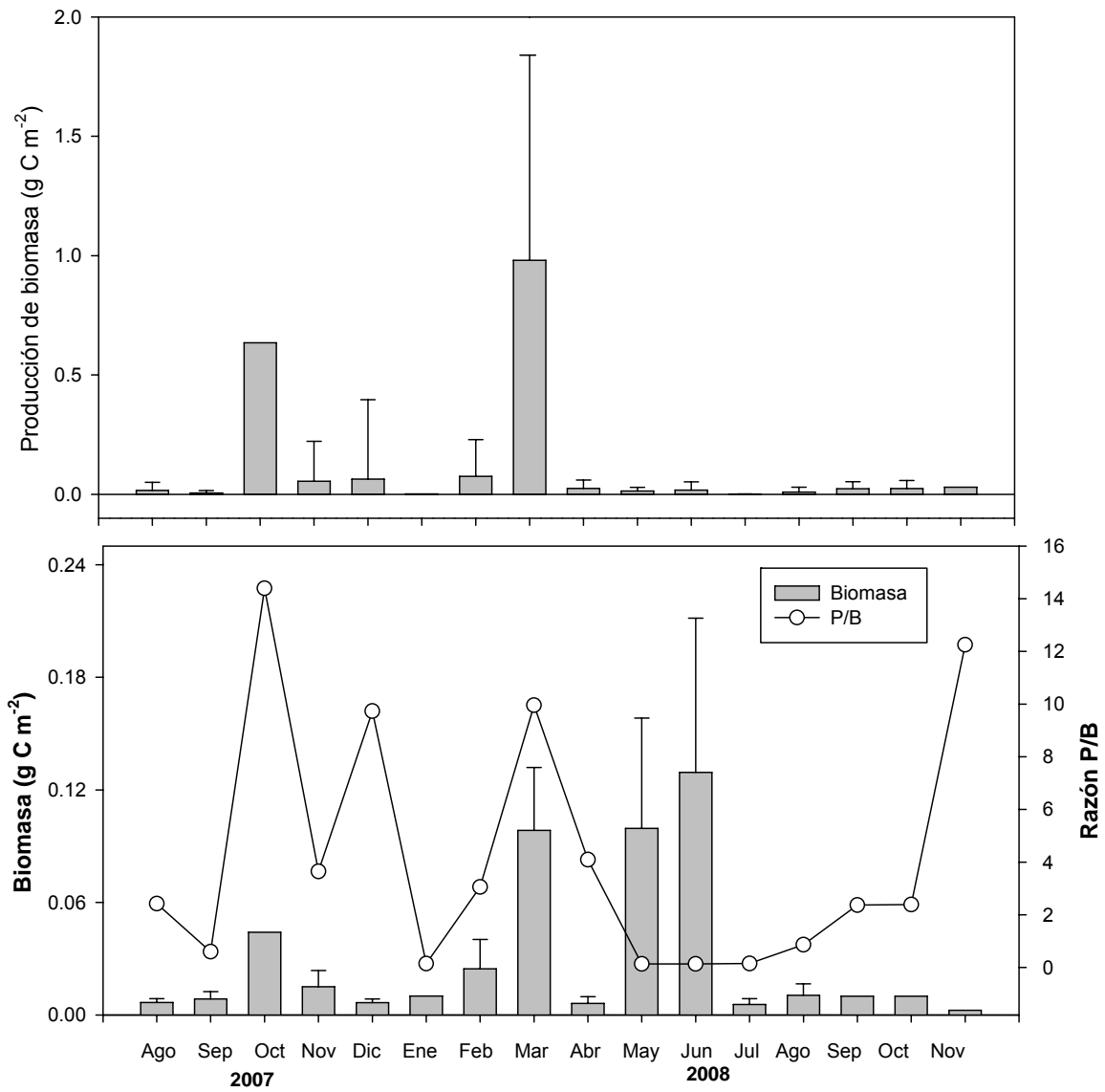


Figura 50: Variabilidad temporal de la producción, biomasa y la razón P/B de la especie dominante *E. mucronata*.

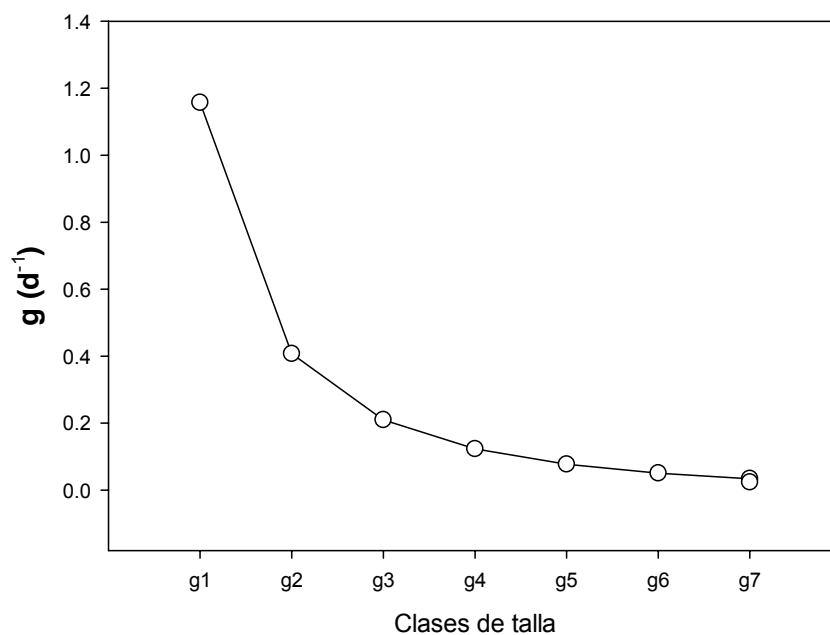


Figura 51: Variaciones de la tasa específica de crecimiento (g) de *Euphausia mucronata* en función de clases de tallas en el rango de 1,4 a 25,8 mm.

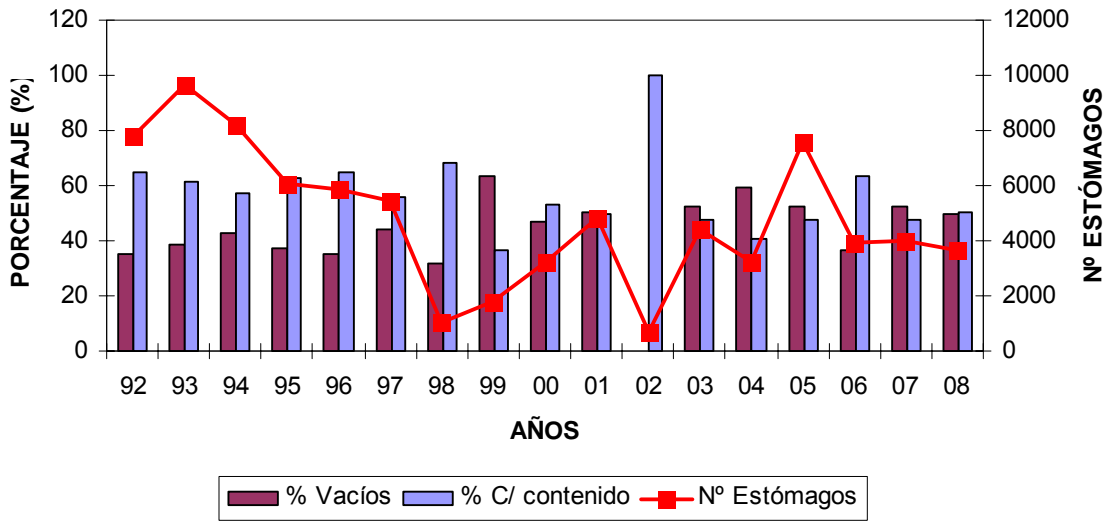


Figura 52. Variación interanual del número de estómagos analizados de merluza común, y del porcentaje de estómagos vacíos y con contenido para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.

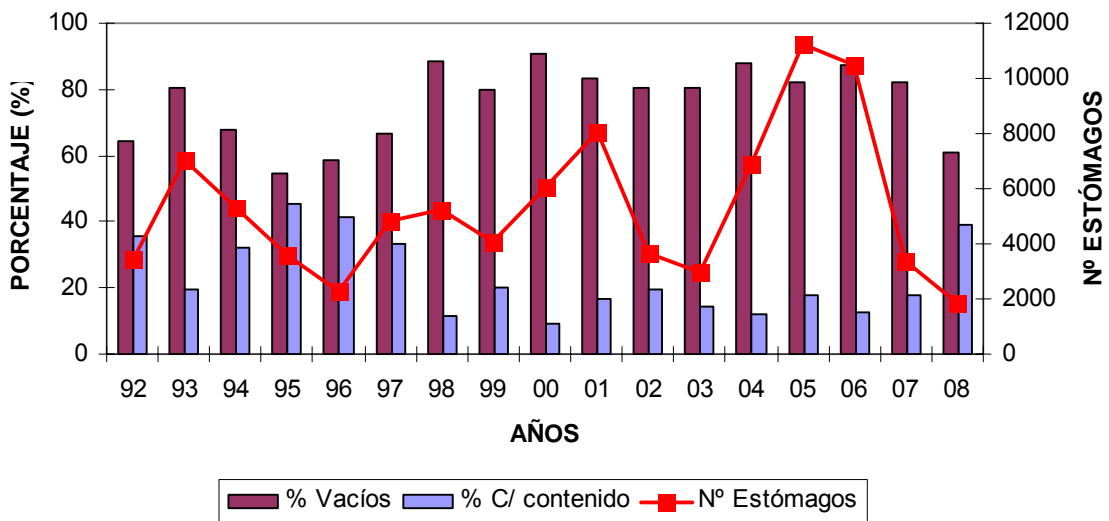


Figura 53. Variación interanual del número de estómagos analizados de jurel y del porcentaje de estómagos vacíos y con contenido para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.

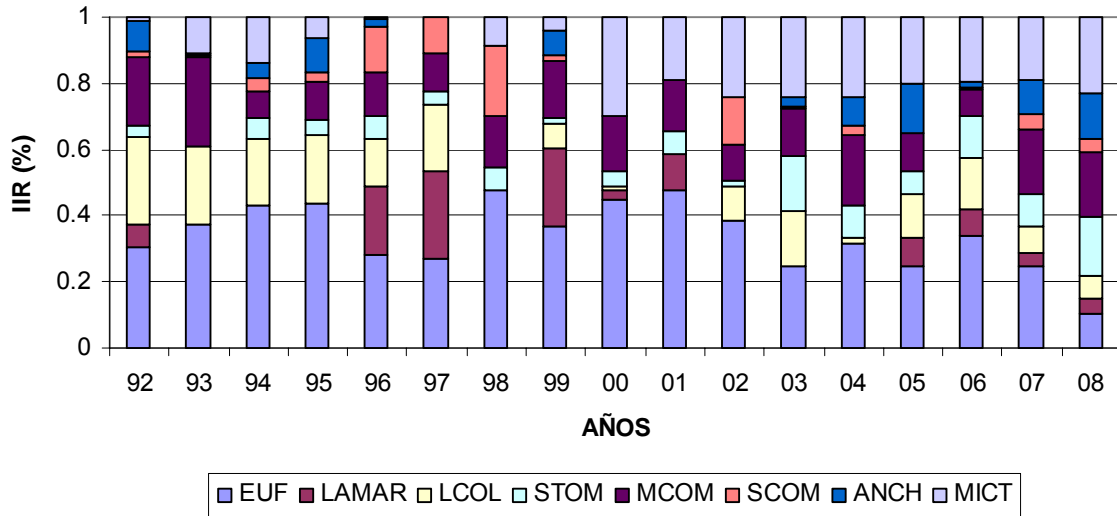


Figura 54. Variación interanual del índice de importancia relativa (IIR, %) de las presas contenidas en estómagos de merluza común, para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile. EUF= Eufáusidos, LAMAR= Langostino amarillo, LCOL= Langostino colorado, STOM= Estomatópodos, MCOM= Merluza común, SCOM= Sardina común, ANCH= Anchoqueta, MICT= Mictófidios.

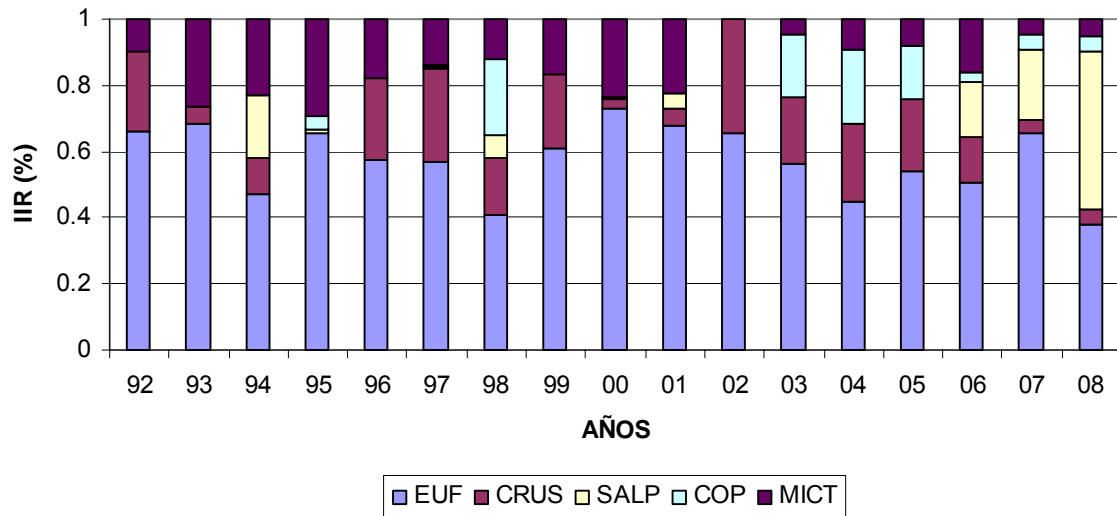


Figura 55. Variación interanual del índice de importancia relativa (IIR, %) de las presas contenidas en estómagos de jurel, para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile. EUF= Eufáusidos, CRUS= Crustáceos, SALP= Salpas, COP= Copépodos, MICT= Mictófidios.

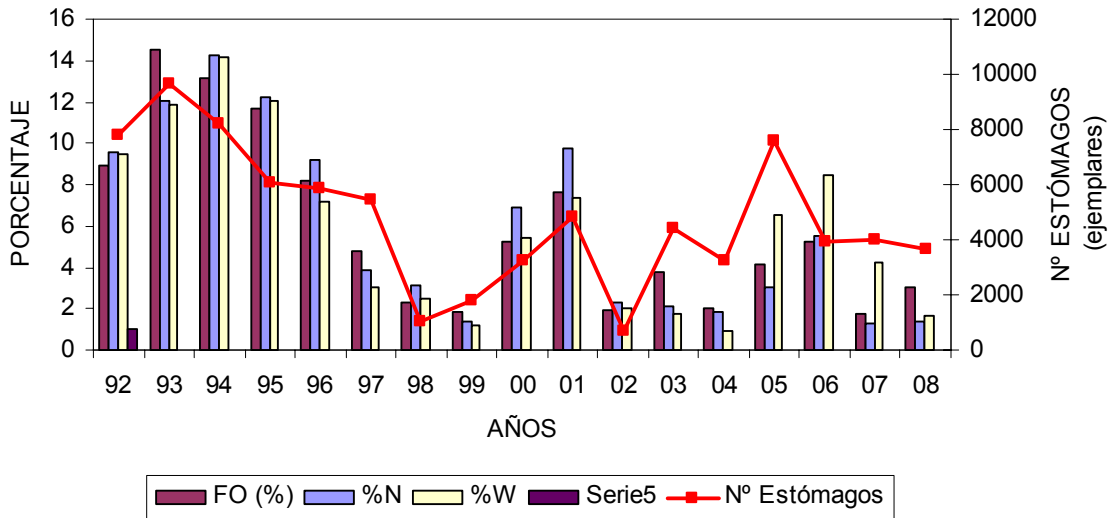


Figura 56. Variación interanual de la frecuencia de ocurrencia (FO%), frecuencia en número y peso (%N, %W) de eufáusidos en los contenidos estomacales de merluza común, para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.

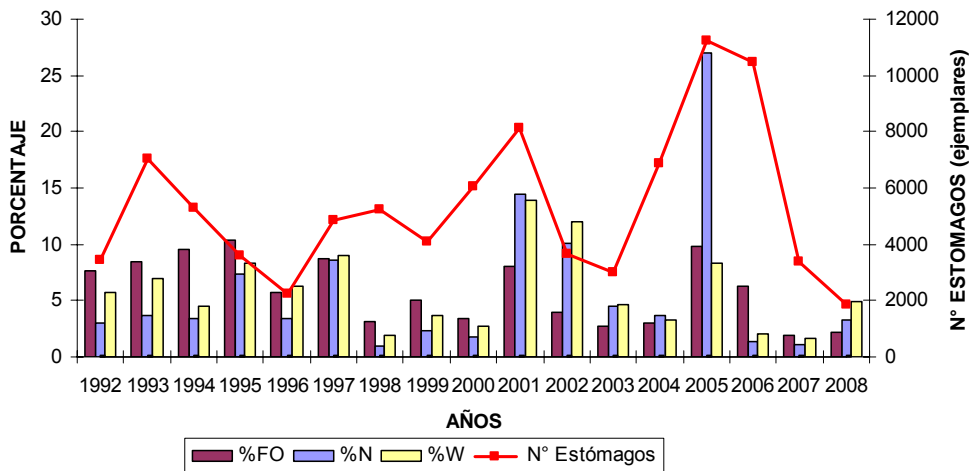


Figura 57. Variación interanual de la frecuencia de ocurrencia (FO%), frecuencia en número y peso (%N, %W) de eufáusidos en los contenidos estomacales de jurel, para el período 1992 - 2008 en la región centro-sur de Chile.

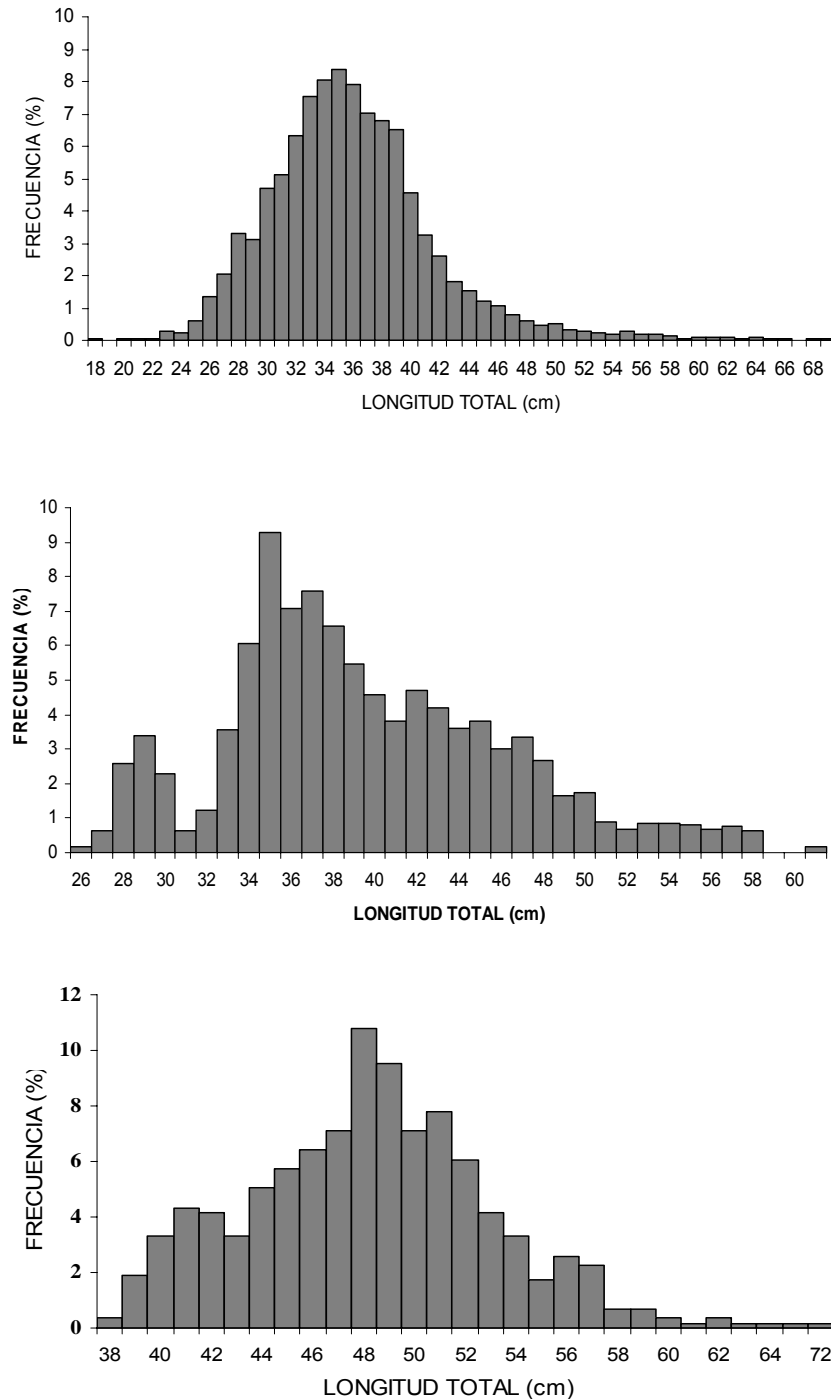


Figura 58. Distribución de frecuencia de tallas de ejemplares utilizados en el análisis de contenido estomacal de a.-) merluza común Febrero – Diciembre b.-) jurel Enero-Octubre c.-) Merluza de cola Febrero – Diciembre para el período de 2008 en la región centro-sur de Chile.

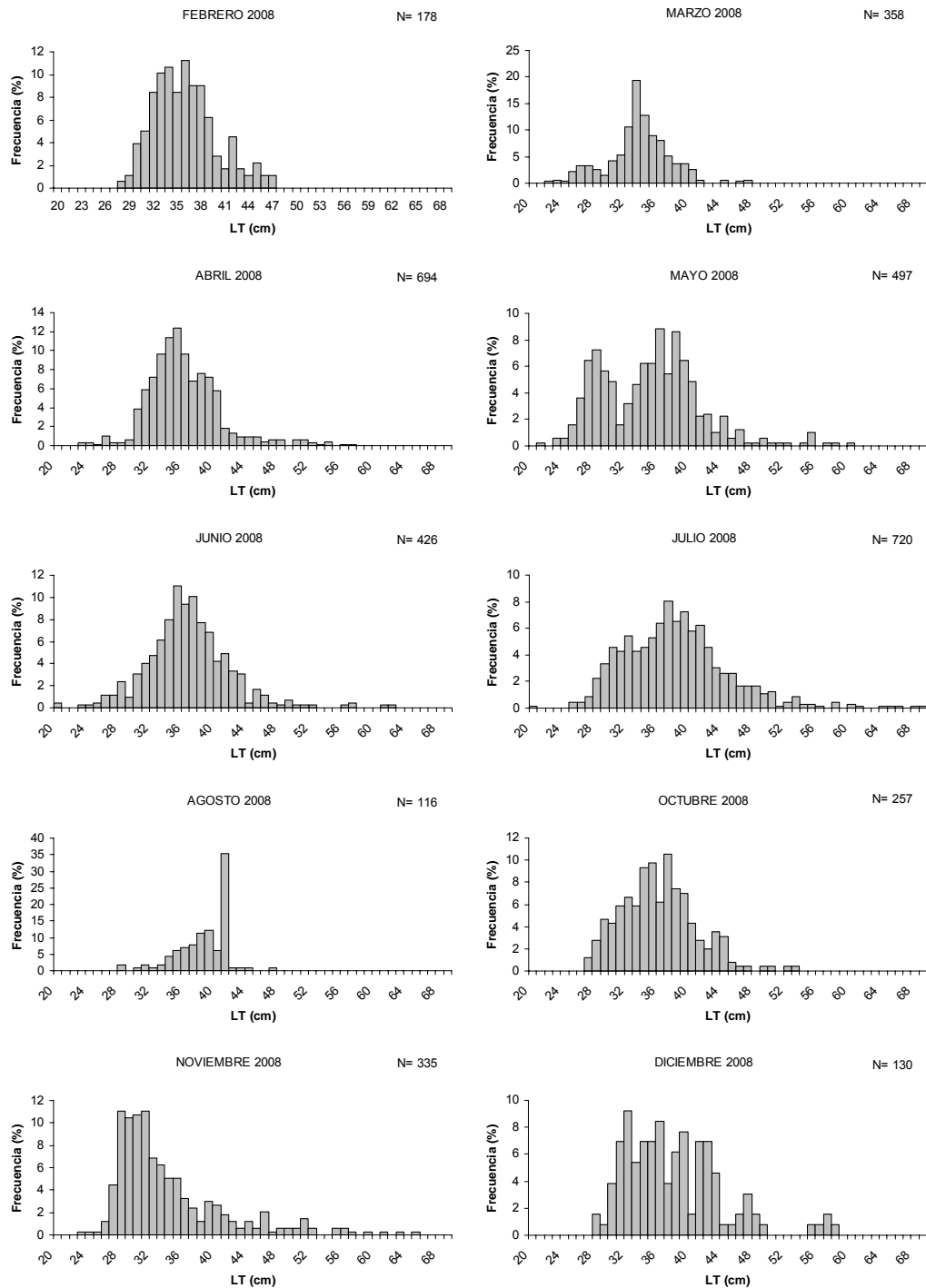


Figura 59. Distribución mensual de frecuencia de tallas de ejemplares de merluza común utilizados en el análisis de contenido estomacal para el período Febrero – Diciembre de 2008 en la región centro-sur de Chile.

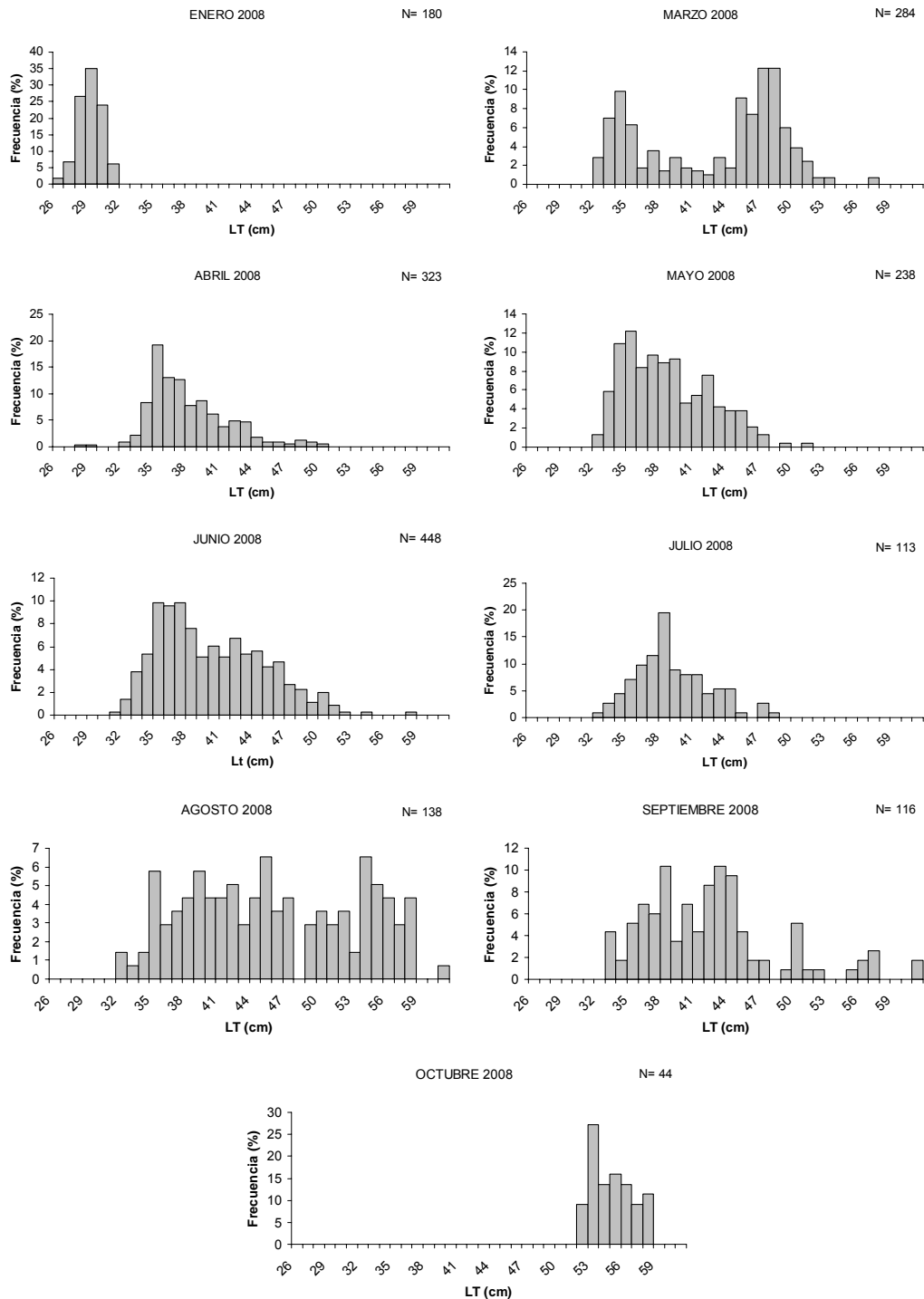


Figura 60. Distribución mensual de frecuencia de tallas de ejemplares de jurel utilizados en el análisis de contenido estomacal para el período Febrero – Octubre de 2008 en la región centro-sur de Chile.

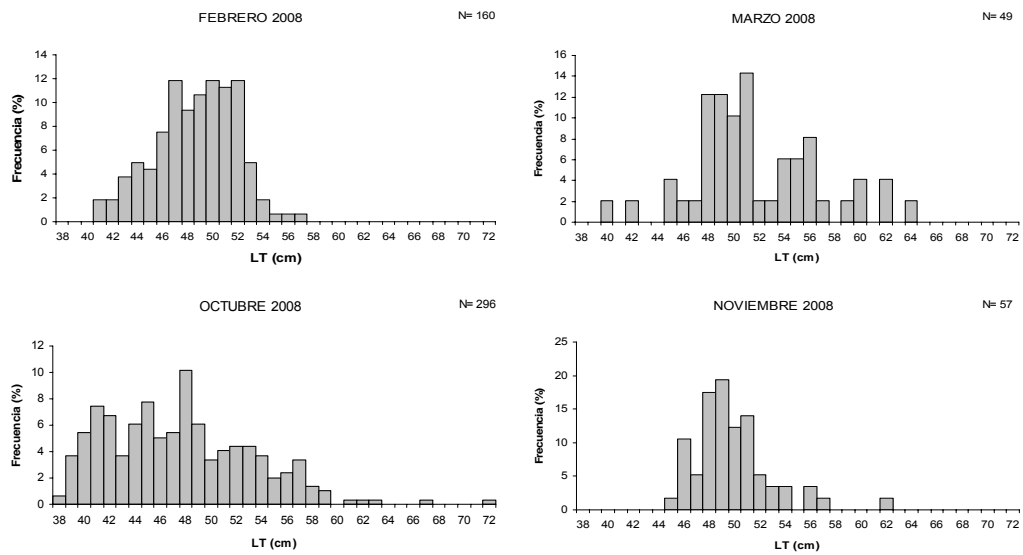


Figura 61. Distribución mensual de frecuencia de tallas de ejemplares de merluza de cola utilizados en el análisis de contenido estomacal para el período Enero – Noviembre de 2008 en la región centro-sur de Chile.

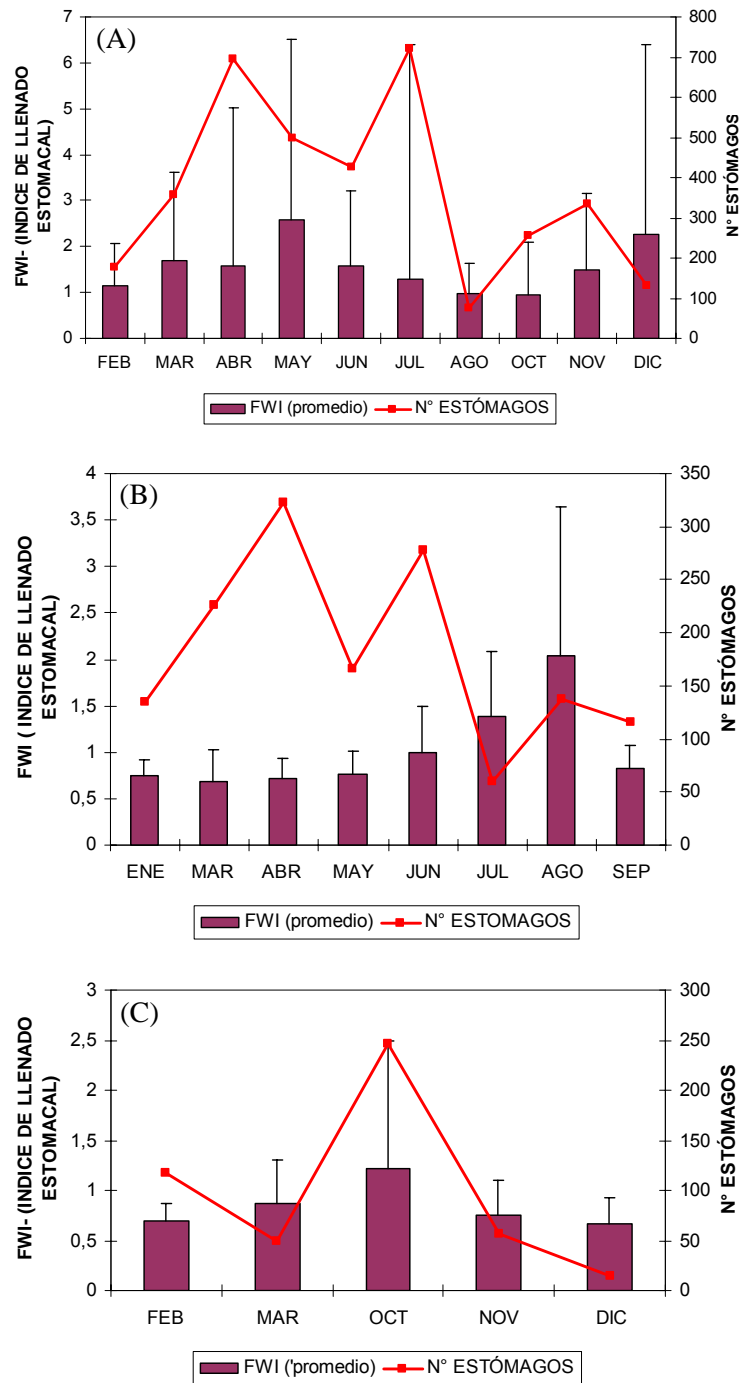


Figura 62: Distribución mensual del índice de llenado estomacal (FWI) y del número de estómagos analizados a.-) merluza común Febrero – Diciembre b.-) jurel Enero – Septiembre c.-) merluza de cola Febrero – Diciembre para el 2008 en la región centro-sur de Chile.

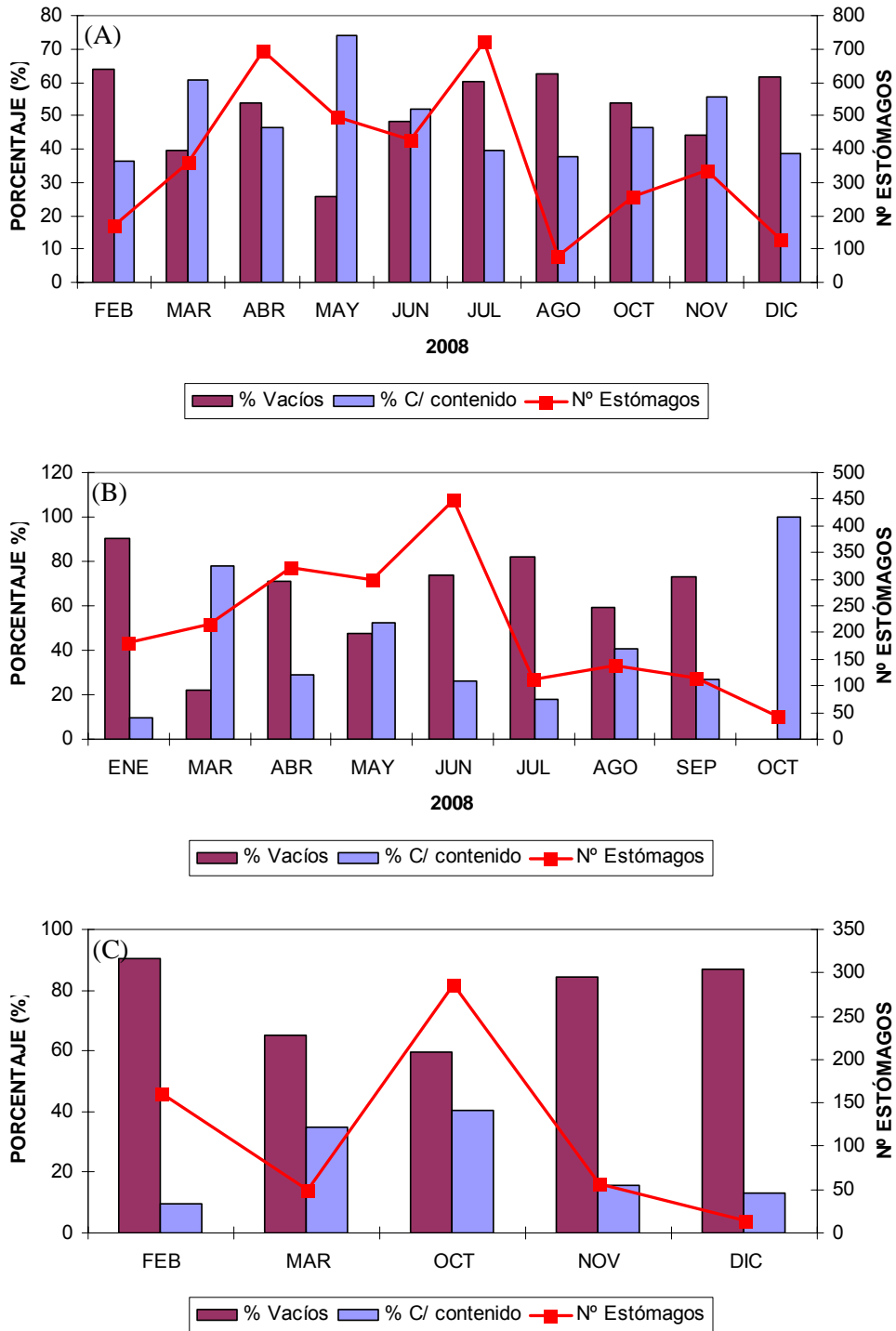


Figura 63: Distribución mensual del número de estómagos analizados y del porcentaje de estómagos vacíos y con contenido para a.) merluza común Febrero – Diciembre b.) jurel Enero – Octubre c.) merluza de cola Febrero – Diciembre de 2008 en la región centro-sur de Chile

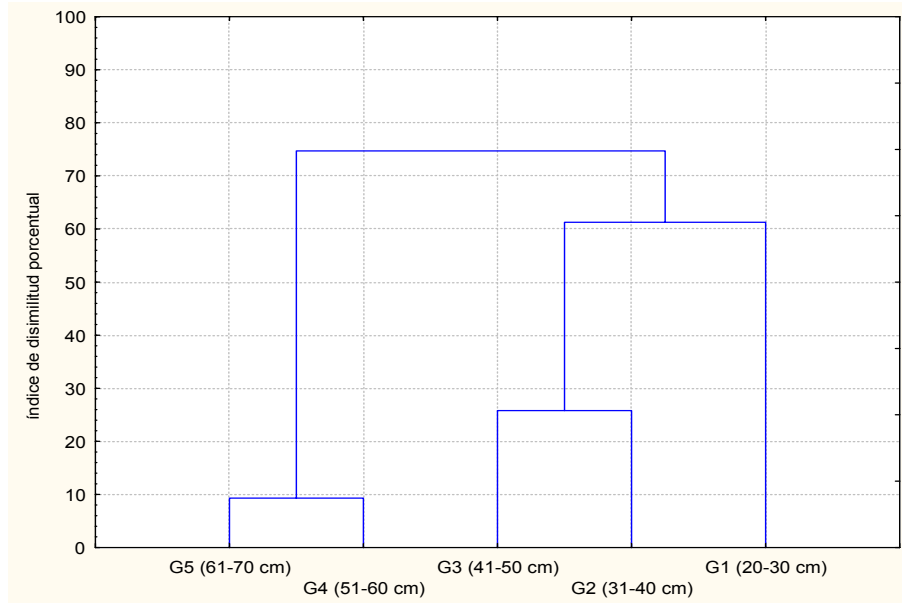


Figura 64: Gráfico de conglomerados por grupos de tamaños de ejemplares merluza común analizados para el estudio del contenido estomacal durante el año 2008. G1 (N= 575), G2 (N= 2507), G3 (N= 507), G4 (N= 69), G5 (N= 13) en la región centro-sur de Chile.

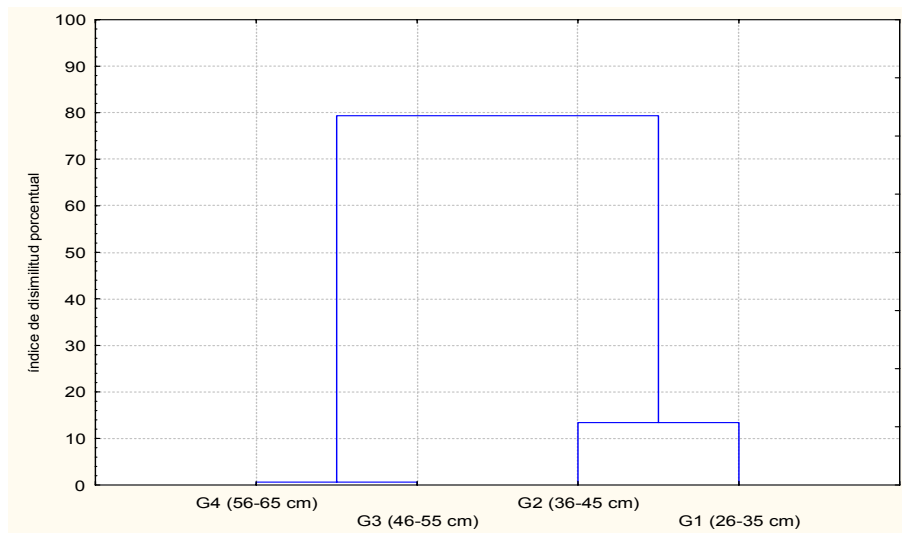


Figura 65: Gráfico de conglomerados por grupos de tamaños de ejemplares jurel analizados para el estudio del contenido estomacal durante el año 2008. G1 (N=562), G2 (N= 969), G3 (N=311), G4 (N=42) en la región centro-sur de Chile.

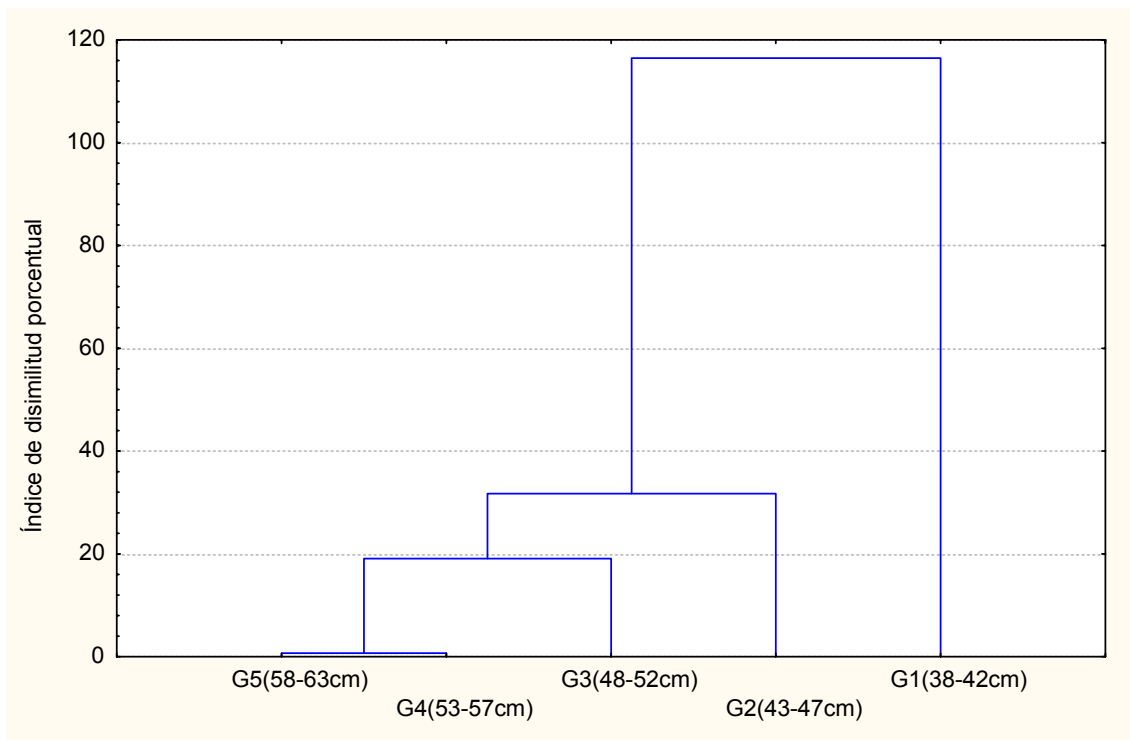


Figura 66: Gráfico de conglomerados por grupos de tamaños de ejemplares merluza de cola analizados para el estudio del contenido estomacal durante el año 2008. G1 (N= 575), G2 (N= 2507), G3 (N= 507), G4 (N= 69), G5 (N= 13) en la región centro-sur de Chile.

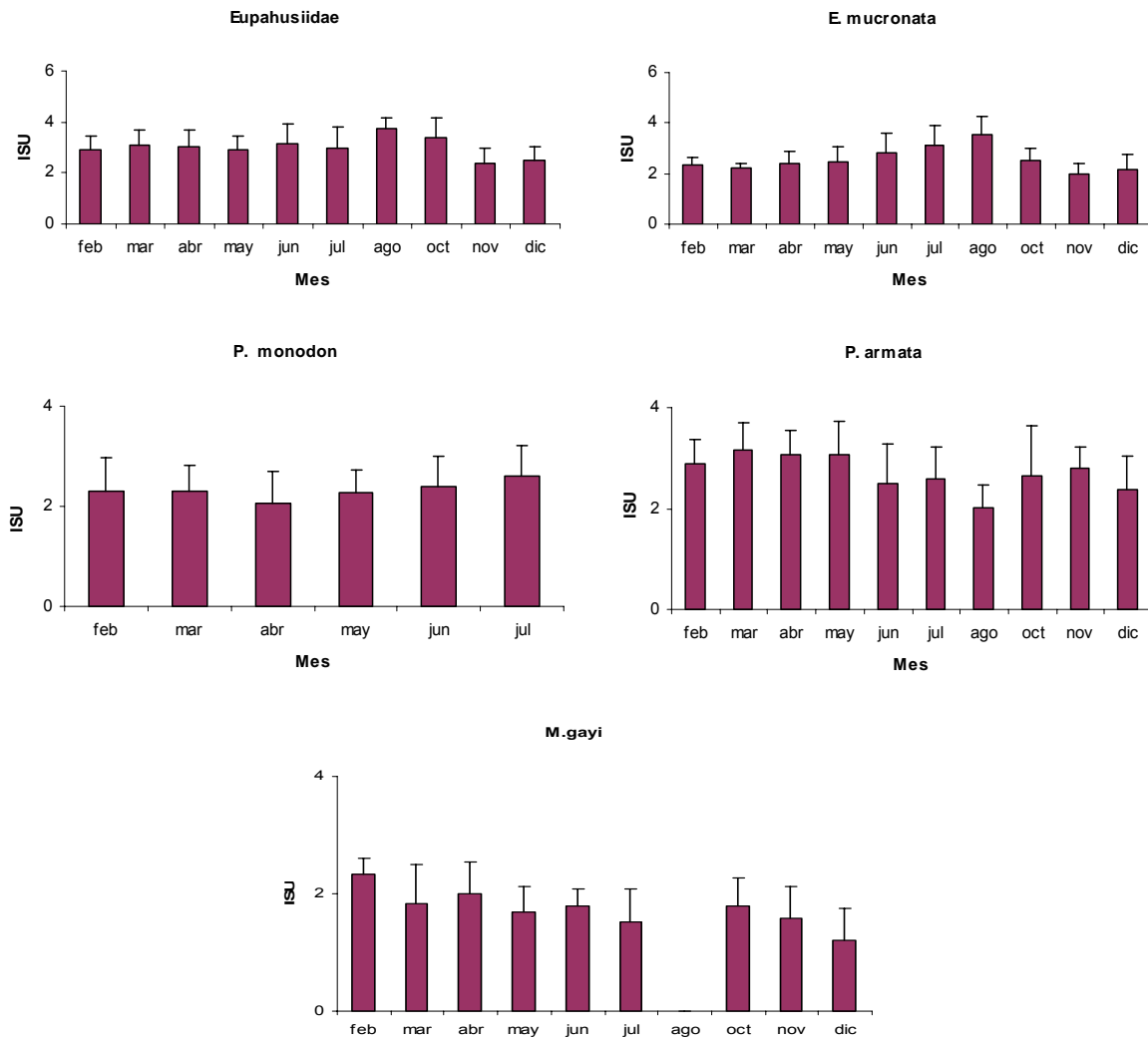


Figura 67. Gráficos de barra del índice de selectividad de Ursin (ISU) para cada una de las presas más importantes que se encontraron en el año 2008 en los contenidos gástricos de merluza común.

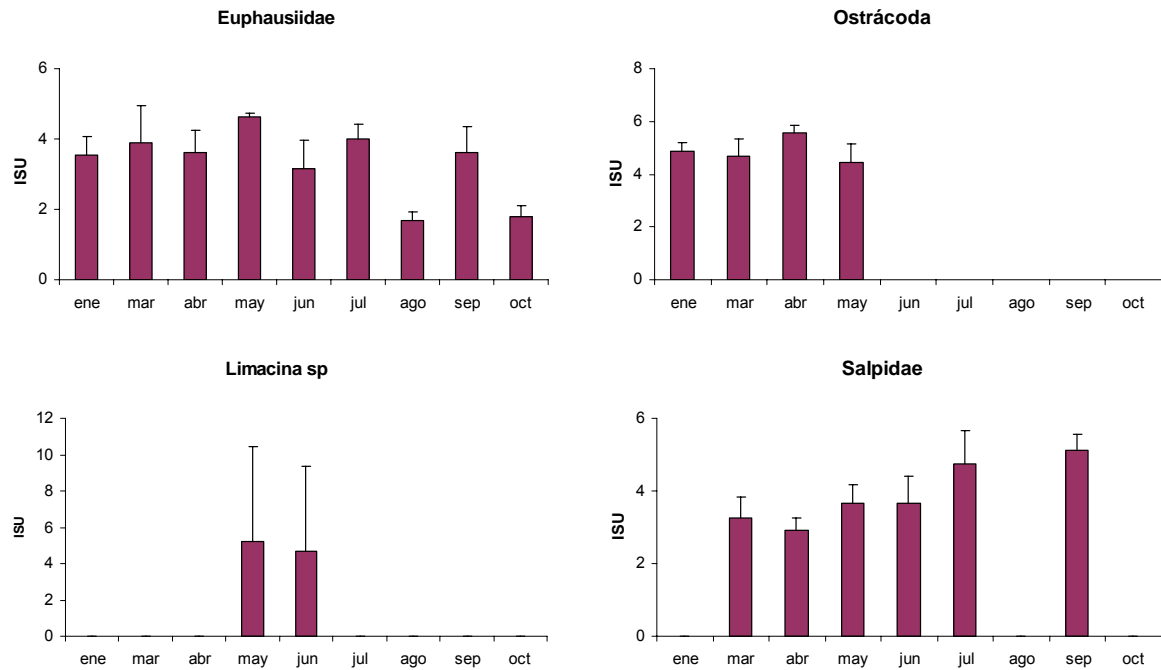


Figura 68: Gráficos de barra del índice de selectividad de Ursin (ISU) para las presas más importantes encontradas en los contenidos gástricos de jurel.

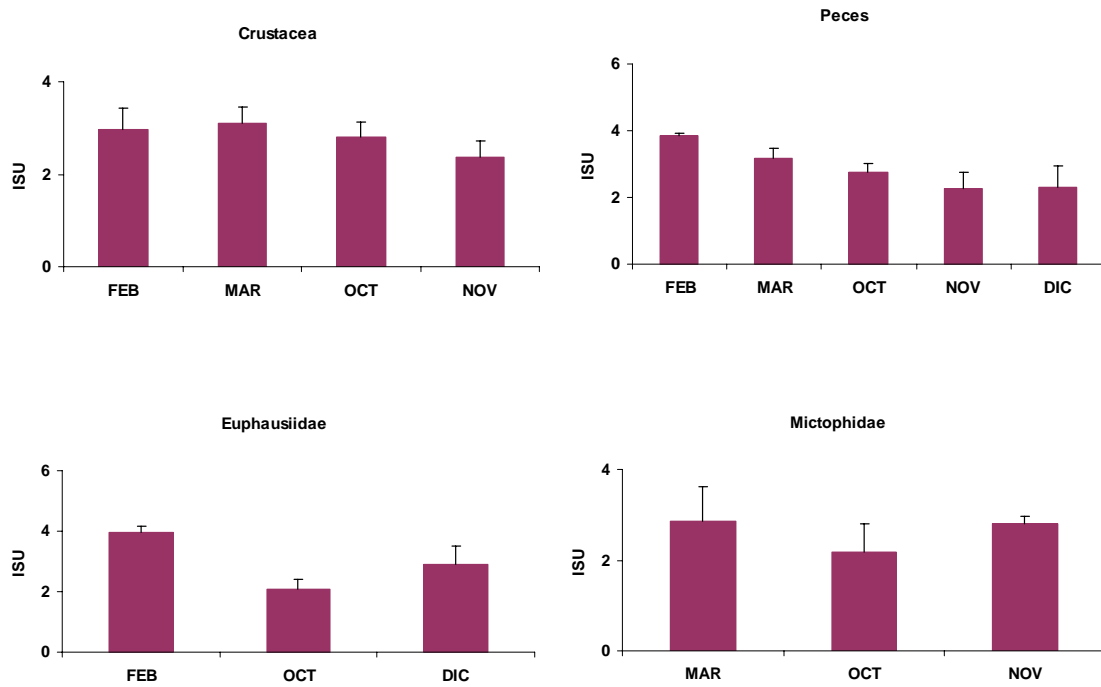


Figura 69 Gráficos de barra del índice de selectividad de Ursin (ISU) para cada una de las presas más importantes que se encontraron en los meses del año 2008 en los contenidos gástricos de merluza de cola.

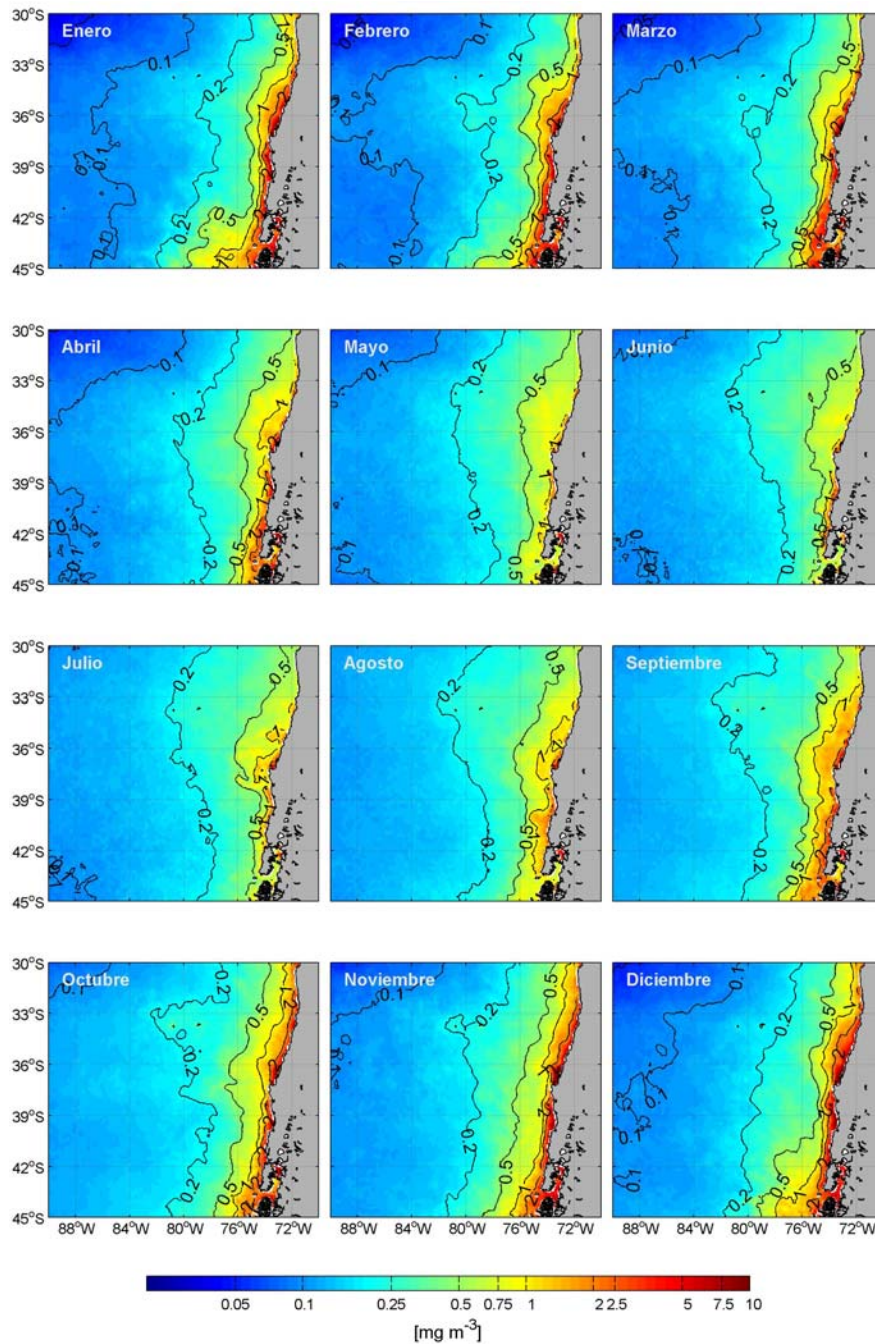


Figura 70. Promedio mensual de la clorofila satelital SeaWiFS entre el período 1997-2007 frente a la región centro-sur de Chile.

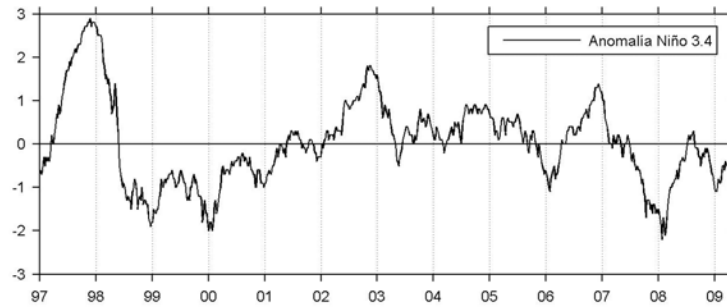


Figura 71. El Niño 3.4. Anomalia mensual de temperatura superficial en la región El Niño 3.4.

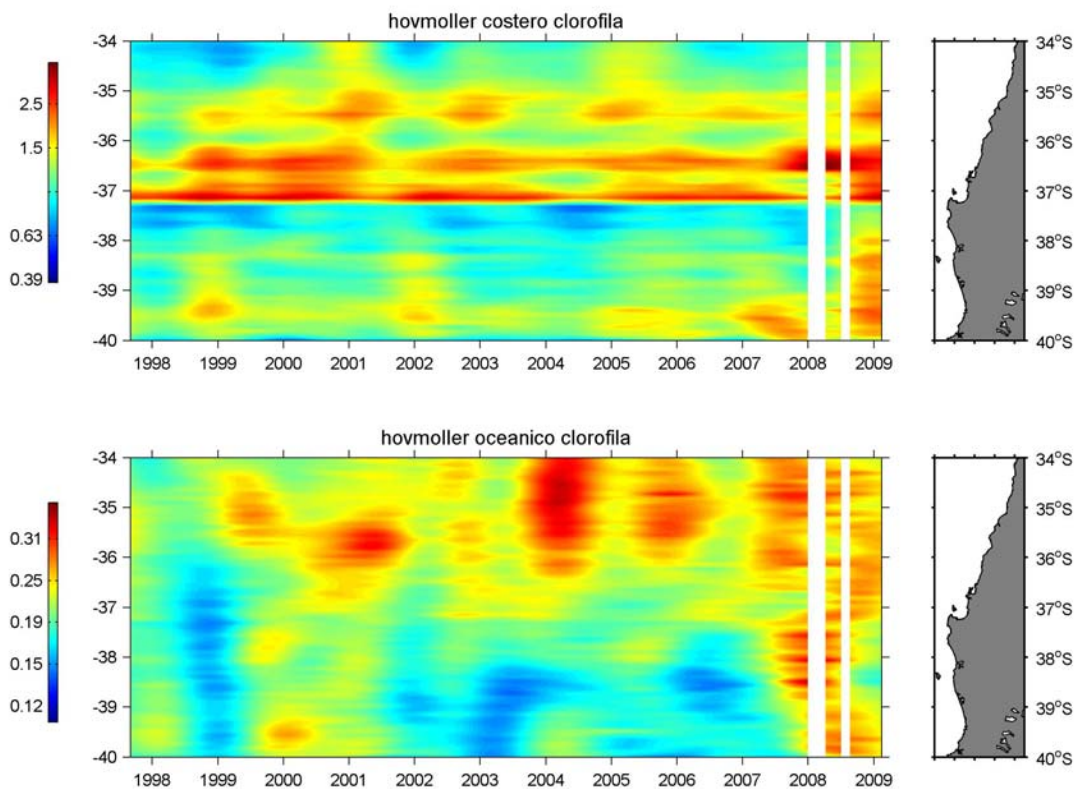


Figura 72. Diagrama latitud-tiempo de la concentración de clorofila satelital entre 0-100 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa.

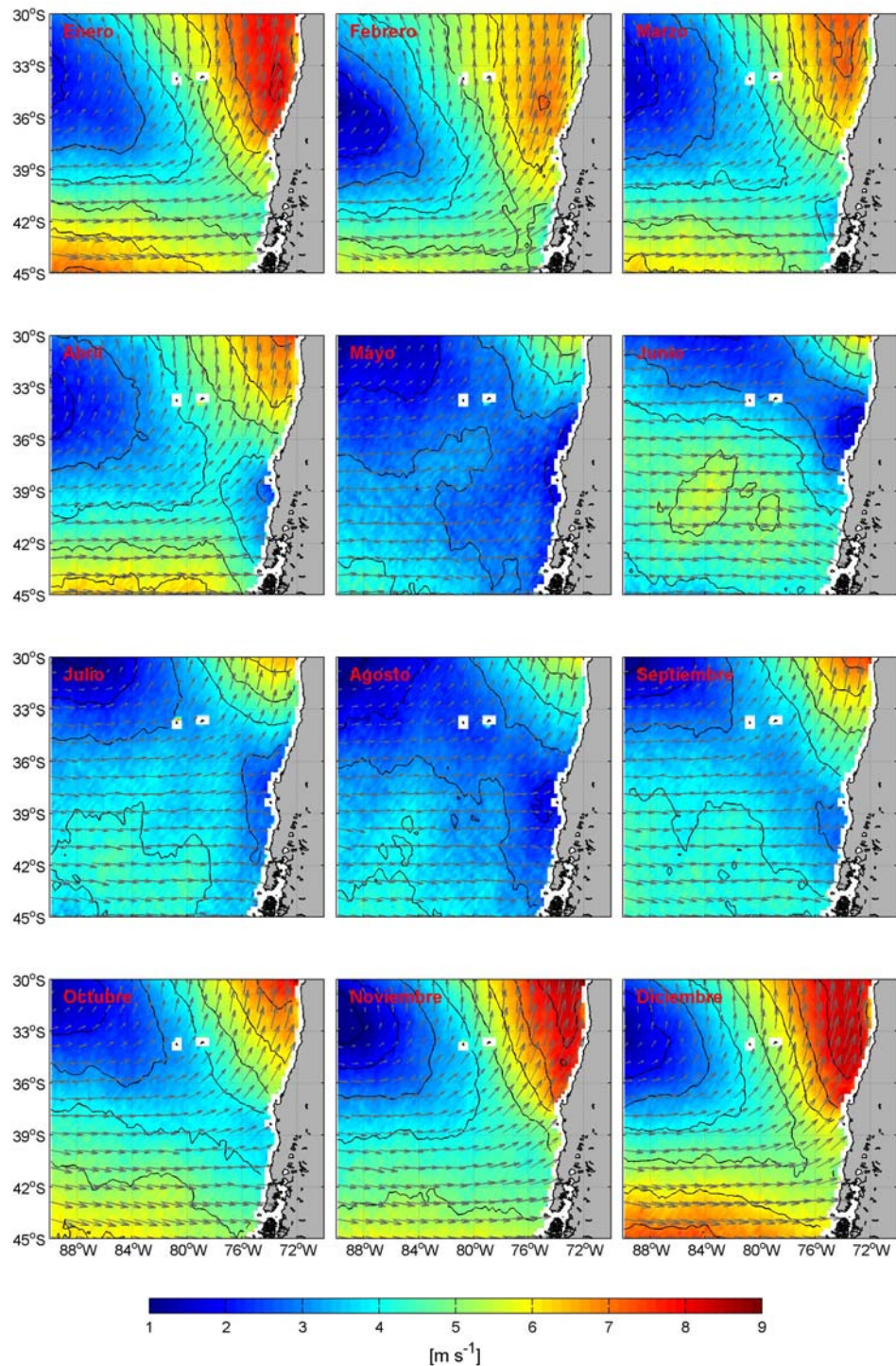


Figura 73. Promedio mensual del viento QuickSCAT entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile.

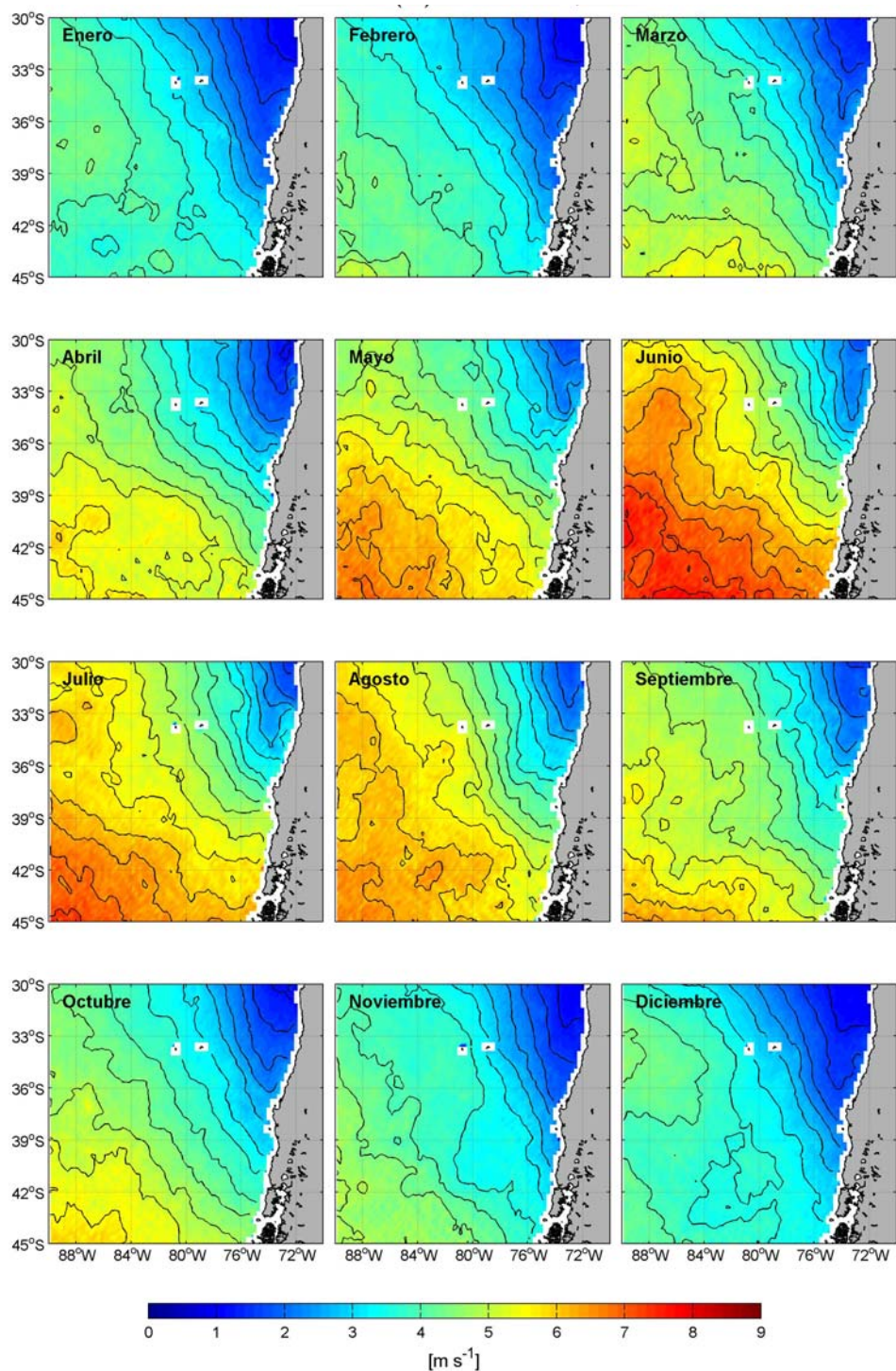


Figura 74. Desviación estándar mensual de la componente zonal del viento QuickSCAT entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile.

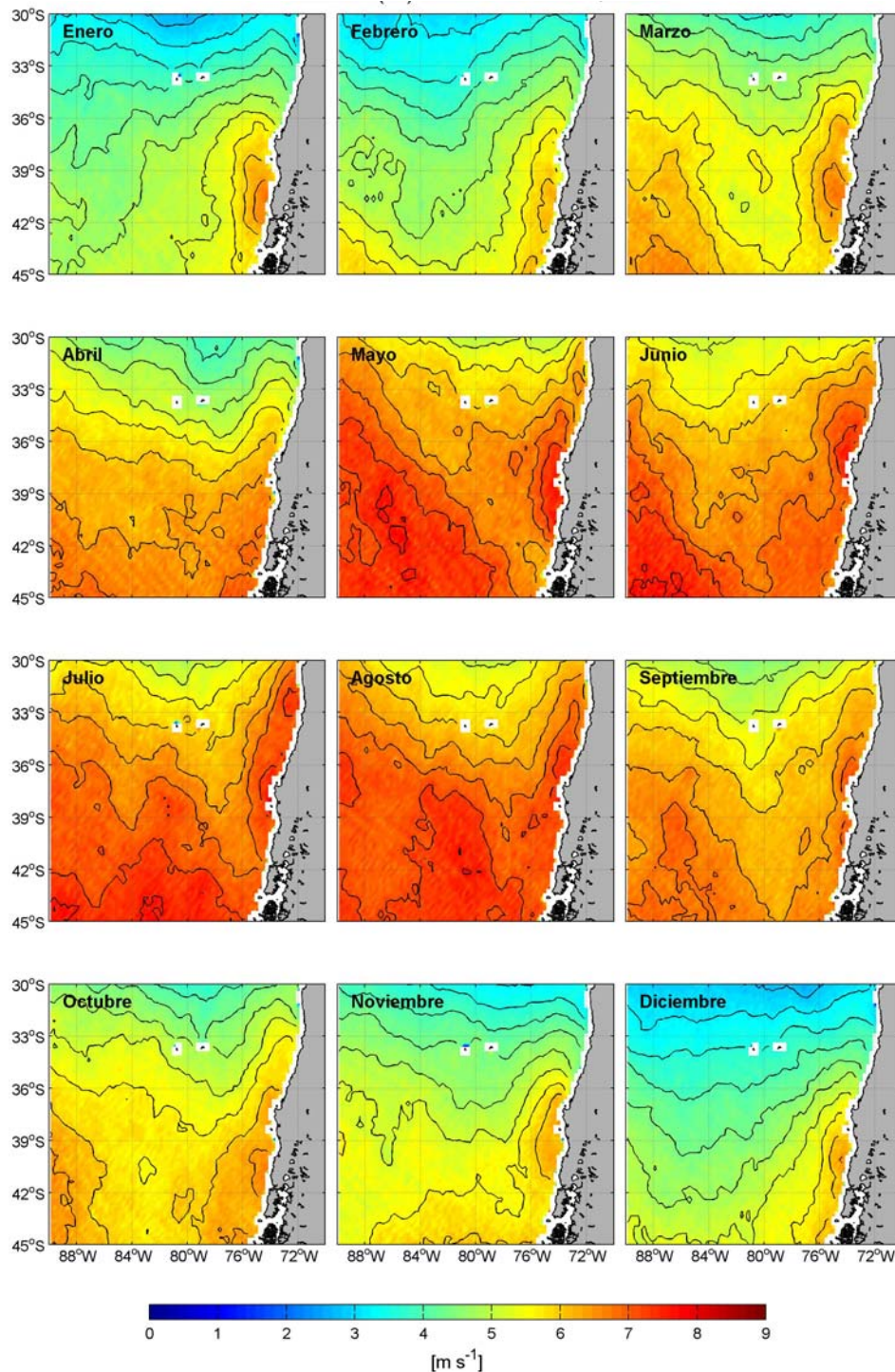


Figura 75. Desviación estándar mensual de la componente meridional del viento QuickSCAT entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile.

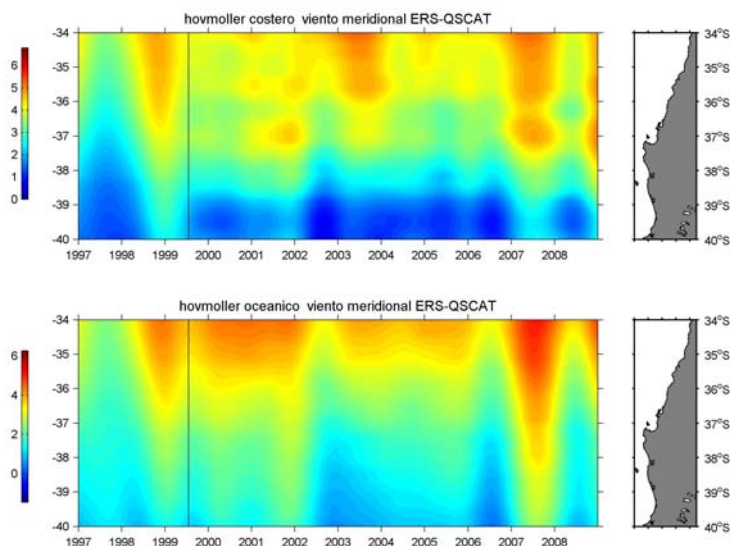


Figura 76. Diagrama latitud-tiempo del viento meridional satelital entre 0-100 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa. Datos anteriores (posteriores) a agosto de 1999 (línea negra vertical) provienen del sensor ERS (Quikscat).

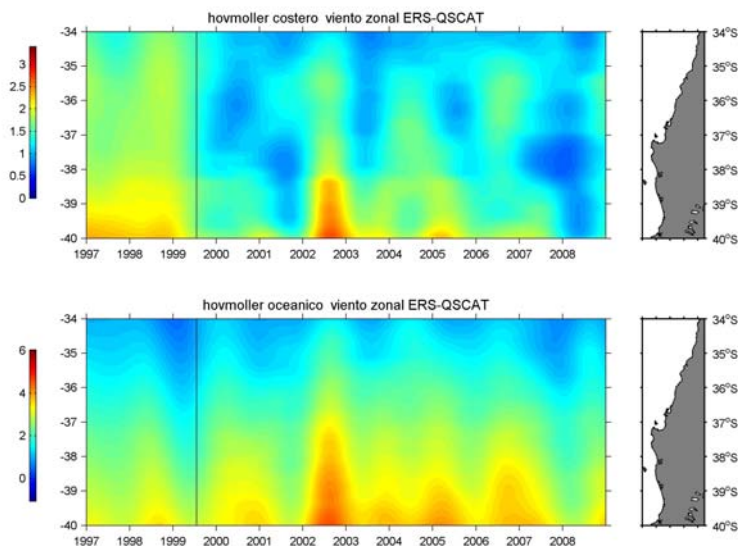


Figura 77. Diagrama latitud-tiempo del viento zonal satelital entre 0-100 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa. Datos anteriores (posteriores) a agosto de 1999 (línea negra vertical) provienen del sensor ERS (Quikscat).

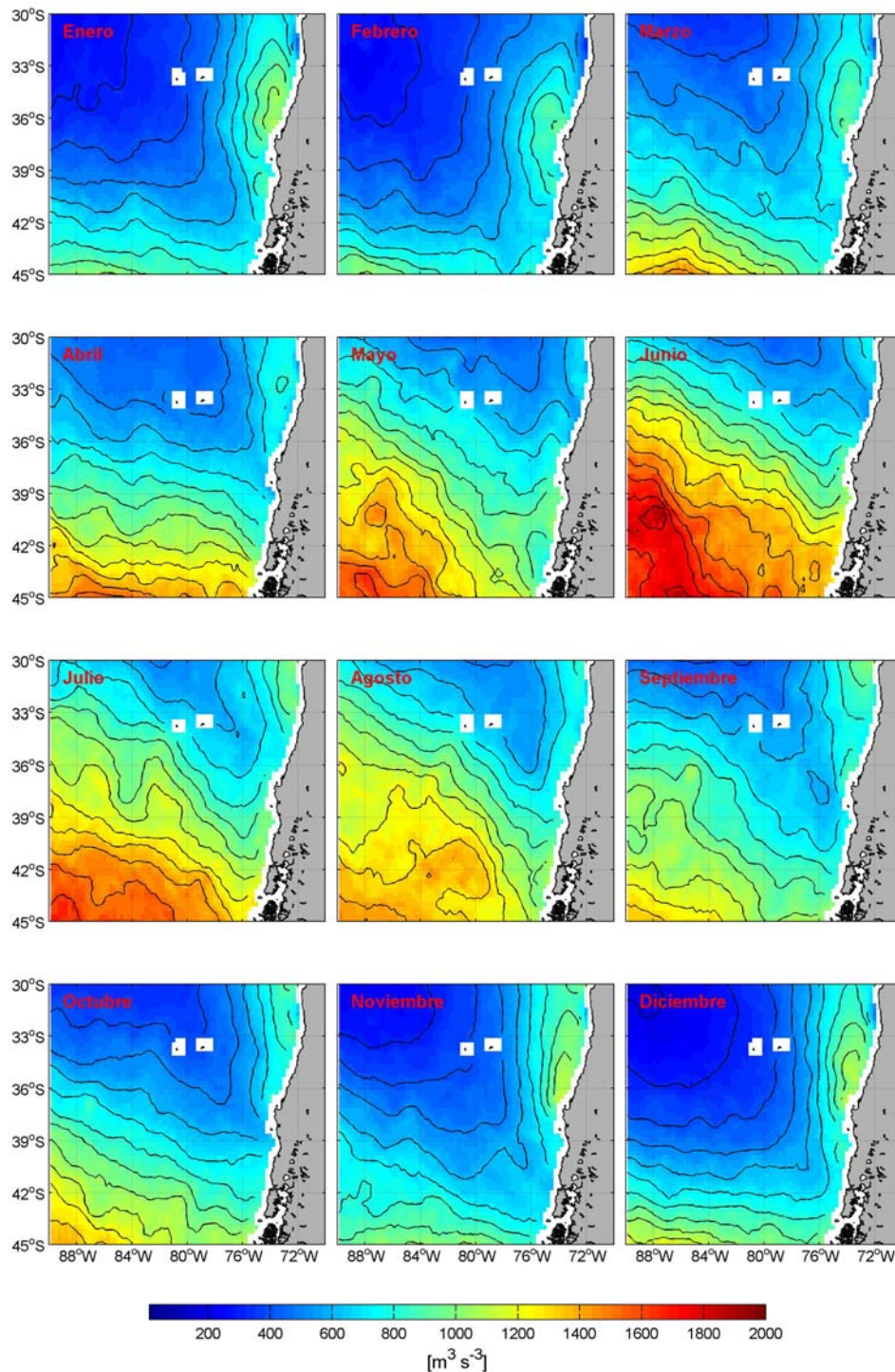


Figura 78. Promedio mensual de la turbulencia, estimados a partir de la tercera potencia de los vientos QuickSCAT entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile.

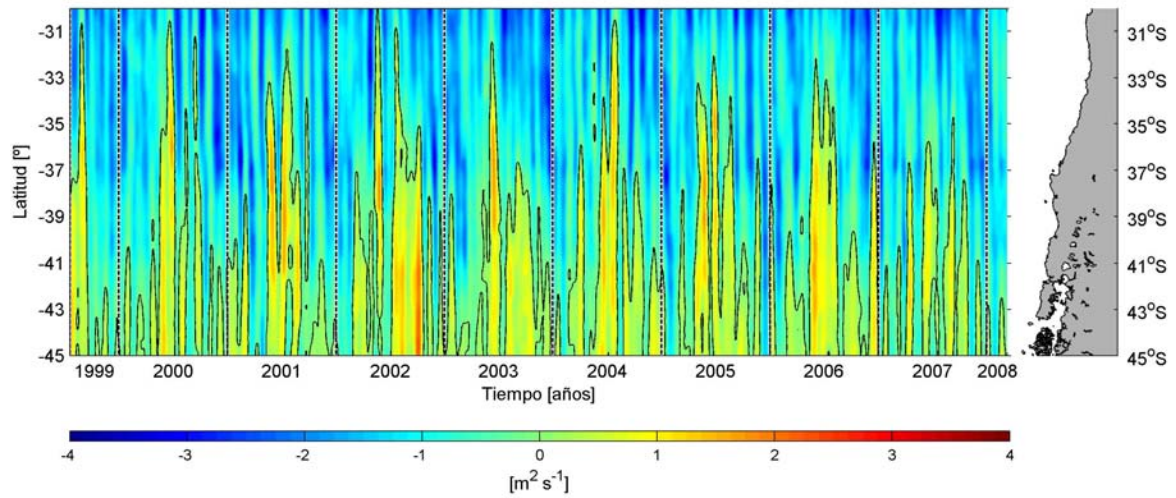


Figura 79. Gráfica latitud-tiempo del transporte zonal de Ekman calculado a partir del promedio de las tres observaciones más costeras del componente del viento meridional QuickSCAT, entre el periodo 1999-2007 frente a la región centro-sur de Chile. La línea negra indica el contorno de transporte de 0 m² s⁻¹.

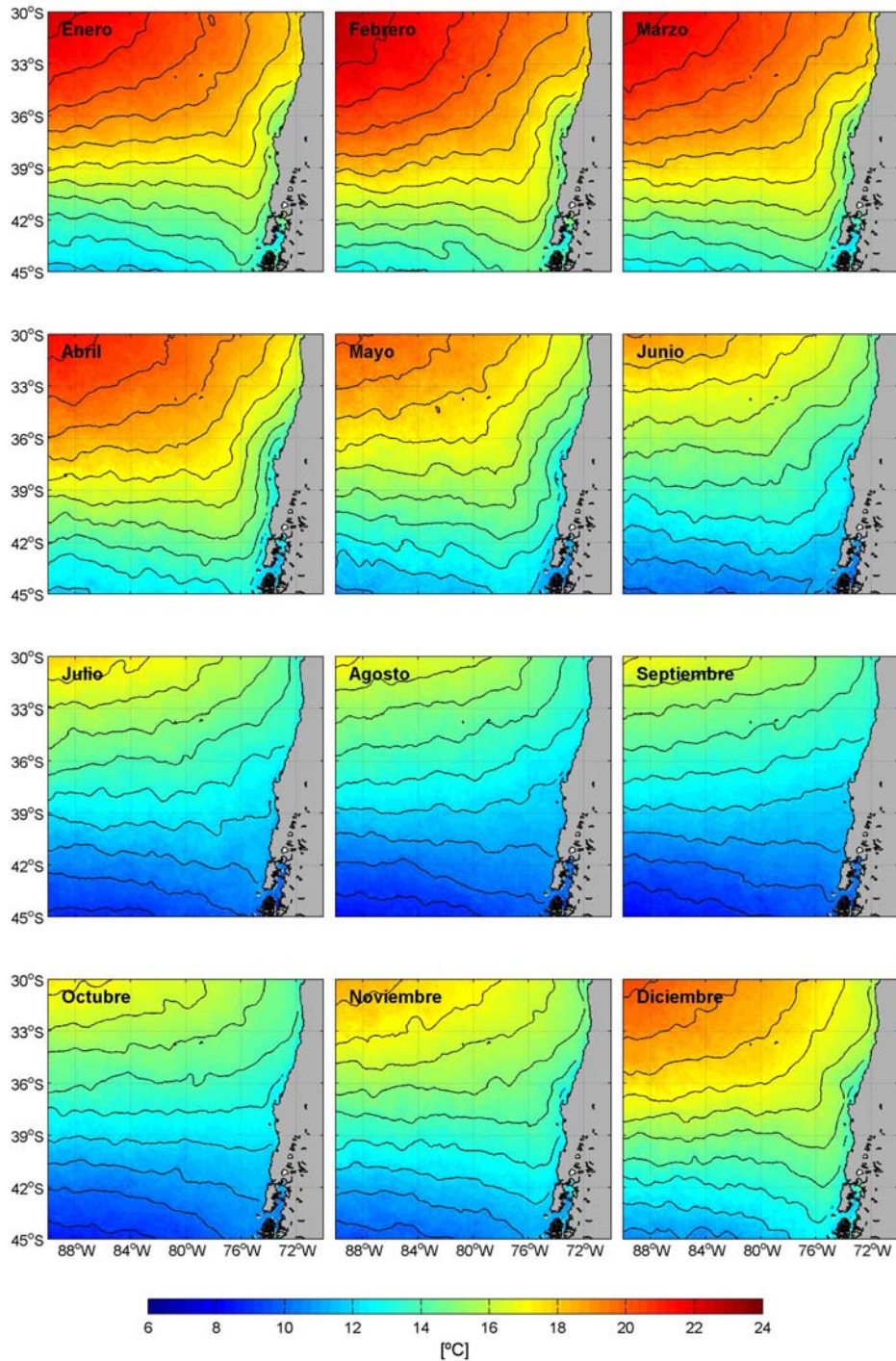


Figura 80. Promedio mensual de la temperatura superficial del mar Pathfinder versión 5.0 entre el periodo 1997-2007 frente a la región centro-sur de Chile.

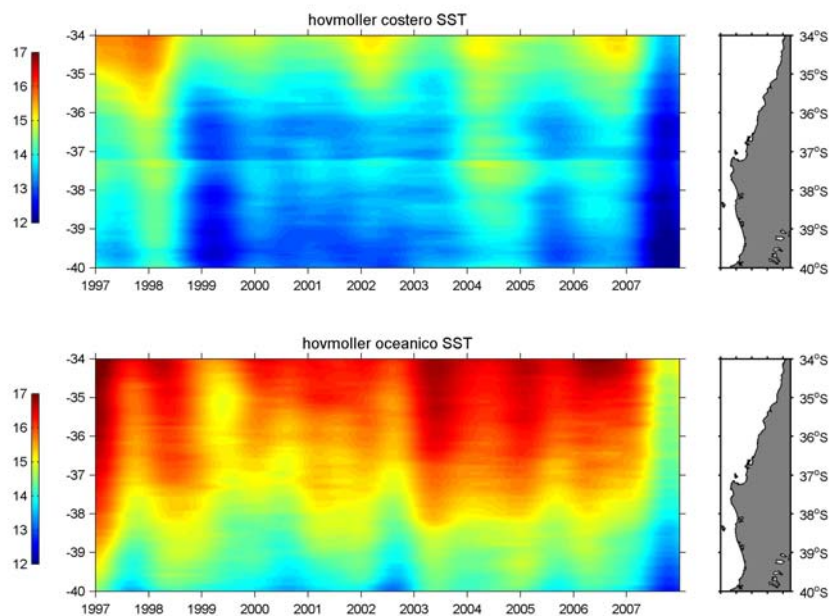


Figura 81. Diagrama latitud-tiempo de la temperatura superficial del mar satelital entre 0-100 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa.

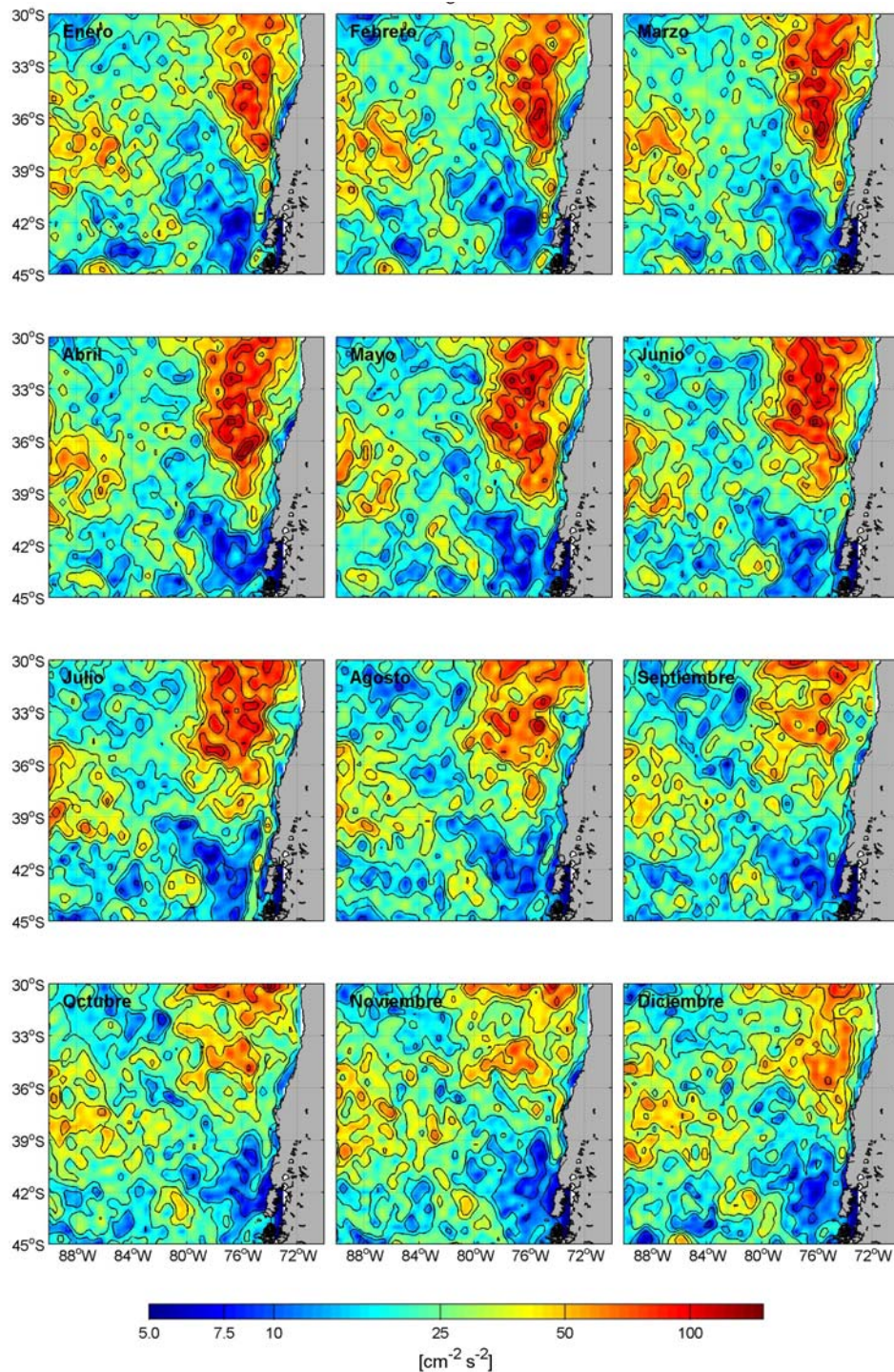


Figura 82. Promedio mensual de la Energía Cinética estimada en base al producto combinado de las observaciones de altimetría TOPEX-Poseidon, Jason y ERS entre el periodo 1997-2007 frente a la región centro-sur de Chile.

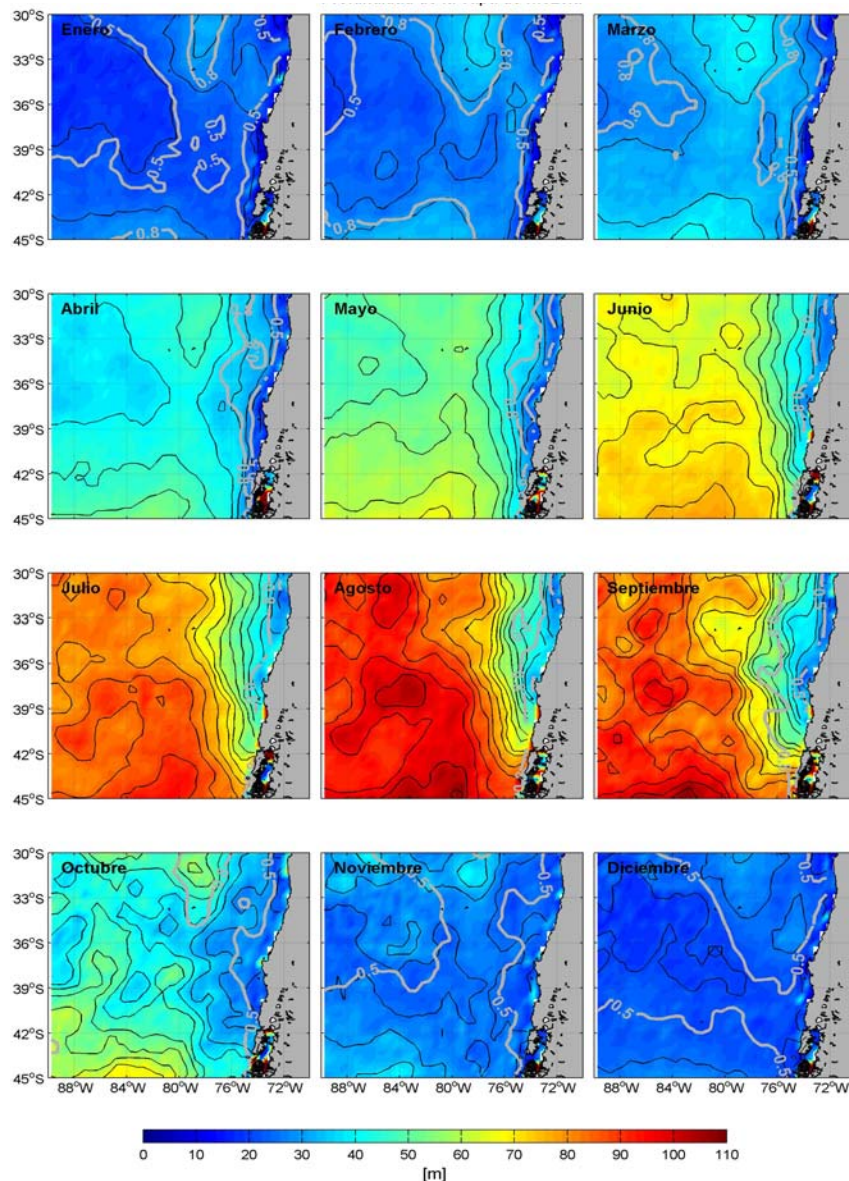


Figura 83. Promedio mensual de la profundidad de la capa de mezcla (PCM) entre el periodo 1958-2005 frente a la región centro-sur de Chile. Este campo fue estimado con la metodología descrita por Lorbacher et al. [2005], empleando perfiles de temperatura generados por el modelo de asimilación de datos oceanográficos SODA 2.0.2-3. Los contornos grises corresponden al promedio del índice de calidad de las estimaciones de PCM: valores mayores que 0.8 indican que PCM se encuentra bien definida, entre 0.5 y 0.8 PCM posee un mayor grado de incertidumbre, menores a 0.5 indican que la variabilidad vertical en los perfiles considerados no hace posible una estimación apropiada de PCM.

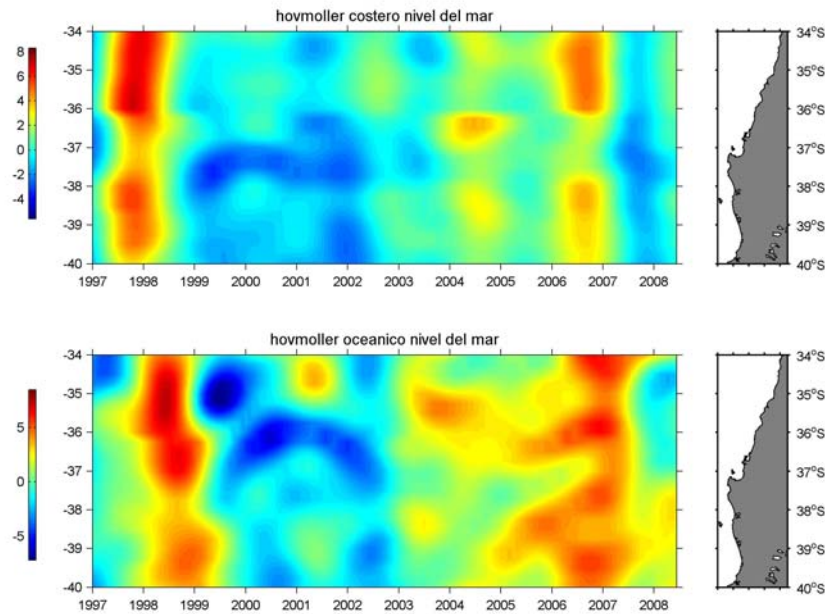


Figura 84. Diagrama latitud-tiempo de nivel del mar entre 100-200 km (panel superior) y 500-600 km (panel inferior) de la costa, provenientes de altimetría satelital.

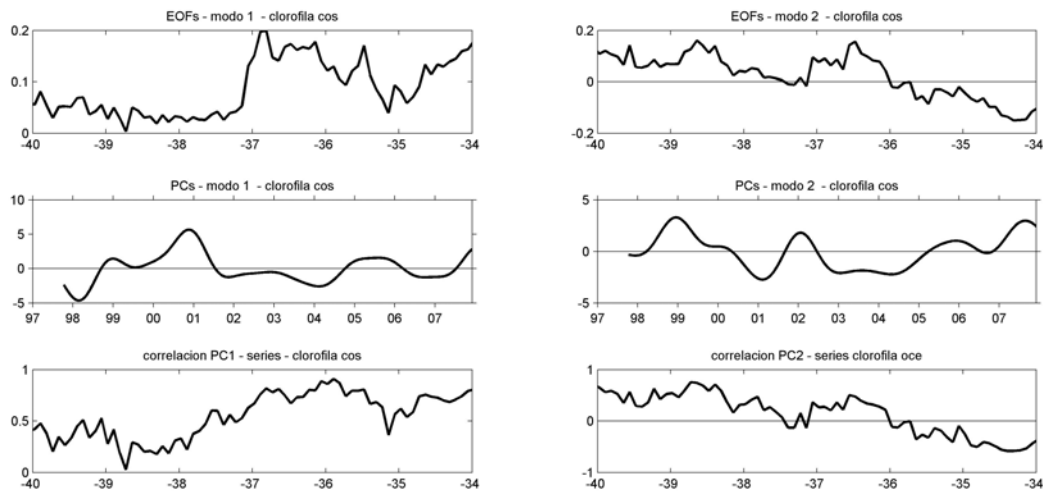


Figura 85. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de clorofila satelital de la zona costera (0-100 km offshore) entre 34 y 40°S.

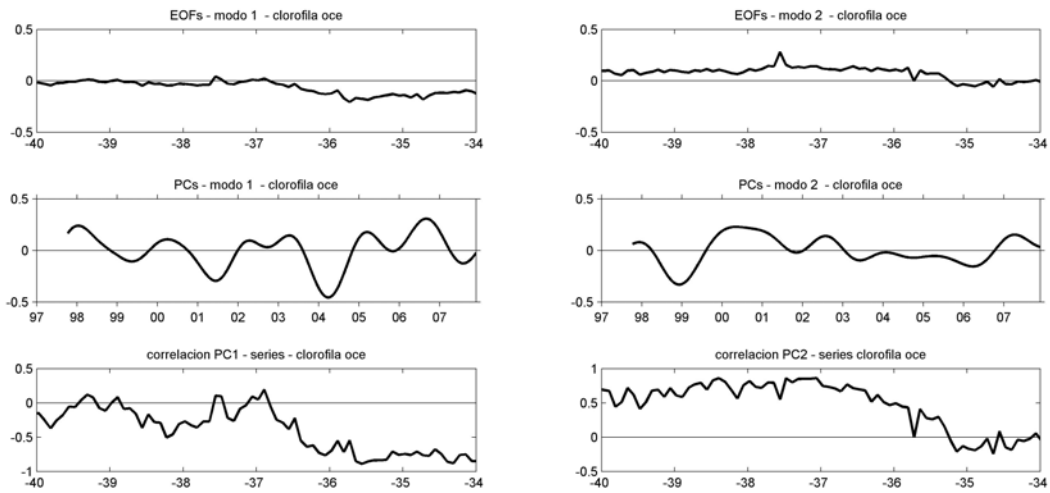


Figura 86. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de clorofila satelital de la zona oceánica (500-600 km offshore) entre 34 y 40°S.

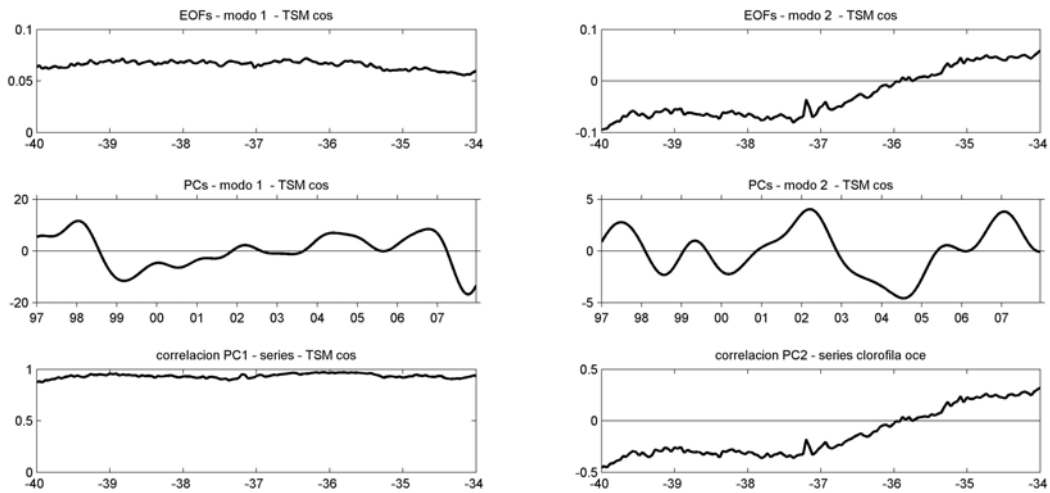


Figura 87. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de TSM satelital de la zona costera (0-100 km offshore) entre 34 y 40°S.

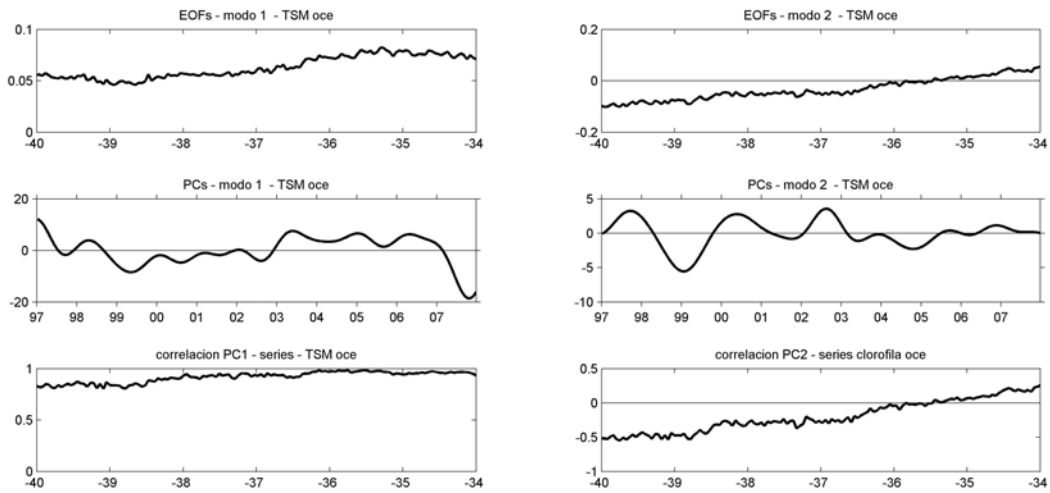


Figura 88. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de TSM satelital de la zona oceánica (500-600 km offshore) entre 34 y 40°S.

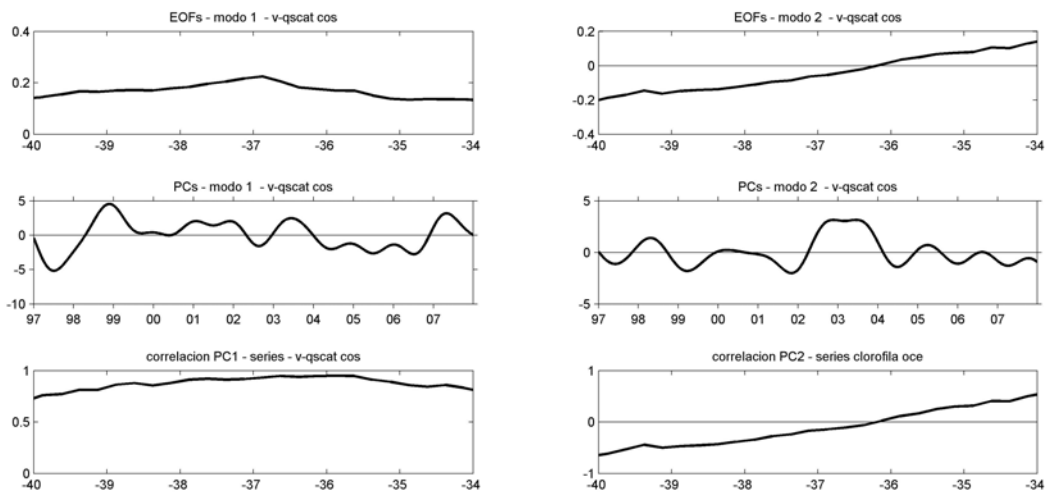


Figura 89. Primer y segundo modo del análisis EOF aplicado a datos de viento meridional satelital de la zona costera (0-100 km offshore) entre 34 y 40°S.

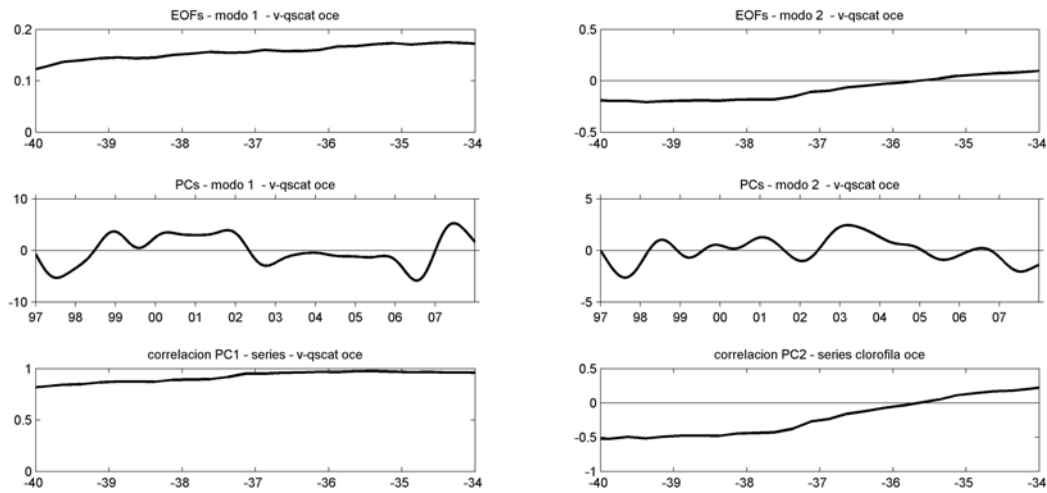


Figura 90. Primer y segundo modo del análisis EOF aplicado a datos de viento meridional satelital de la zona oceánica (500-600 km offshore) entre 34 y 40°S.

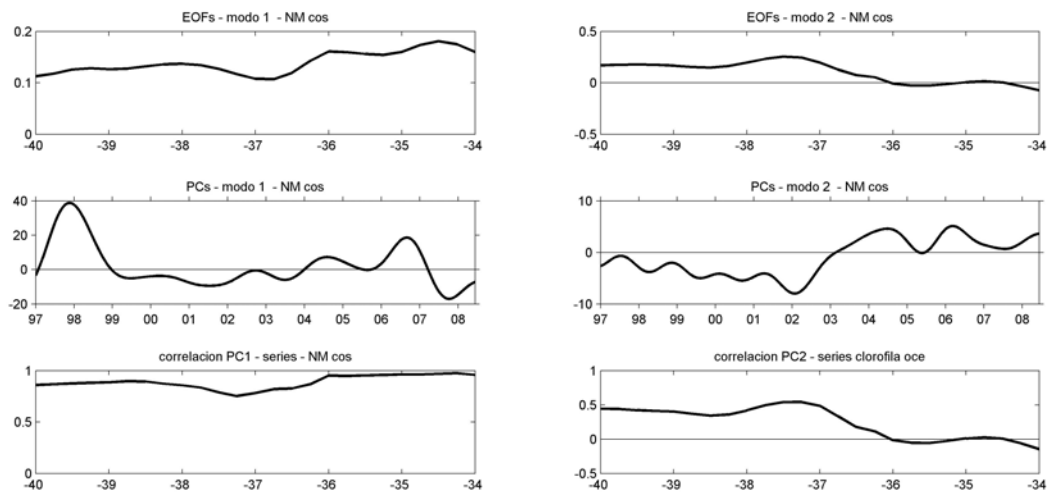


Figura 91. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de nivel del mar satelital de la zona costera (100-200 km offshore) entre 34 y 40°S.

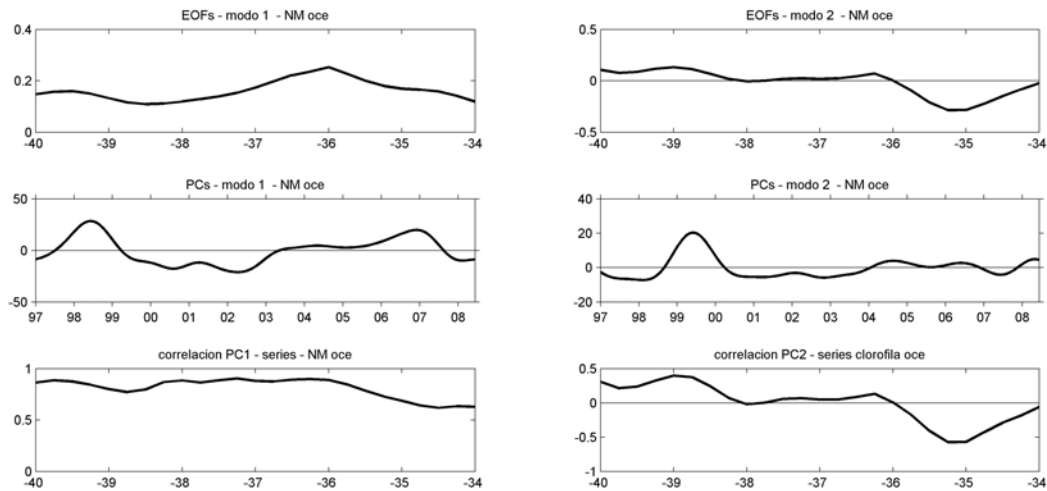


Figura 92. Primer y segundo modo obtenido del análisis EOF aplicado a datos de anomalía de nivel del mar satelital de la zona oceánica (500-600 km offshore) entre 34 y 40°S.

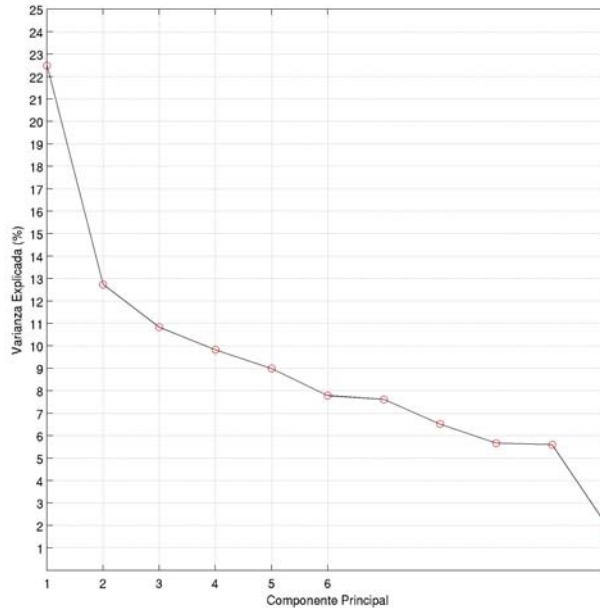


Figura 93. Porcentaje de explicación de los primeros modos obtenidos del Análisis de Componente Principal, basado en las siete especies de eufáusidos más dominantes.

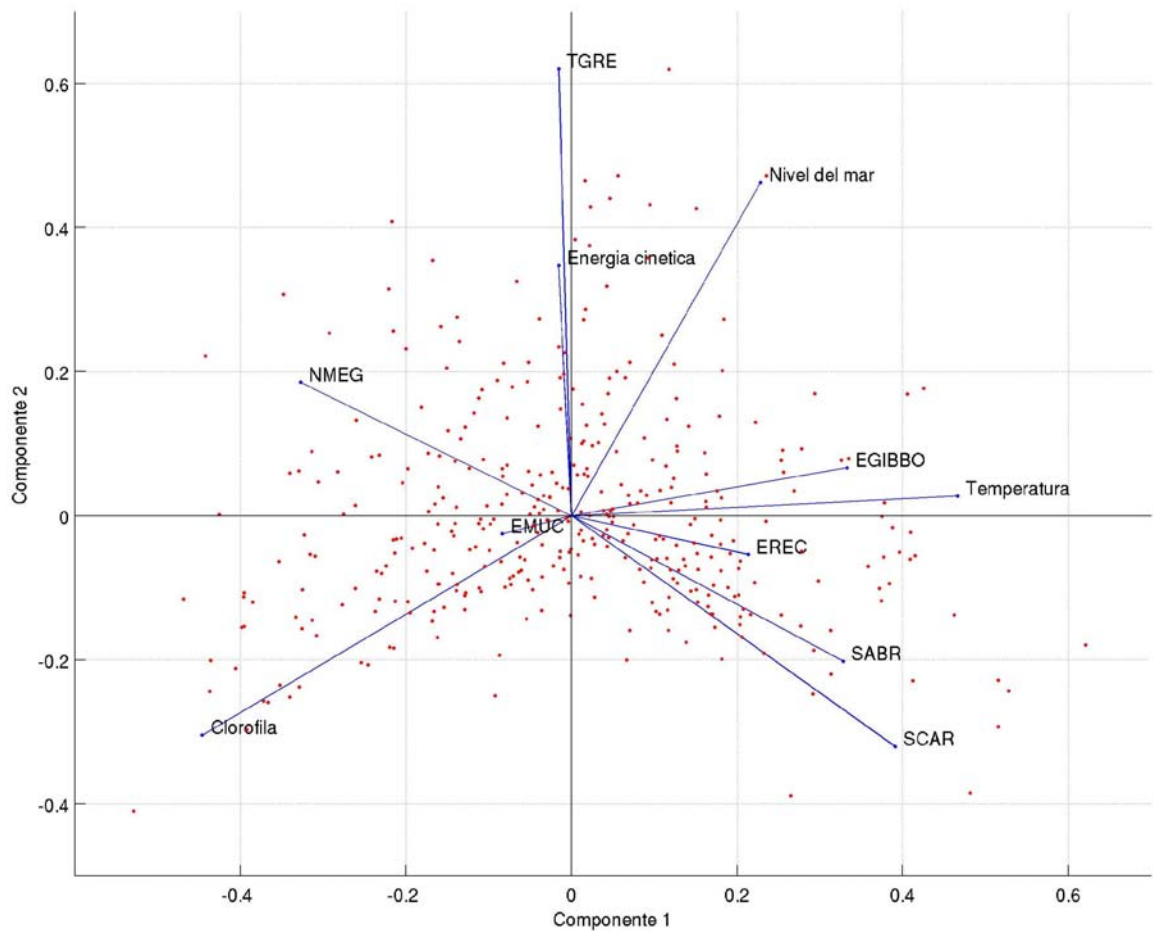


Figura 94. Resultado obtenido del análisis de componente principal para ejes 1 y 2. EMUC: *Euphausia mucronata*; SABR: *Stylocheiron abreviatum*; SCAR: *Stylocheiron carinatum*; TGRE: *Thysanoessa gregaria*; NMEG: *Nematoscelis megalops*; EGIBBO: *Euphausia gibboides*; EREC: *Euphausia recurva*.

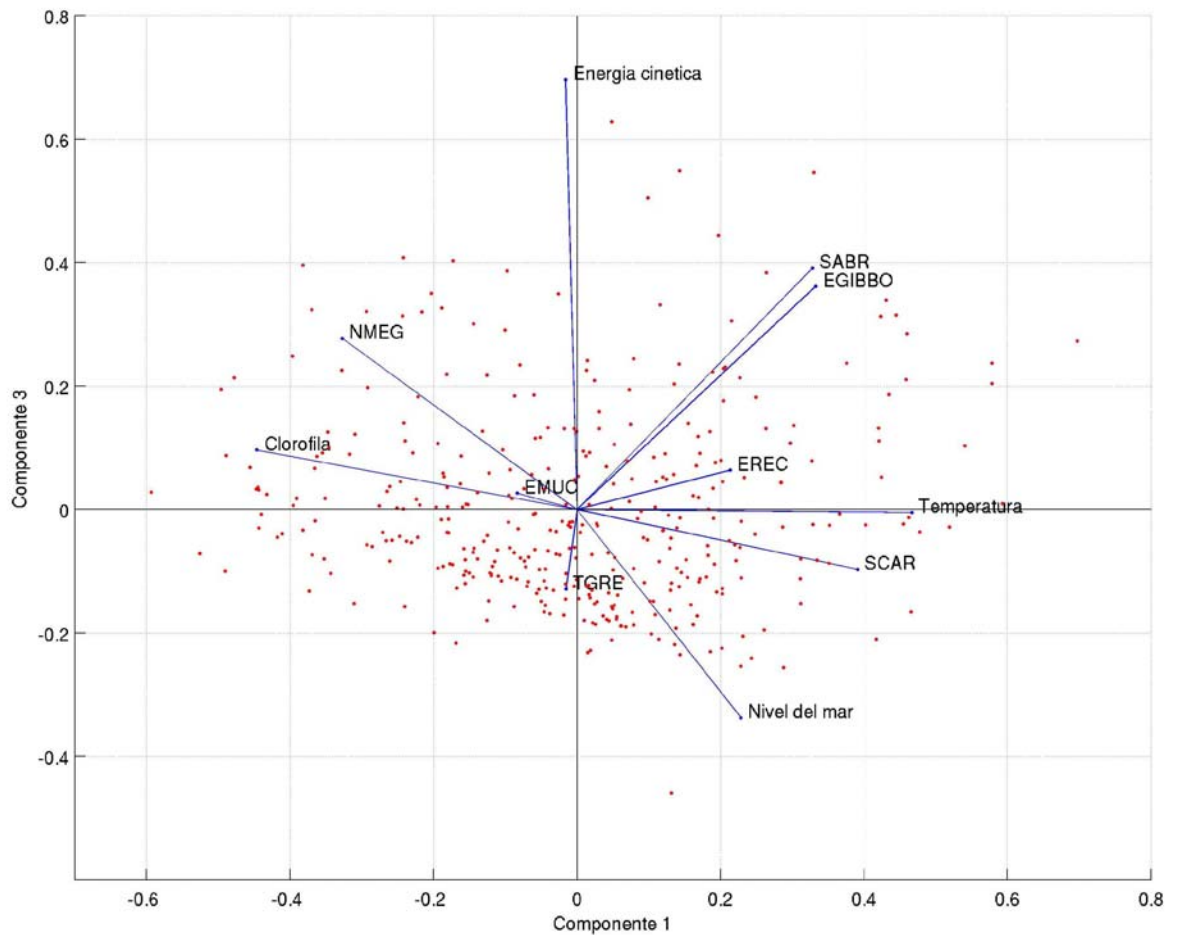


Figura 95. Resultado obtenido del análisis de componente principal para ejes 1 y 3. EMUC: *Euphausia mucronata*; SABR: *Stylocheiron abreviatum*; SCAR: *Stylocheiron carinatum*; TGRE: *Thysanoessa gregaria*; NMEG: *Nematoscelis megalops*; EGIBBO: *Euphausia gibboides*; EREC: *Euphausia recurva*.

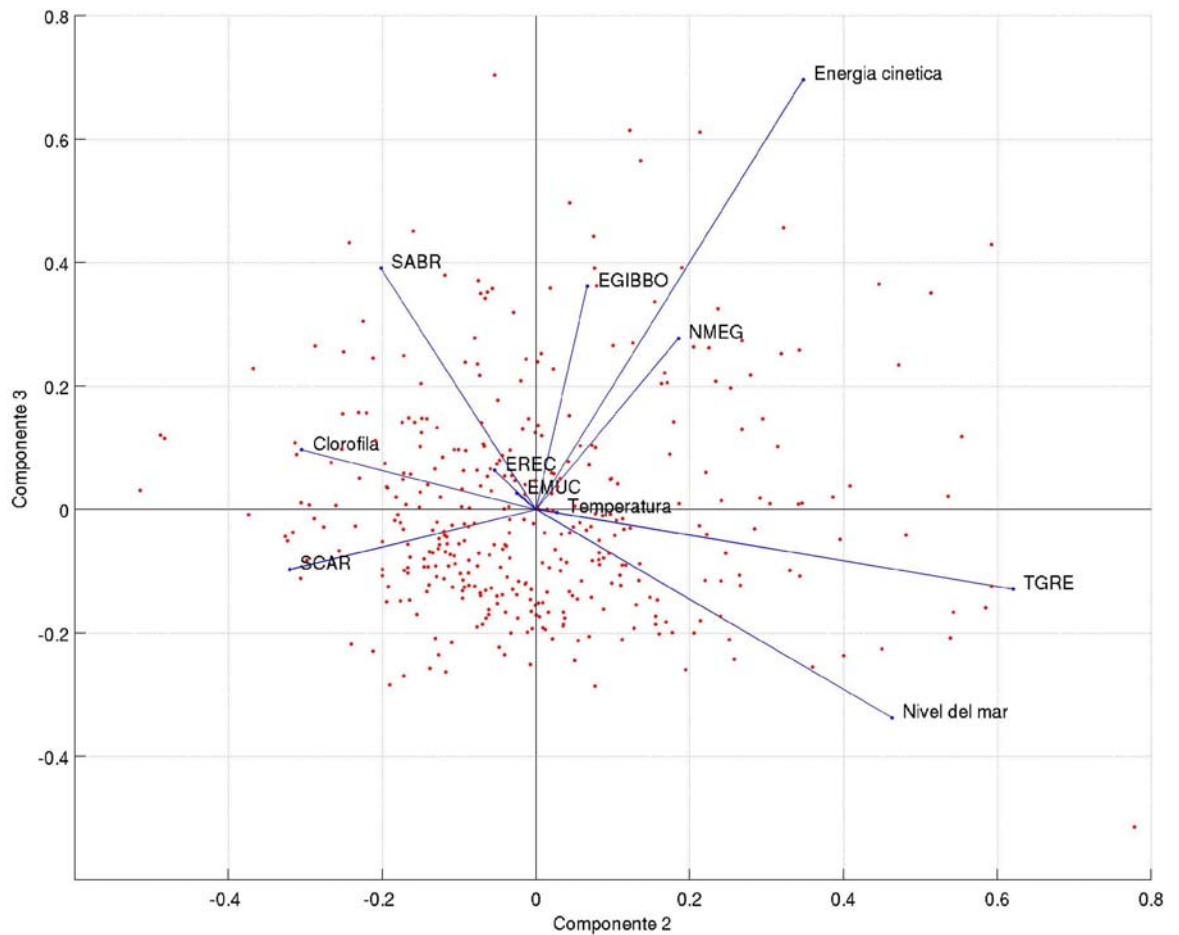


Figura 96. Resultado obtenido del análisis de componente principal para ejes 2 y 3. EMUC: *Euphausia mucronata*; SABR: *Stylocheiron abreviatum*; SCAR: *Stylocheiron carinatum*; TGRE: *Thysanoessa gregaria*; NMEG: *Nematoscelis megalops*; EGIBBO: *Euphausia gibboides*; EREC: *Euphausia recurva*.

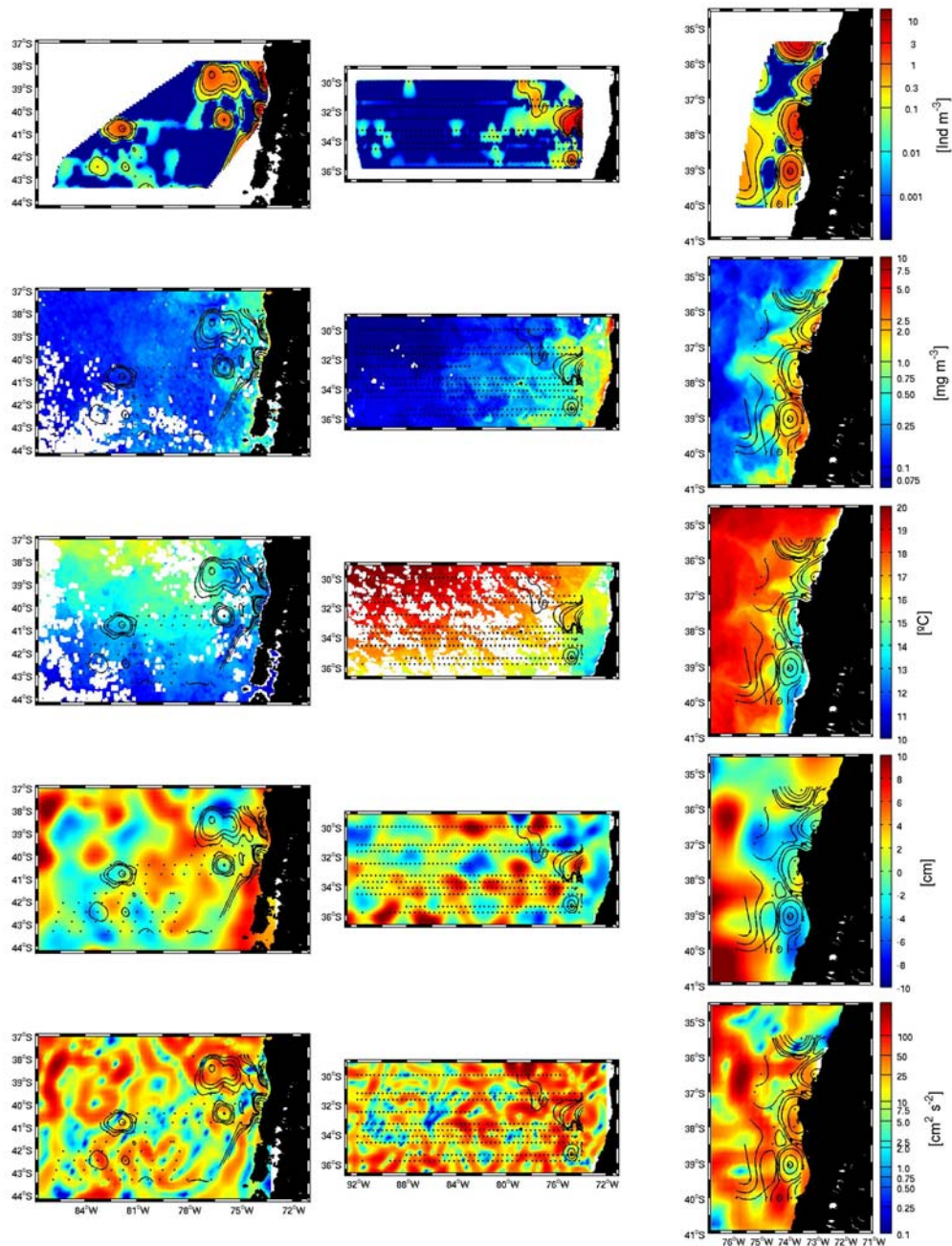


Figura 97. Distribución de *Euphausia mucronata*, concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha). En contornos negros se indica distribución *E. mucronata* sobre variables ambientales.

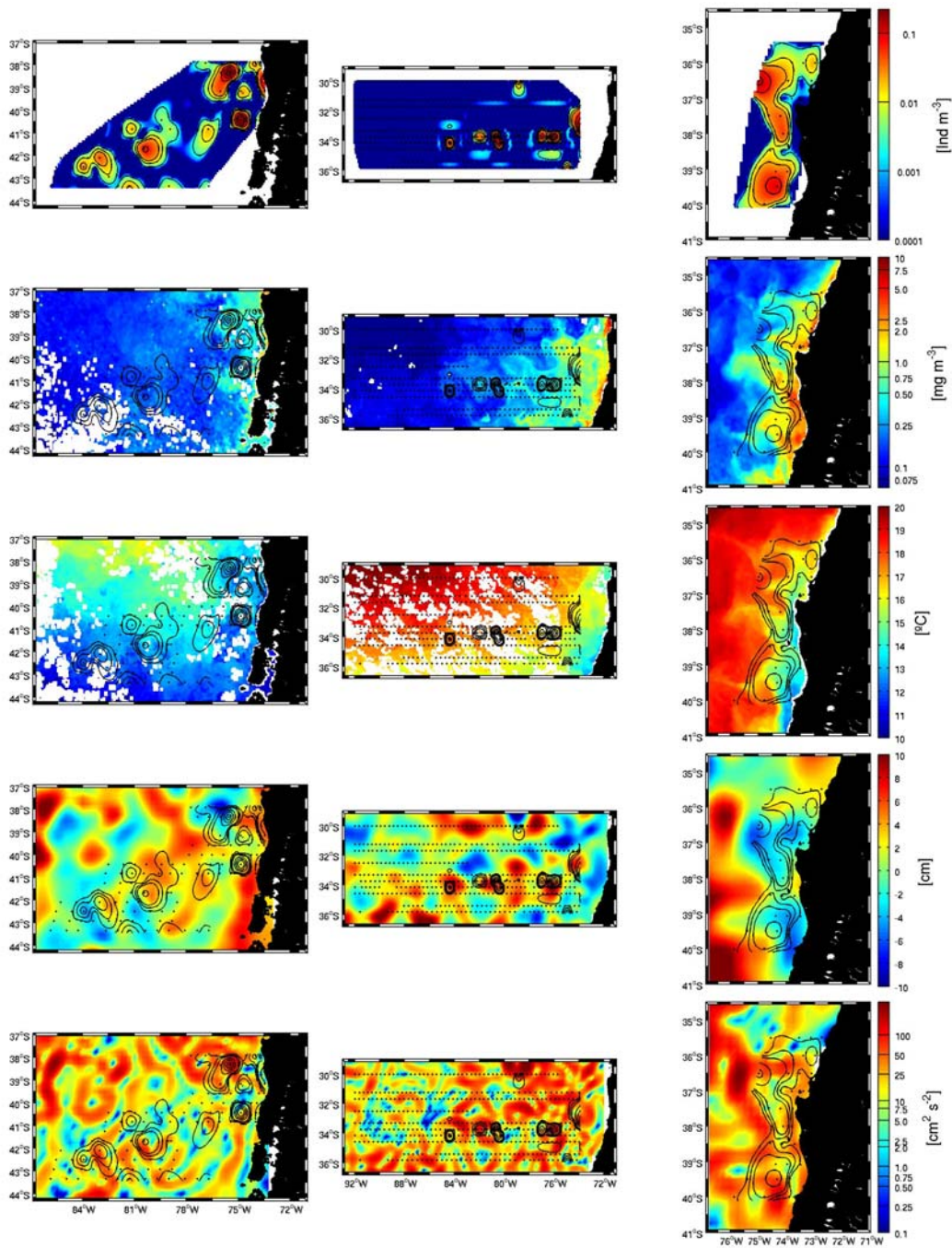


Figura 98. Distribución de *Nematoscelis megalops*, concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha). En contornos negros se indica distribución *E. mucronata* sobre variables ambientales.

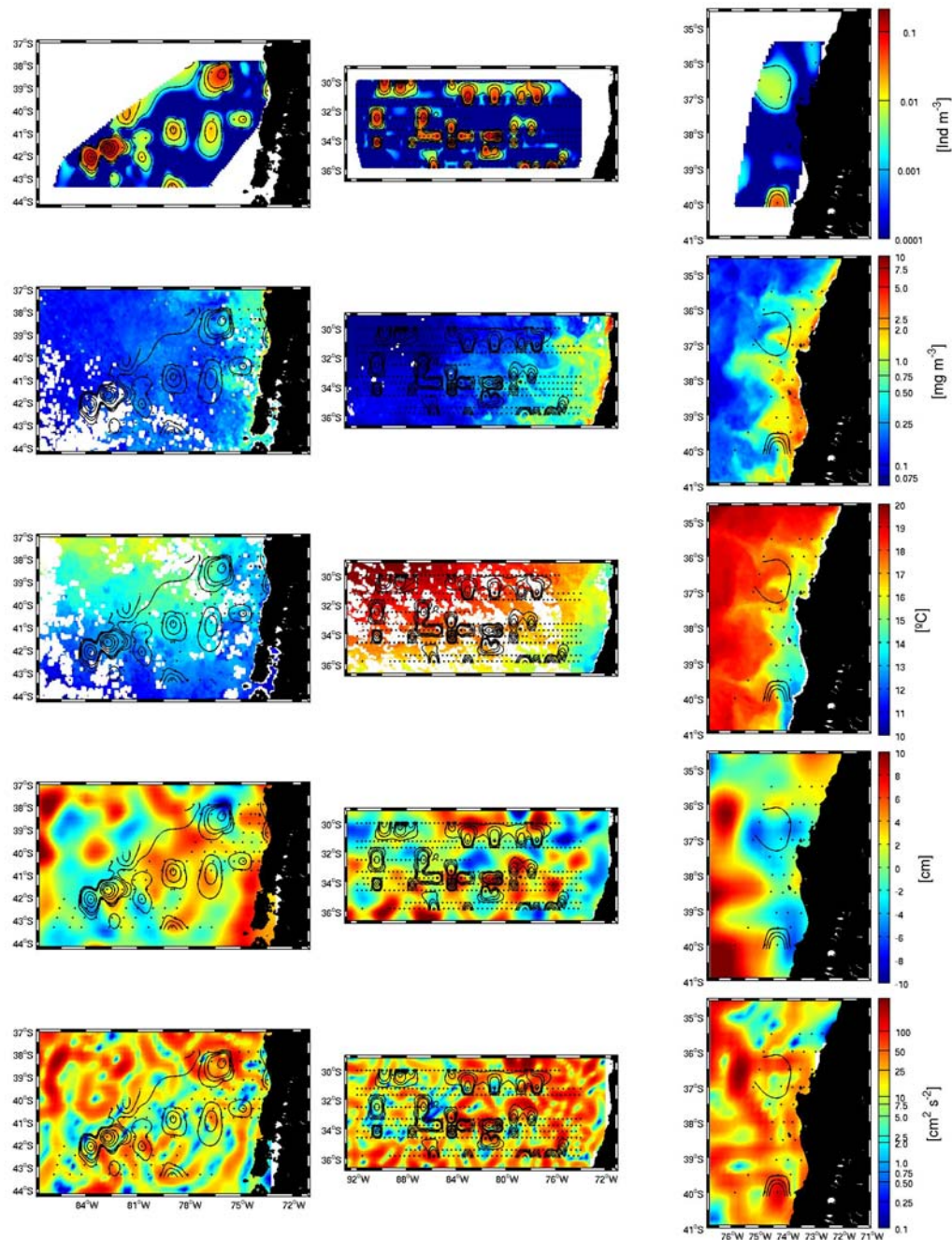


Figura 99. Distribución de *Thysanoessa gregaria*, concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha). En contornos negros se indica distribución *E. mucronata* sobre variables ambientales.

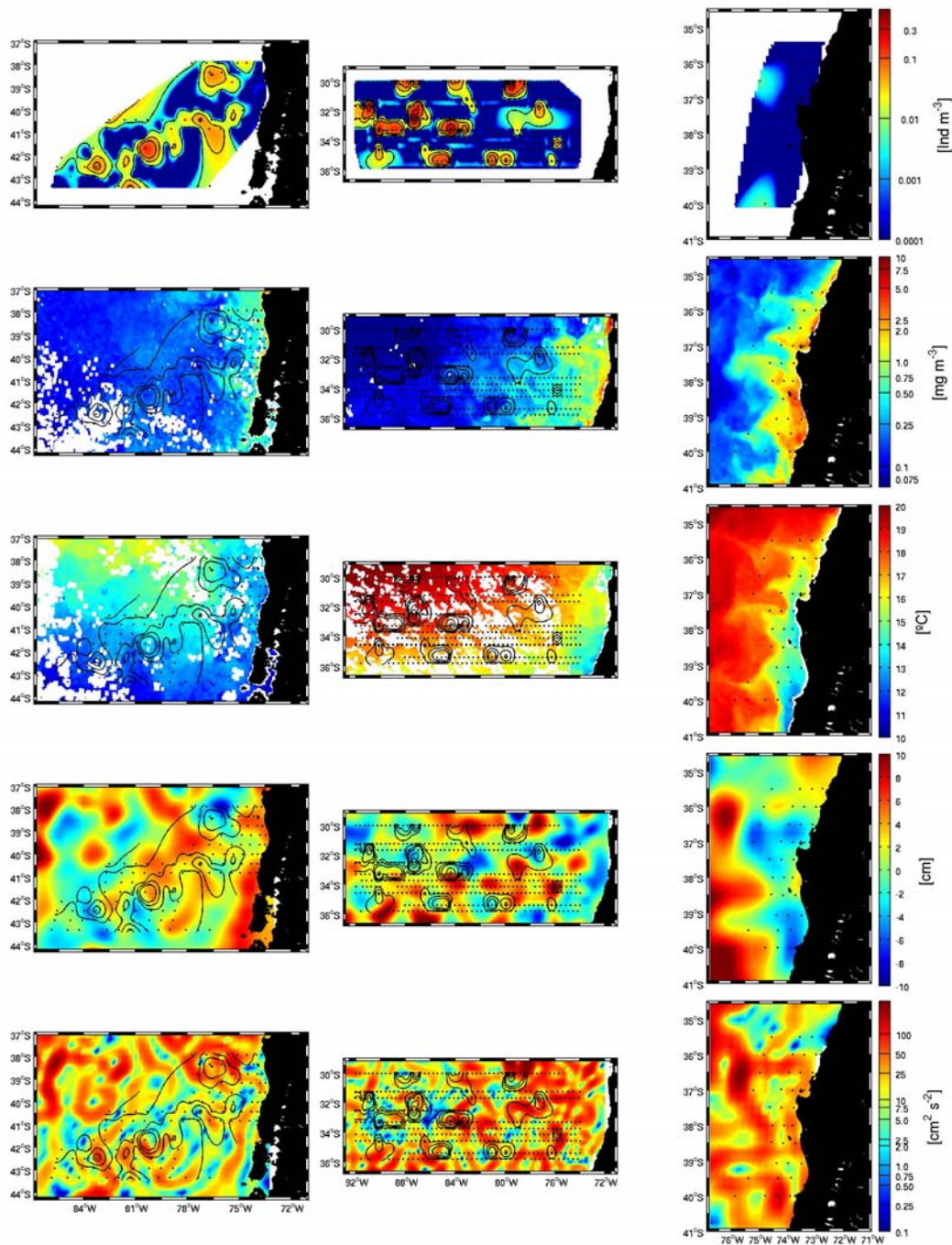


Figura 100. Distribución de *Euphausia gibboides*, concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha). En contornos negros se indica distribución *E. mucronata* sobre variables ambientales.

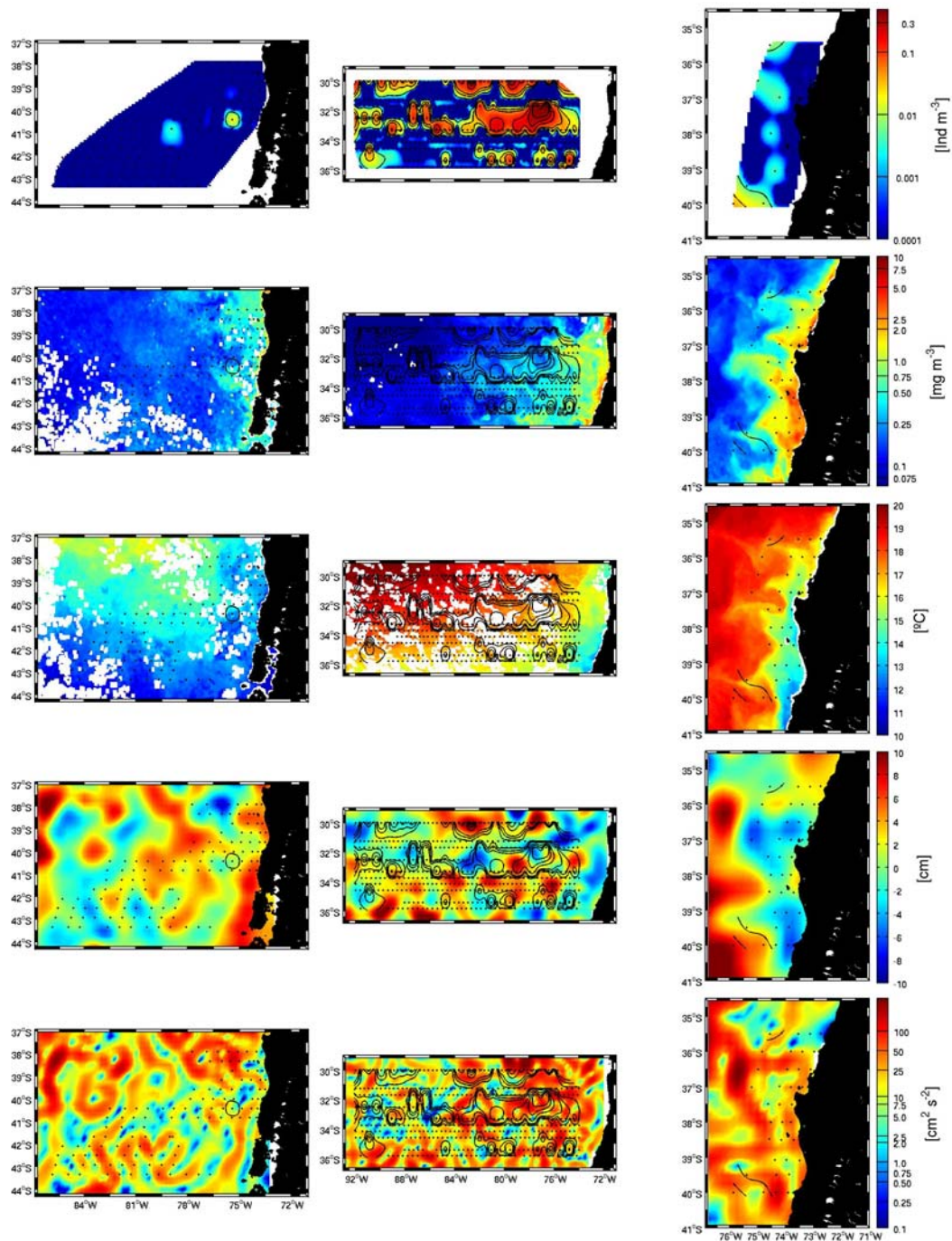


Figura 101. Distribución de *Stylocheiron abbreviatum*, concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha). En contornos negros se indica distribución *E. mucronata* sobre variables ambientales.

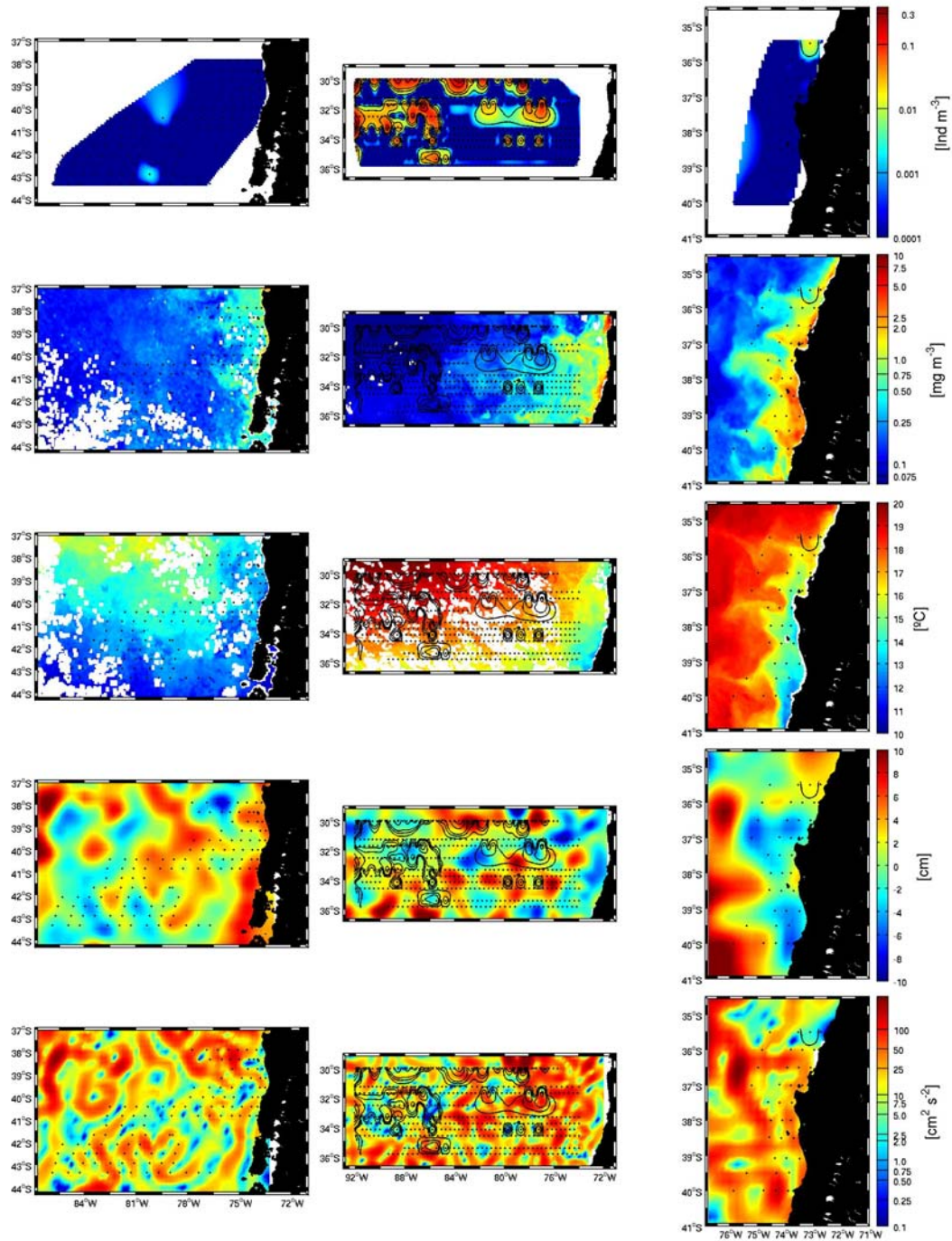


Figura 102. Distribución de *Stylocheiron carinatum*, concentración de clorofila, temperatura superficial, anomalía del nivel del mar y energía cinética, asociados a crucero FIP2006 (izquierda), FIP2007-08 (centro) y FIP2007-10 (derecha). En contornos negros se indica distribución *E. mucronata* sobre variables ambientales.

ANEXOS

ANEXO 1

TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS

ANEXO 1. TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El proyecto contempla la realización de un Taller de Discusión de Resultados donde se presenten y discutan los resultados más relevantes relacionadas con las diferentes actividades y tareas del proyecto.

Este Taller de Discusión de Resultados se llevó a cabo el día 4 de Mayo de 2009 entre las 09:30 y 10:30 hrs, en el Salón Auditorio del Instituto de Investigación Pesquera, Av. Colón 2780, Talcahuano.

Se invitó especialmente a este Taller de Discusión de Resultados al Dr. Jaime Gómez Gutierrez del Centro Interdisciplinario en Ciencias Marinas, México y la Australian Antarctic Division (Australia). El Dr. Gómez es un muy reconocido y destacado científico que ha dedicado su carrera al estudio de la biología, ecología y estimación de producción secundaria de eufáusidos. Cuenta con innumerables publicaciones científicas en revistas de corriente principal sobre el tema del proyecto. Un Currículum Resumido del Dr. Gómez se adjunta al final de este Anexo.

El Dr. Gómez realizó observaciones y sugerencias al proyecto, tanto en reuniones de trabajo previas con los participantes del proyecto, así como en el Taller de Discusión. Asimismo, en su estadía el Dr. Gómez ha generado un documento (el cual se adjunta a este anexo) en el que sintetiza su parecer respecto a los resultados del proyecto y establece sugerencias para mejorar algunas estimaciones.

Al Taller se invitó a 71 representantes del sector público (Subsecretaría de Pesca, Servicio Nacional de Pesca, Instituto de Fomento Pesquero), académico (universidades nacionales) y sector privado (empresas pesqueras). Finalmente, al Taller asistieron un total de 29 personas, las que se identifican en el siguiente listado:

Lista de Asistencia Taller de Discusión de Resultados Proyecto FIP 2007-33
Biomasa Zooplanctónica y Sustentabilidad de las Pesquerías de la zona centro-sur
Instituto de Investigación Pesquera - 4 de Mayo de 2009

Número Asistentes	Nombre	Institución
1	Hugo Arancibia	UdeC
2	Jaime Gómez-Gutiérrez	CICIMAR-AAD
3	Carmen Morales	UdeC
4	Carolina Alarcón	UdeC
5	Claudio Gatica	Inpesca
6	Sergio Neira	UdeC
7	Rubén Alarcón	Inpesca
8	Pablo González	Inpesca
9	Paula Mendoza	UdeC
10	Marcelo Fuentes	UdeC
11	Erika Jorquera	UdeC
12	Pamela Hidalgo	UdeC
13	Rubén Escribano	UdeC
14	Claudia Bruno	Inpesca
15	Pablo González	Inpesca
16	Lesly Valenzuela	Inpesca
17	Manuel Muñoz	Inpesca
18	Samuel Hormazábal	UdeC
19	Mario Aguayo	Inpesca
20	Alexandre Gretchina	Inpesca
21	Mario Acevedo	Subsecretaría de Pesca
22	Marco Correa	Inpesca
23	Odette Vergara	UdeC
24	Ramiro Riquelme	UdeC
25	René Vargas	Inpesca
26	Roberto San Martín	Inpesca
27	Fabián Gómez	UdeC
28	Luis Cubillos	UdeC
29	Sergio Núñez	Inpesca

En el Taller se presentaron 6 exposiciones de 30 minutos cada una, para la discusión de los resultados más relevantes de cada uno de los objetivos específicos del proyecto. El programa del Taller de Discusión de Resultados fue el siguiente:

**PROGRAMA
TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS
PROYECTO FIP 2007-33**

- 09.30-09.45: Presentación del Proyecto FIP 2007-33.
S. Núñez E. (Instituto de Investigación Pesquera).
- 09.45-10.15: Distribución temporal y espacial de indicadores de abundancia del zooplancton (eufáusidos) frente a Chile centro-sur.
S. Núñez E. (Instituto de Investigación Pesquera).
- 10.15-10.45: Distribución de la biomasa acústica del zooplancton (eufáusidos).
Rubén Alarcón-Pablo Escobar. (Instituto de Investigación Pesquera).
- 10.45-11.15: Biomasa y producción secundaria de eufáusidos en Chile centro-sur.
Rubén Escribano (Universidad de Concepción).
- 11.15-11.45: Café
- 11.45-12.15: Indicadores tróficos de recursos pelágicos y demersales en el área de estudio.
Claudia Bruno (Instituto de Investigación Pesquera).
- 12.15-12.45: Variabilidad bio-física de la región costera y oceánica frente a Chile centro-sur y su relación con la distribución del zooplancton (eufáusidos).
Samuel Hormazábal (Universidad de Concepción).
- 12.45– 13.30: Discusión final y Conclusiones Finales.

Durante el Taller, la discusión estuvo centrada en:

- 1.- Distribución espacial de especies de eufáusidos dominantes (agregada a la costa y especies oceánicas), y la sugerencia de contar con una expresión de los datos transformados para aminorar la variabilidad de los datos.
- 2.- Se estima pertinente sugerir al Informe Final información de riqueza específica y otros parámetros ecológicos para entender la estructura y variación de la comunidad planctónica, especialmente de los eufáusidos.
- 3.- Se sugiere, sobre la base de los migradores verticales fuertes, el incorporar en el Informe Final el análisis separado de densidad asociada a muestras planctónicas diurnas y nocturnas.
- 4.- La información de la densidad acústica de eufáusidos en el área y período de estudio. Se sugirió por el Dr. Gómez explorar con un polinomio distinto para la estimación de densidad acústica, y por su parte el Dr. Arancibia propone la necesidad de contar con información sobre la fuerza de blanco para eufáusidos dominantes de la costa chilena.

5.- Sobre la estimación de producción secundaria, se hicieron alcances tendientes a mejorar la estimación de producción, los que se sintetizan e el documento del Dr. Gómez (adjunto).

6.- Se solicitó revisar los datos de consumo anual.

7.- Se discute sobre la necesidad de conocer más acerca de la variabilidad ambiental estacional e interanual sobre todo en la región oceánica y, se indica la necesidad de explorar las relaciones eufáusidos-ambiente a través de métodos de escalamiento métrico no-dimensional en lugar de análisis de componentes principales.

8.- Se propone asimismo que el Fondo de Investigación Pesquera pueda recoger la necesidad de investigación que aborde la variabilidad ambiental del sistema costero y oceánico frente a Chile, ya que las poblaciones de eufáusidos (zooplancton en general) y peces puede estar fuertemente afectadas por procesos advectivos (pérdidas), y sería muy relevante contar con un modelo advectivo acoplado para este sistema.

9.- Se sugiere para el Informe Final hacer ejercicios simples sobre los indicadores entregados tendientes a discutir sobre biomasa requerida en función de los consumos de eufáusidos por parte de los recursos pesqueros estudiados.



Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas



Concepción Chile, a 5 de Mayo 2009

Dr. Sergio Nuñez Elías
Responsable de proyecto FIP 2007-33

Por este conducto me es grato hacer de su conocimiento mi opinión técnica y científica del pre-informe del proyecto de investigación financiado por el Fondo de Investigación Pesquera titulado: **Biomasa zooplanctónica y sustentabilidad de las pesquerías de la zona Centro-Sur (FIP 2007-33)** el cual me asignaron revisar el manuscrito del objetivo específico 3: La estimación de la producción de eufáusidos en el área y periodo de estudio, así como comentarios de otras partes del proyecto por medio de mi participación en el Taller de trabajo realizado en las instalaciones de Inpesca el 4 de Mayo 2009 (9:30 a 14:00 h) en Talcahuano, Chile.

Este estudio provee una estimación pionera de la producción de la biomasa total de *Euphausia mucronata* (incluyendo los componentes de producción somática, mudas y huevos) en una extensa área de la costa de Chile. Sin duda este proyecto va a proveer un marco conceptual sin precedentes que cuantifica la relevancia trófica de esta especie en el ecosistema pelágico Chileno, así como en la detección de zonas con mayor producción y biomasa que influyen en la variación espacio-temporal de la distribución y abundancia de sus depredadores las cuales son objeto de la pesca comercial por la flota pesquera Chilena. Sin embargo, como cualquier estudio inicial y pionero este puede mejorar en: 1) aspectos de cálculos matemáticos (con los datos ya existentes) y 2) mejorar la aproximación metodológica para obtener mayor precisión y certidumbre a la estimaciones de biomasa y tasas vitales de esta especie para futuros esfuerzos de investigación.

1) Posibles modificaciones de cálculo de producción de biomasa total con los datos existentes:

1.1 Producción de huevos:

La actual estimación de producción de huevos asume que la abundancia de huevos recolectados en la columna de agua de *E. mucronata* son proporcionales a la abundancia relativa de las 22 especies de eufáusidos recolectados en este estudio, cuando esta proporción debe ser únicamente en relación a las 12 especies de eufáusidos con desove externo (es decir sin incluir las 10 especies con estrategia de reproducción con desove en saco ovífero). La fecundidad y/o el tamaño de puesta posiblemente no tenga una asociación directa con la abundancia relativa por que tal vez las especies involucradas desoven en distintas épocas (reproducción estacional) o áreas (dependiendo si son de afinidad oceánica o nerítica), pero por el momento Ustedes deben mencionar explícitamente este supuesto conceptual en su informe en virtud de que hasta ahora no es posible identificar los huevos de *E. mucronata*. Tal vez si Ustedes calculan una **proporción dinámica** por estacon oceanográfica tengan una proporción mas aproximada a la realidad. Es decir ustedes pueden hacer este calculo considerando la proporción de hembras adultas de cada especie con desove externo en cada estación oceanográfica, en vez de una proporción general "promedio" que mezcla temporadas y ubicación geográfica, estadios de desarrollo (juveniles y adultos) o sexo (machos y hembras) incrementando la incertidumbre de incluir mas de dos especies de distintas especies. En otras palabras estimar una proporción de 42% sesga la estimación por que las 22 especies no están presentes en cada una de las estaciones específicas. Sin duda esta aproximación geográfica y temporal y referida únicamente a hembras (que potencialmente pueden poner huevos) va a dar una estimación más educada y posiblemente más precisa que la actual aproximación que Ustedes estiman. Para estudios futuros pueden rápidamente detectar el estadio de las gónadas y detectar la proporción de hembras estadio IV (método de Ross et al. 1982), pero para efectos de este estudio e informe final, no es necesario hacer esto por el momento.

Seria muy útil para su estudio incluir mapas de riqueza específica y una grafica de barras de riqueza específica por mes de muestreo para entender como varia la estructura de la comunidad de los eufáusidos en tiempo y espacio. Asimismo esto permitirá detectar en que estaciones *E. mucronata* es la única especie recolectada (en las que Ustedes asumirían que el 100% de los huevos recolectados de esa estación son de esa especie).

Con esta proporción dinámica incluso pueden hacer el mapa de huevos de *E. mucronata* y definir las zonas de desove de esta especie diferenciando las estaciones en las cuales solo hubo *E. mucronata* de las estaciones donde se tuvo que calcular una proporción por la presencia de otras especies. Claro este también tiene problema de posible advección de embriones de estadios tardíos provenientes de otras localidades vecinas pero por el momento esto es la mejor aproximación para entender la estructura de la comunidad de eufáusidos y la detección de zonas de desove y estimación de densidad de huevos de *E. mucronata*.

Al manuscrito le falta que describan más detalladamente como calcularon el Carbono de los huevos (cita o la ecuación usada, seguramente lo calcularon bien con el volumen esférico pero no viene bien descrito en la metodología). Nosotros estimamos el carbono de los huevos de *E. pacifica* a partir de mediciones realizadas en carbono de huevos obtenidos de hembras incubadas en laboratorio pero recientemente recolectadas en la costa de Oregon, anexo reimpreso de Gómez-Gutiérrez et al. (2007) en el cual se estimó la proporción de carbono por unidad de volumen de los huevos de *E. pacifica* es $0.14 \times 10^{-6} \mu\text{g C } \mu\text{m}^{-3} \text{ egg}^{-1}$. En el artículo demostramos que esta proporción es idéntica a la estimada en huevos de copépodos (Robertson, 1968; Kiørboe et al., 1985; Kiørboe and Sabatini, 1995) sugiriendo un contenido de carbono relativamente constante en estos crustáceos.

Un problema que detecto es ¿por que recolectaron bajas densidades de nauplios, metanauplios y calyptopis cuando aparentemente recolectaron muchos huevos (mas pequeños) con la red? Creo que cualquier árbitro les va a cuestionar e inclusive sugerir que existió escape de estos estadios larvarios tempranos durante los muestreos que subestiman su densidad en el campo.

1.2. Tasas de crecimiento somático y de mudas:

Ustedes comparan sus datos de periodo de intermuda a distintas temperaturas con el modelo de Iguchi e Ikeda (1995) $\text{Log IP} = 0.321\text{LT} + 100.034 - 0.0435\text{T}$. Por formalidad y rigurosidad estadística, sugiero que con sus propios datos de *E. mucronata* calculen los periodos de intermudas y después prueben estadísticamente si existen o no diferencias significativas en las pendientes (b) y el intercepto (a) de los modelos de regresión lineal,

esto les daría la confianza de decir que con 95% de confianza ambas especies tiene una variabilidad similar de el periodo de intermuda dependiente de la temperatura. Si son significativamente distintas definitivamente seria mas adecuado usar sus propios datos por que sugiere tasas de PIP distintos a los de *E. pacifica*.

Finalmente es sumamente relevante que muestren sus datos en tablas o mapas de biomasa y producción de biomasa separadamente (crecimiento somático, mudas y huevos y total) mezclando procesos, por ejemplo una zona de alta producción de crecimiento somático no necesariamente esta asociado positivamente a producción de huevos, cuando separan por componentes hay mejor posibilidad de entender los patrones espaciales de variabilidad de cada uno de los componentes de la producción de biomasa. Es particularmente relevante comprender el porcentaje relativo de estos tres procesos (en el informe solo presentan los datos de producción total) y calcular el esfuerzo reproductivo (peso en carbono de la densidad de huevos por estación /peso en carbono de las hembras) x 100.

1.3 Es fundamental comparar resultados de estudios de producción secundaria de eufáusidos expresados en las mismas unidades de muestreo. En discusión comparan y concluyen una comparación en unidades distintas $\text{mg C m}^{-2} \text{año}^{-1}$ y $\text{mg C m}^{-3} \text{año}^{-1}$. Recomiendo hacer una tabla que resuma los valores de producción (en la mismas unidades y de una vez resumir los valores de P/B).

1.4 Muestreos diurnos y nocturnos. Los investigadores que estudian eufáusidos saben que es más conveniente usar muestras de zooplancton nocturnas que diurnas para estimar la abundancia de eufáusidos. Esto es por que muchas especies de eufáusidos son macronecton o inclusive micronecton que migran durante el día a profundidades mayores de la profundidad máxima del muestreo con red y por que los eufáusidos son particularmente eficaces para evadir la red de zooplancton durante horas diurnas en la capa fótica. *A priori* los investigadores analizan exclusivamente muestras nocturnas reduciendo el trabajo de separación de muestras diurnas que pueden proveer poca información. Sugiero hagan un análisis día noche de sus muestras si no existen diferencias significativas en las densidades de *Euphausia mucronata* pueden usar los datos de abundancia y biomasa de muestras diurnas o nocturnas. Sin embargo, si tienen

densidades significativamente distintas (usualmente mas abundantes de noche) es aconsejable usar únicamente las muestras nocturnas ya que las diurnas subestiman la abundancia y biomasa afectando la estimación de la producción secundaria. Claro esto depende del número de muestras disponibles y la diferencias de densidad de eufausidos recolectados (abundancia total y por especies).

2) Modificación de metodologías a corto y mediano plazo para la estimación de tasas vitales que aumenten la precisión de las estimaciones de producción de biomasa

2.1 Tasas de crecimiento somático y de mudas: El método de la proporción de mudadores por estación ($1/TM$) estima el periodo de intermuda promedio de los animales de una estación oceanográfica en particular, expresado en días. Es aconsejable que en futuros muestreos implementen de manera rutinaria incubaciones para la estimación de las tasas instantáneas de crecimiento somático individual de *E. mucronata* incubando organismos individualmente durante 48 h (sin adicionarles alimento, a temperatura constante y en oscuridad) para estimar tasa instantánea de crecimiento y por mas tiempo (dándoles alimento) para tener observaciones directas de el periodo de interpuesta. A los organismos que muden se les debe medir (preferentemente en vivo) la longitud total, la longitud del telson o de al menos uno de los uropodos de la muda y del animal (del mismo lado) para estimar la diferencia que es una tasa instantánea de crecimiento individual. Este puede ser un valor negativo (encogimiento), cero o positivo (crecimiento), lo cual permite estimar la tasa de crecimiento individual y promedio de la población. Esto es relativamente más fácil de hacer a bordo del buque con un sistema de cámara digital adaptada al estereoscopio (con micrómetro calibrado) y posteriormente hacer las mediciones a partir de la fotografía digital. Esto es relevante por que actualmente se conoce que los eufáusidos se encogen durante cierta parte del año o en regiones donde las condiciones alimentarias son desfavorables. Cuando se usa únicamente $1/TM$ promedio se asume y se estima que toda la población tiene crecimiento positivo durante todo el año y en todas las regiones, posiblemente sobre estimando la tasa de crecimiento somático poblacional de *E. mucronata* y mas importante no estimando propiamente la ganancia o pérdida en biomasa en función de tiempo. A la luz de estudios de otras especies de eufáusidos *E. superba* (Dalpado e Ikeda 1989), *N. australis* (Hosie and Ritz 1989), *E. pacifica* (Marinovic y Mengel 1999) anexo artículos.

Ustedes pueden detectar si un organismo ya se encogió previamente si rutinariamente miden el diámetro del ojo y la longitud total (vean Shin y Nicol 2002). Debido a que el ojo siempre crece (es decir no se encoge) los animales que tienen una proporción mayor del diámetro del ojo en función de la longitud total son animales que han sufrido encogimiento somático en el campo. Esto tentativamente podría servir para detectar en que zonas o periodos *E. mucronata* se expone a condiciones adversas que causan disminución de su biomasa en función de tiempo.

2.2 Producción de huevos: Sería deseable que hicieran estudios de desarrollo embrionario (tesis de algún estudiante) de huevos de *E. mucronata* para estimar tiempos de desarrollo embrionario y eclosión a distintas temperaturas. Esta información tiene la utilidad para identificar las especies que permita detectar las áreas de desove específico de *E. mucronata* y estimar las tasas de hundimiento de los huevos de esta especie en la Corriente de Benguela (mediante la ley de Stokes y la densidad local) y morfología para aplicación taxonómica (identificación de los huevos a nivel de especies). Claro de ser posible se debiera hacer esto también en otras especies (una o dos hembras que desoven en condiciones de laboratorio) para posiblemente distinguirlos a nivel específico. Para lograr esto es necesario realizar mediciones y estimación de proporciones biométricas del diámetro del embrión, corion y espacio perivitelino. Además se puede realizar la descripción de los nauplios y metanauplios no descritos por Antezana (2008) en la descripción de las larvas de *E. mucronata* complementando este relevante artículo para esta especie. Timofeev et al tienen varios estudios de biometría de huevos de eufáusidos *Thysanoessa* (en este caso del mar de Barent y mar de Bering) incluso proponen que los huevos en condiciones desfavorables (zonas límites de distribución de las especies) tienen espacios perivitelinos más grandes que en zonas donde las condiciones son más favorables. Esto puede complicar la identificación de huevos recolectados en el campo pero si no se hace ningún esfuerzo futuro simplemente.

3) Comentarios a ponencias escuchadas durante el taller en Inpesca.

Ponencia de Sergio Nuñez. Para términos de comparación de la relevancia de *E. mucronata* con respecto a zooplancton no eufáusidos sería conveniente hacer comparaciones en términos de biomasa no número de individuos, tal vez los eufáusidos

puedan subir en abundancia relativa usando la biomasa mas que el tamaño de el organismo.

Ponencia de Ruben Alarcon

En el artículo Gómez-Gutiérrez y Robinson (2006) se presenta una forma simple de identificar acústicamente agregaciones de eupáusidos de aproximadamente 13-18 mm longitud total, particularmente utilizando el sigma de *Euphausia pacifica* informado por (MacLennan & Simmonds 1992). El problema de la aplicación del complejo modelo de Demmer y Conti (2005) es que un organismo de 25 mm de *E. mucronata* (adulto) es en realidad un juvenil de *E. superba* cambiando la forma y corpulencia del organismo. En un futuro sería conveniente que contaran con cámara submarina para verificar la identificación de los blancos acústicos en densas capas de dispersión.

Ponencia de Samuel Hormazabal. Anexamos un artículo que realizamos un análisis multivariado no paramétrico de la estructura de la comunidad de eupáusidos y las variables oceanográficas (Gómez-Gutiérrez et al. 2005). Aquí se discute las razones por las cuales es fundamental realizar análisis no paramétricos (Escalamiento Métrico No dimensional) cuando se intenta asociar la abundancia de los eupáusidos asociados a las variables ambientales. Es necesario transformar los datos de abundancia de $\text{Log}(x+1)$, eliminar datos extremos, y especies <5%. Sin lugar a dudas el ACP es mucho mas facil de calcular, pero el NMDS es sin duda mas robusto que el ACP cuando se consigue una solución iterativa con bajo valor de estrés.

Anexo el manuscrito editado y con comentarios en versión Word for Windows y proveo algunas referencias de artículos que posiblemente ayuden a mejorar el presente manuscrito del informe pre-final. Realmente estoy impresionado con el trabajo y organización que realizan en Instituto de Investigación Pesquera y Universidad de Concepción y su programa de investigación que sin duda este va a ser un estudio clásico y de gran utilidad práctica para esta productiva región de surgencia de Chile. Agradezco ampliamente su amable invitación en la participación de este interesante taller y al apoyo económico otorgado para viajar y estancia en Concepción Chile, Sin más por el momento, reciban Ustedes mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente,



Dr. Jaime Gómez Gutiérrez
Investigador del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Departamento de Plancton y Ecología
Marina, Ave. IPN s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, A.P. 592, La Paz, Baja California
Sur, C.P. 23096, México.

Tel: (612)126-4666, (612)123-0350 ext. 82436, Fax: (612)122-0350
E-mail: jagomezg@ipn.mx, jgomezgu@gmail.com

CURRICULUM VITAE (2006-2008)

I. DATOS PERSONALES

Actualizado el 18 de Abril del 2009

Nombre	Jaime Gómez Gutiérrez
Becario	SNI II, COFAA IV y EDI IX
Domicilio de trabajo	Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Departamento de Plancton y Ecología Marina, Avenida IPN, Col. Palo de Santa Rita s/n. A.P. 592 La Paz, Baja California Sur, C.P. 23096, México.
Numero de Pasaporte de Mexico:	MEX05430020505
Teléfono de oficina	Directo: (612) 123-4666
Con extensión	(612) 122-5344 ó 122-5366. Ext. 82435 ó 82436
Teléfono de oficina de México-La Paz	57 29 6000 ext. 82436 y 82435 (jefatura)
Fax de oficina	(612) 122-5322
E-mail	jagomezg@ipn.mx jgomezgu@gmail.com

II. FORMACION ACADEMICA

Doctorado en Oceanografía Biológica. (Septiembre de 1998 a Diciembre 12, 2003). College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Oregon, U.S.A. (Becario CONACyT 122676). Advisors Dr. Charles Miller (COAS), Dr. William Peterson (NOAA).

Maestría en Ciencias Marinas. (1990-1992). Con Especialidad en Ecología Marina (Plancton). Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. La Paz B.C.S. México. (Promedio 9.7).

Licenciatura en Biología Marina. (1985-1989). Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S. México. (Promedio 8.6).

III. PUBLICACIONES INTERNACIONALES (2006-2008)

Gómez-Gutiérrez J, Kawaguchi S, Nicol S. En prensa. Ectobiont suctorians and enigmatic parasitoid dinoflagellates of euphausiid eggs (Euphausiacea) at Oregon, USA. **J. Plankton Res.**

Gómez-Gutiérrez J, Lamb J. En prensa. Unusual morphology of *Thysanoessa spinifera* Holmes (Crustacea: Euphausiacea) at the Oregon coast, USA. **Oceánides. 24(1)**

Gómez-Gutiérrez J, Rodríguez-Jaramillo C, Del Ángel-Rodríguez J, Robinson CJ, Zavala-Hernández C, Tremblay N, Martínez-Gómez S. En prensa. Biology of the subtropical sac-spawning euphausiid *Nyctiphanes simplex* in the northwestern seas of Mexico: Interbrood period, gonad development and lipid content. **Deep-Sea Res II: Topical studies in Oceanography.** Pergamon. ISSN 0967-0645, Reino Unido (Impact factor 1.172). Editor Dr. John D. Milliman. Guest editors So Kawaguchi and William T. Peterson.

Gómez-Gutiérrez, J., Tremblay, N., Martínez-Gómez, S., Robinson, C.J., Del Ángel-Rodríguez, J., Rodríguez-Jaramillo, C., Zavala-Hernández, C. En prensa. Biology of the subtropical sac-spawning euphausiid *Nyctiphanes simplex* in the northwestern seas of Mexico: Vertical and

- horizontal distribution patterns and seasonal variability of brood size. **Deep-Sea Res II: Topical studies in Oceanography**. Pergamon. ISSN 0967-0645, Reino Unido (Impact factor 1.172). Editor Dr. John D. Milliman. Guest editors So Kawaguchi and William T. Peterson.
- Robinson CJ, Gómez-Aguirre S, **Gómez-Gutiérrez J** (2007) Pacific sardine behaviour related to tidal current dynamics in Bahía Magdalena, México. **J Fish Biol.** 71:1-19. Impact factor 1.393, Print ISSN 1095-8649, Inglaterra On line ISSN 0022-1112
- Landers SC, **Gómez-Gutiérrez J**, Peterson WT. (2007) The fine structure of the phoront of *Gymnodinioides pacifica*, a ciliated protozoan (Ciliophora, Apostomatida) from euphausiids of the Northeastern Pacific. **Europ J Protistol** 43:239-249 factor de impacto 1.108, ISSN 0932-4739, Alemania
- Gómez-Gutiérrez J**, Martínez-Gómez S, Robinson CJ. (2007) Influence of tidal fronts on surface zooplankton aggregation and community structure in a subtropical bay, Bahía Magdalena, Mexico. **Mar Ecol Progr Ser** 346:109-125. (factor de impacto 2.052, Online ISSN 0171-8630 - Print ISSN 1616-1599, Alemania)
- Gómez-Gutiérrez J**, Feinberg LR, Shaw T, Peterson WT. (2007) Interannual and geographical variability of the brood size of the euphausiids *Euphausia pacifica* and *Thysanoessa spinifera* along the Oregon coast (1999-2004). **Deep Sea Res I.** 54(12): 2145-2169. doi:10.1016/j.dsr.2007.09.003. ISSN 0967-0637, (factor de impacto 1.537, ISSN 0967-0645, Inglaterra)
- Landers SC, **Gómez-Gutiérrez J**, Peterson WT (2006) *Gymnodinioides pacifica*, n. sp., an exuviotrophic ciliated protozoan (Ciliophora, Apostomatida) from euphausiids of the Northeastern Pacific. **European Journal of Protistology** 42:97-106. factor de impacto 1.108.
- Gómez-Gutiérrez J, Peterson WT, Morado FJ (2006) Discovery of a ciliate parasitoid of euphausiids off Oregon, USA. *Collinia oregonensis* n. sp. (Apostomatida: Colliniidae). Dis Aquat Org 71:33-49. US GLOBEC contribution number 271 (factor de impacto 2.052).
- Gómez-Gutiérrez J**, Robinson CJ (2006) Tidal current transport of epibenthic swarms of the euphausiid *Nyctiphanes simplex* in a shallow subtropical bay in Baja California Sur, México. **Mar Ecol Progr Ser.** 320:215-231 factor de impacto 2.052.
- Se-Jong J, Harvey HR, **Gómez-Gutiérrez J**, Peterson WT (2006) The role of lipids during embryonic development of the euphausiids *Euphausia pacifica* and *Thysanoessa spinifera*. **Limnology & Oceanography** 51(5):2398-2408.
- Gómez-Gutiérrez J**, Feinberg LR, Shaw T, Peterson WT (2006) Variability of brood size and female length of *Euphausia pacifica* Hansen among three populations in the North Pacific. **Mar Ecol Progr Ser** 323:185-194.
- Brodeur R, Yamamura O, Balanov A, Coyle K, Dower J, **Gómez-Gutiérrez J**, Iguchi N, Kawaguchi S, Mackas D, Miyashita K, Pearcy W, Savinykh V, Seki M, Tozcko S, Yoon WD (2005) Micronekton of the North Pacific. Brodeur R, Yamamura O (eds). **PICES Working Group 14 Final Report. PICES Science Report No. 30. pp. 115. North Pacific Marine Science Organization. ISBN 1-897176-02-3, ISSN 1198-273X.**

- Gómez-Gutiérrez J, Robinson CJ (2005) Embryonic, early larval development time, hatching mechanism and interbrood period of the sac-spawning euphausiid *Nyctiphanes simplex* Hansen. **J Plankt Res** 27(3):279-295 (factor de impacto 1.365, Online ISSN 1464-3774 - Print ISSN 0142-7873, Inglaterra).
- Gómez-Gutiérrez J**, Peterson WT, Miller CB (2005) Cross-shelf life-stage segregation and community structure of the euphausiids off central Oregon (1970-1972). Special issue, U.S. GLOBEC Biological and physical studies of plankton, fish and higher trophic level production, distribution, and variability in the Northeast Pacific. (Eds.) Batchelder, H. P., Lessard, E. J., Strub, P. T., Weingartner, T. J. **Deep-Sea Res II**. 52/1-2:289-315 (factor de impacto 1.537, ISSN 0967-0645, Inglaterra).
- Gómez-Gutiérrez J** (2004) Parasitoides unicelulares una epidemia que mata el krill en el Noroeste del Océano Pacífico. **Scientific American Latinoamerica**. 21:34-35 Manuscrito por invitación solicitado el 5 de Noviembre del 2003. **Investigación y Ciencia. Versión en Español de Scientific American**. Barcelona, España.
- Gómez-Gutiérrez J** (2003) Hatching mechanism and accelerated hatching of the eggs of a sac-spawning euphausiid *Nematoscelis difficilis*. **J Plankt Res** 25(11):1397-1411. (factor de impacto 1.568, Online ISSN 1464-3774 - Print ISSN 0142-7873, Inglaterra).
- Gómez-Gutiérrez J**, Peterson WT, De-Robertis A, Brodeur R (2003) Mass mortality of krill caused by parasitoid ciliates. **Science** July 18, 2003, 301(5631):339 (Factor de impacto 31.853) ISSN 1095-9203 online 0036-8075 print
- Gómez-Gutiérrez J** (2002) Hatching mechanism and delayed hatching of the eggs of three broadcast euphausiid species under laboratory conditions. **J Plankt Res** 24(12):1265-1276 (factor de impacto 1.444, Online ISSN 1464-3774 - Print ISSN 0142-7873, Inglaterra).
- Peterson WT, **Gómez-Gutiérrez J**, Morgan CA (2002) Cross-shelf variation in calanoid copepod production during summer 1996 off the Oregon coast, USA. **Mar Biol** 141:353-365 (factor de impacto 1.335) ISSN 0025-3162 (Print) 1432-1793 (Online)
- Gómez-Gutiérrez J**, Palomares-García JR, Hernández-Trujillo S, Carballido-Carranza A (2001) Community structure and distribution of zooplankton through the main entrance of Bahía Magdalena México during 1996. **Rev Biol Trop** 49(2):545-558 (factor de impacto 0.220) ISSN 0034-7744
- Gómez-Gutiérrez J**, Domínguez-Hernández E, Robinson CJ, Arenas-Fuentes V (2000) Hydroacoustical evidence of autumn-inshore residence of the red crab *Pleuroncodes planipes* in Punta Eugenia, Baja California, Mexico. **Mar Ecol Progr Ser** 208:283-291 (factor de impacto 1.923) ISSN 0171-8630
- Robinson CJ, **Gómez-Gutiérrez J**, Félix-Uraga R, Arenas-Fuentes V (2000) Seasonal hydroacoustical observations of small pelagic fish behaviour in Magdalena Bay, México. **Aquat Living Resour** 13(1):11-18. (factor de impacto 0.935) ISSN (Print Edition): 0990-7440 ISSN (Electronic Edition): 1765-2952
- Gómez-Gutiérrez J**, Palomares-García JR, De Silva-Dávila R, Carballido-Carranza MA, Martínez-López A (1999) Copepod daily egg production and growth rates in Bahía Magdalena, Mexico. **J Plankt Res** 21(12):2227-2244 (factor de impacto 1.300) ISSN 0142-7873

- Gómez-Gutiérrez J**, González-Chávez G, Robinson CJ, Arenas-Fuentes V (1999) Latitudinal changes of euphausiid assemblages related to dynamics of the scattering layer along Baja California, October 1994. **Sci Mar** 63(1):79-91 (factor de impacto 0.187) ISSN 0214-8358
- Gómez-Gutiérrez J**, Peterson WT (1999) Egg production rates of eight calanoid copepod species during the summer 1997 at Newport Oregon, USA. **J Plankt Res** 21(4):637-657 (factor de impacto 1.300) ISSN 0142-7873
- Robinson CJ, **Gómez-Gutiérrez J** (1998) The red-crab bloom of the west coast of Baja California, México. **J Plankton Res** 20(10):2009-2016 (factor de impacto 1.300) ISSN 0142-7873
- Robinson CJ, **Gómez-Gutiérrez J** (1998) Daily vertical migration of dense scattering layers related to shelf-break area in the northwest coast of Baja California, México. **J Plankt Res** 20(9):1679-1697 (factor de impacto 1.300) ISSN 0142-7873
- Lavaniegos EB, **Gómez-Gutiérrez J**, Lara-Lara R, Hernández-Vázquez S (1998) Long-term changes of zooplankton volumes in the California Current System.- The Baja California region. **Mar Ecol Progr Ser** 169:55-64 (factor de impacto 1.923) ISSN 0171-8630
- Gómez-Gutiérrez J**, Shields DJ (1998) Range extension for *Oculophryxus bicaulis* Shields & Gómez (Isopoda, Dajidae) in the South China Sea. **Crustaceana** 71(2):167-170 (factor de impacto 0.259) ISSN 0011-216X
- Gómez-Gutiérrez J**, Sánchez-Ortiz CA (1997) Larval drift and population structure of the pelagic phase of *Pleuroncodes planipes* (Simpson) (Crustacea: Galatheidae) off the southwest coast of Baja California, México. **Bull mar Sci** 61(2):305-326 (factor de impacto 0.512) ISSN 0007-4977
- Gómez-Gutiérrez J**, Robinson CJ (1997) Circadian biomass and abundance changes of five euphausiids along the west coast of Baja California Mexico, December 1993. **Sci Mar** 61:27-35 (factor de impacto 0.187) ISSN 0214-8358
- Robinson CJ, **Gómez-Gutiérrez J**, Arenas-Fuentes V (1997) On the structure of a deep scattering layer on the coastal shelf off Bahía Magdalena, Baja California, Mexico. **Ciencias Marinas** 23(1):141-154 (factor de impacto 0.167) ISSN 0185-3880
- Palomares GR, **Gómez-Gutiérrez J** (1996) Copepod community structure at Bahía Magdalena, Mexico during El Niño 1983-1984. **Estuar coast Shelf Sci** 43:583-595 (factor de impacto 1.011) ISSN 0272-7714
- Gómez-Gutiérrez J**, De Silva-Dávila R, Lavaniegos EB (1996) Growth production of the euphausiid *Nyctiphanes simplex* at the coastal shelf off Magdalena Bay, Baja California Sur, México. **Mar Ecol Progr Ser** 138:309-314 (factor de impacto 1.923) ISSN 0171-8630
- Shields DJ, **Gómez-Gutiérrez J** (1996) *Oculophryxus bicaulis* a new genus and species of Dajid isopod parasitic on the euphausiid *Stylocheiron affine*. Hansen. **Int J Parasit** 26(3):261-268 (factor de impacto 3.092) ISSN 0020-7519
- Gómez-Gutiérrez J** (1996) Ecology of early larval development of *Nyctiphanes simplex* Hansen (Euphausiacea) off the southwest coast of Baja California, México. **Bull mar Sci** 58(1):131-146 (factor de impacto 0.512) ISSN 0007-4977

- Robinson CJ, **Gómez-Gutiérrez J**, Arenas-Fuentes V (1995) Diel vertical and offshore-inshore movements of anchovies off central Baja California coast. **J Fish Biol** 47:877-892 (factor de impacto 0.918) ISSN 0022-1112
- Gómez-Gutiérrez J**, Hernández-Trujillo S, Esqueda EGM (1995) Community structure of the euphausiids and copepods in distribution areas of pelagic fish larvae off west coast off Baja California, México. In: International Symposium on middle-sized pelagic fish. (eds). C. Bas, J. J. Castro, J. M. Lorenzo. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. **Sci Mar** 59(3-4):381-390. (factor de impacto 0.187, ISSN 0214-8358)
- Gómez-Gutiérrez J**, Palomares-García R, Gendron D (1995) Community structure of the euphausiids populations along the west coast of Baja California, México during the weak ENSO 1986-87. **Mar Ecol Prog Ser** 120:41-51. (factor de impacto 1.923), ISSN 0171-8630
- Gómez-Gutiérrez J** (1995) Distribution patterns, abundance and population dynamics of the euphausiids *Nyctiphanes simplex* and *Euphausia eximia* in the west coast of Baja California, México. **Mar Ecol Prog Ser** 119:63-76 (factor de impacto 1.923) ISSN 0171-8630
- Gómez-Gutiérrez J**, Hernández-Trujillo S (1994) Euphausiacea and Copepoda of the oceanic front off Cabo San Lucas B.C.S., México in August of 1988. **Rev Biol Trop** 42(1/2):155-164 (factor de impacto 0.220) ISSN 0034-7744

PUBLICACIONES INTERNACIONALES SOMETIDAS A REVISION

- Aceves-Medina G, R Palomares-García, **J Gómez-Gutiérrez**, CJ Robinson, RJ Saldierna-Martínez. Multivariate characterization of spawning and larval environment of small pelagic fishes in the Gulf of California. **J Plankton Res.**

IV. PUBLICACIONES NACIONALES

- Hinojosa-Medina A, Funes-Rodríguez R, Aceves-Medina G, **Gómez-Gutiérrez J** (2007) Evolución de la investigación científica en el complejo lagunar Bahía Magdalena-Almejas. En: Funes-Rodríguez R, Gómez-Gutiérrez J, Palomares-García R (eds) Estudios ecológicos en Bahía Magdalena. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México, p 289-311. ISBN 978-970-36-0464-4.
- Robinson CJ, **Gómez-Gutiérrez J**, Gómez-Aguirre S (2007) Efecto de la dinámica de las corrientes de marea en los organismos pelágicos en la boca de Bahía Magdalena. En: Funes-Rodríguez R, Gómez-Gutiérrez J, Palomares-García R (eds) Estudios ecológicos en Bahía Magdalena. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México, p 45-58. ISBN 978-970-36-0464-4.
- Martínez-Gómez S, **Gómez-Gutiérrez J**, Robinson CJ (2007) Transporte de agregaciones de zooplancton a través de la boca de Bahía Magdalena asociado a corrientes y frentes de marea. En: Funes-Rodríguez R, Gómez-Gutiérrez J, Palomares-García R (eds) Estudios ecológicos en Bahía Magdalena. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México, p 189-203. ISBN 978-970-36-0464-4.

Gómez-Gutiérrez J (2006) Hatching mechanisms and death of euphausiid embryos during hatching: evidences for evolutionary reversal of the free-living nauplius? *Océanides* 21(1,2): 63-79. Sometido el 10 de Febrero, 2006 a el editor general Dr. Juan Elorduy Garay. Comentarios de los árbitros 13 de Marzo 2007. Aceptado 13 de Agosto 2007. **NEP GLOBEC contribution number 571** ISSN 0186-5102.

Palomares-García JR, De Silva-Dávila R, Martínez-López A, Carballido-Carranza MA, **Gómez-Gutiérrez J** (2000) Crecimiento somático y producción de huevos de copépodos en Bahía Magdalena. p 29-30 En: Estudios sobre plancton en México y el Caribe. E Ríos-Jara, E Juárez-Carrillo, M Pérez-Peña, E López-Uriarte, EG Robles-Jarero, DU Hernández-Becerril, M Silva-Briano (eds) Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara. pp147

Gómez-Gutiérrez J, Robinson CJ, Arenas-Fuentes V (1998) La hidroacústica, una moderna herramienta para el estudio de la biología y ecología del ecosistema pelágico marino. **Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencia** 49(2):11-22

Gómez-Gutiérrez J, Sánchez-Ortíz CA (1995) Centros de eclosión y deriva larval y postlarval de la langostilla, *Pleuoncodes planipes* (Crustácea: Galatheididae), en la costa occidental de Baja California Sur. *En: La langostilla, biología, ecología y aprovechamiento*. Auriolles-Gamboa D, Balart EF (eds) Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste S.C. pp 35-57

Hernández-Rivas ME, **Gómez-Gutiérrez J**, Sánchez-Ortíz CA, Saldierna-Martínez RJ, Vera-Alejandre R (1993) Atlas de temperatura superficial en el complejo lagunar de Bahía Magdalena-Bahía Almejas, Baja California Sur, México. 1980-1989. Secretaria de Marina. **Centro Nacional de Datos Oceanográficos de la Secretaría de Marina. Sección Físico-Químico**. 2:1-87

Sánchez-Ortíz CA, **Gómez-Gutiérrez J** (1992) Distribución y abundancia de los estadios planctónicos de la jaiba *Callinectes bellicosus* (Decapoda: Portunidae) en el complejo lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S., México. **Rev Inv Cient UABCS**, 3(1):47-60

VII. CONGRESOS Y CONFERENCIAS EN MEXICO 20, INTERNACIONALES 94 (SE MUESTRAN SOLO LOS ULTIMOS 4 AÑOS)

Gómez-Gutiérrez J, Ambriz-Arreola Israel, Castellanos-Osorio I, De Silva-Dávila R, Farber-Lorda J, Gasca R, Gendron DL., Lavaniegos BE, Martínez-Gómez S, Robinson CJ. Research of euphausiids from Mexico. Workshop 10 Krill biology and ecology in the world's oceans, Internacional 3rd and final GLOBEC Open Science Meeting en Victoria, Canada, Junio 2009 titulada Marine ecosystems: from function to prediction (**ORAL, presentación por invitación**)

Gómez-Gutiérrez J, So Kawaguchi, Stephen Nicol. Global diversity and ecological function of parasites of euphausiids. Workshop 10 Krill biology and ecology in the world's oceans, Internacional 3rd and final GLOBEC Open Science Meeting en Victoria, Canada, Junio 2009 titulada Marine ecosystems: from function to prediction (**Poster**)

Martínez-Gómez S, **Gómez-Gutiérrez J**, Robinson CJ. Seasonal body growth and egg production of the euphausiid *Nyctiphanes simplex* in the Gulf of California. Workshop 10 Krill biology and ecology in the world's oceans, Internacional 3rd and final GLOBEC Open Science Meeting en Victoria, Canada, Junio 2009 titulada Marine ecosystems: from function to prediction (**Poster**)

Díaz-Gamboa RE, Gendron D, **Gómez-Gutiérrez J** (2008) Cetáceos teutófagos y calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California: Relaciones tróficas y diferencias espacio-temporales en distribución, biomasa y densidad XXI Reunión Internacional sobre el

Estudio de los Mamíferos Marinos. Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina, A.C. (SOMEMMA) Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas (UABC). Ensenada, Baja California, México 18 al 22 de mayo 2008 (<http://reunion2008.somemma.org>).

Tremblay N, **Gómez-Gutiérrez J**, Zenteno-Savín T, Robinson CJ. 2008. Biochemical explanation of diel vertical migration of zooplankton: krill response to hypoxic conditions. ASLO Summer Meeting. American Society of Limnology and Oceanography, St John's, Newfoundland, Canada, 8-13 June 2008. <http://aslo.org/stjohns2008/>, Oral

Palomares-García R, **Gómez-Gutiérrez J**, Robinson CJ. 2008. Winter vertical distribution of copepods in the Gulf of California, Mexico. 13-19 July, 2008. 10th International Conference of Copepoda. Pattaya, Thailand. Poster

Aguilar-Mendez MJ, López-Cortés A, **Gómez Gutiérrez J**. 2008. Bacterial diversity associated with parasitoidism of Ciliate *Collinia* spp. in Euphausiacea from the Gulf of California. Cairns, Australia, August 17 - 22, 2008. 12th International Society on Microbial Ecology (ISME). Microbial diversity. Sustaining the blue planet. ISME 12, A-088-0007-00269. <http://www.kenes.com/isme12/>, Poster

Robinson, CJ, **J Gómez-Gutiérrez**, D Gendron, R Díaz-Gamboa, A Paniagua-Mendoza. 2008. Seasonal distribution and abundance of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California: Using hydroacoustic surveys, jigging catches, satellite and high resolution oceanographic measurements to describe its habitat. WFC 2008 5th World Fishery Congress. Fisheries for global welfare and environmental conservation, October 20-24 2008. Yokohama, Japón. <http://www.5thwfc2008.com/> Oral

Angulo-Campillo O, Aceves-Medina G., **Gómez-Gutiérrez, J**, De-Silva Dávila R, Avendaño-Ibarra R. 2008. Taxocenosis de moluscos holoplanctónicos (Mollusca:Gasteropoda) en el Golfo de California. XV Congreso Nacional de Oceanografía, II Reunión Internacional de Ciencias Marinas, Boca del Río, Veracruz, 13-18 Octubre 2008.

Paniagua-Mendoza A, Gendron D, **Gómez-Gutiérrez J**, Robinson CJ. 2008. Caracterización del hábitat de cetáceos comunes mediante medición de variables oceanográficas en alta resolución en el Golfo de California durante la temporada cálida. SOLACMAR, Uruguay. Poster

Gómez-Gutiérrez J, Robinson CJ, Del Angel-Rodríguez J, Martínez-Gómez S, Tremblay N, Zenteno-Savín T, Rodríguez-Jaramillo C, Arroyo Ramírez K. 2007. Multidisciplinary study of the subtropical sac-spawning euphausiid *Nyctiphanes simplex* in the southern part of the California Current System and Gulf of California. May 28 - June 1, 2007. Oral 3275 (International Symposium). 4th International Zooplankton Production Symposium on "Human and climate forcing of zooplankton populations" (co-sponsored by ICES, PICES and GLOBEC), Hiroshima, Japan. 227 p.

Shaw TC, Feinberg LR, **Gómez-Gutiérrez J**, Peterson WT. 2007. Review of life history and ecology of *Euphausia pacifica* off Newport, OR, USA. Oral 3529 May 28 - June 1, 2007 (International Symposium). 4th International Zooplankton Production Symposium on "Human and climate forcing of zooplankton populations" (co-sponsored by ICES, PICES and GLOBEC), Hiroshima, Japan. 226 p.

Robinson CJ, **Gómez-Gutiérrez J**. 2007. El uso de hidroacústica y el análisis de datos continuos oceanográficos para el estudio de la abundancia y distribución de las especies de peces

pelágicos en el Golfo de California. XI Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés y V Simposium Internacional del Mar de Cortés. Hermosillo, Sonora 24-27 de Abril, 2007.

Robinson CJ, **Gómez-Gutiérrez J**. 2007. El uso de hidroacústica y el análisis de datos continuos oceanográficos para el estudio de la abundancia y distribución de las especies de peces pelágicos en el Golfo de California. I Reunión bianual de la Sociedad Mexicana de Pesquerías y del capítulo Mexicano de la American Fisheries Society. La Paz, BCS 2-4 de Mayo, 2007.

Tremblay N, Zenteno-Savín T, Robinson CJ, **Gómez-Gutiérrez J** (2007) Oxidative metabolism of two subtropical euphausiids in the Gulf of California during their diel vertical migration. Annual meeting of the Society for Free Radical Biology and Medicine. Washington DC. 14 al 18 de Noviembre 2007. web <http://www.sfrbm.org/>.

Proyectos

Monitoreo de la producción secundaria, dinámica poblacional y parasitismo de especies claves del zooplancton mediante incubaciones in situ y métodos hidroacústicos en el Golfo de California. Convocatoria C 1-2004 del Fondo SEMARNAT. **Vigencia Marzo 2005-Marzo 2009** Finalizado

Ecología de crustáceos galatheidos (fase pelágica) e ictioplancton con énfasis en especies béntico-demersales en el Golfo de California. Fondo Sectorial de Investigación en materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y recursos Filogenéticos (SAGARPA Convocatoria S007-2005-1). \$1,256,000.⁰⁰ **Vigencia Marzo 2006-Marzo 2008** Finalizado

Ecología de crustáceos galatheidos (fase pelágica) en el Golfo de California." CGPI Clave del proyecto: 20060856. jagomezg, bcs04. \$90,000 pesos. Enviado el 19 Enero 2006. Coordinador del Programa Producción biológica en ecosistemas costeros (clave 493). Informe enviado online el 4 de Febrero de 2007 con clave de informe 4005, 100% de avance. Entregado en papel el 6 de febrero de 2007.

Metabolismo oxidativo de eufáusidos subtropicales en el Golfo de California en relación con su distribución vertical diaria. Enviado 14 de Diciembre 2006. Clave SIP 20070279, Programa Ecología y producción secundaria del zooplancton en el Golfo de California.

Síntesis de la biología de los eufáusidos (Fase 1). Clave **CGPI 20080490**. Programa. Clave jagomezg, password bcs04. Programa Dinámica del ecosistema epipelágico del Golfo de California clave 786. Informe enviado en línea el 7 de enero 2009.

Síntesis de la biología de los eufáusidos (Fase 2). Clave **CGPI 20090090**. Programa Dinámica del ecosistema epipelágico del Golfo de California clave 905. Informe enviado en línea el 21 de enero 2009.

Estancia de investigación sabática (1 Agosto 2008 al 31 Julio, 2009). Australian Antarctic Marine Living Resources Program. Tasmania, Australia. En colaboración con el Dr. Stephen Nicol y Dr. So Kawaguchi. La biología de los eufáusidos (Monografía de revisión bibliográfica, 1981-2008). CONACyT Convocatoria 2007 Ciencias de la Vida (No. Propuesta 79528) Apoyos vinculados al fortalecimiento de la calidad de Posgrado Nacional, a la consolidación de Grupos de Investigación y de la Capacidad Tecnológica de las empresas, Vertiente II Segunda etapa. Consolidación de Grupos de Investigación (Estancias sabáticas y Posdoctorales al Extranjero).

ARBITRAJE DE PUBLICACIONES CIENTIFICAS: 38 en revistas internacionales (1995 a la fecha)

**ARBITRAJE DE PROYECTOS DE INVESTIGACION: 10 proyectos CONACYT, NSF y
Universidad Nacional de Colombia (2002 a la fecha)**

BECAS

Beca del Sistema Nacional de Investigadores

- **Candidato** del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) con vigencia de Julio de 1995 a Julio de 1998. (número de expediente 15876).
- Investigador **Nivel I** del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) con vigencia de Julio de 1998 a Julio de 2004. (número de expediente 15876).
- Investigador **Nivel II** del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) con vigencia de Septiembre de 2004 a Septiembre de 2007. (número de expediente 15876). **Este nivel desde el 2005 con vigencia actual Enero del 2009 a Diciembre del 2013.**

REVISION DE TESIS Y SINODALIAS

Dirección de tesis: 4

Nivel Medio Superior

- 1) Samuel Martínez Gómez. Variabilidad circadiana y biomasa de zooplancton asociado a frentes de marea en Bahía Magdalena, BCS, México. Tesis de Licenciatura en Biología Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. Fecha de defensa 15 Noviembre de 2006 a las 18:00 h. Presidente M.C. Hermilo Santoyo Reyes, Secretario Dr. Carlos A. Sánchez-Ortiz.
- 2) Christian Zavala Hernández. 2007. Estrategias reproductivas en tres especies de eufáusidos (Crustácea: Euphausiacea) subtropicales en el Golfo de California. Licenciatura en Biología Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. Pp. 87. Fecha de defensa 14 Diciembre de 2007 a las 18:00 h. Presidente Dr. Volker Koch, Secretaria MC. Carmen Rodríguez Jaramillo. Vocal Jaime Gómez Gutiérrez (Director de Tesis)
- 3) José Ernesto Moreno Zúñiga. 2008. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (UNAM). Comparación de la Biodiversidad de Cetáceos entre temporadas fría y cálida en el Golfo de California. Fecha de exámen de grado 6 de Mayo 2008.

Maestría: 2 terminados y 3 activos

- 1) Nelly Tremblay. 2008. Variación estacional de los indicadores de estrés oxidativo asociada a la migración vertical de los eufáusidos subtropicales del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, 125 pp. Defendida el 20 de Junio, 2008 12 h, aprobada con mención honorífica. Tiempo 1 año 10 meses. Address: 616, Pierre-Dubeau, Saint-Eustache (Quebec) J7R 5J9 Canada. nellytremblay@hotmail.com, Tel 1-450-473-7837. Tel: La Paz 612-165-6403 TEXN830518MNERXL05 (CURP), Teléfono SRE 5-

063-3000 ext. 6305 Sr. Héctor Hernández. NellyTremblay@hotmail.com. Director Jaime Gómez Gutiérrez, co-directora Tania Zenteno Savin.

- 2) Mario Josué Aguilar Méndez. 2008. Diversidad bacteriana asociada al parasitoidismo de ciliados *Collinia* spp., en eufáusidos del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Defendida el 16 de Julio 2008 en CIBNOR, pp. 132. Director Dr. Alejandro López Cortés (CIBNOR), Presidente Jaime Gómez-Gutiérrez (CICIMAR), Vocal Bruno Gómez Gil Rodríguez (CIAD), suplente Daríel Tovar Ramírez. Iniciado en Agosto 2005, 3 años. (massiudeus@yahoo.com, tezcatlipoca@guanajuato.com)
- 3) Aurora Paniagua Mendoza. Maestría en CICIMAR. Caracterización del hábitat y estimación de densidad de los cetáceos comunes en el Golfo de California durante temporada cálida (julio-agosto 2007). (inició maestría en Septiembre 2007, fecha probable de titulación Junio 2009).
- 4) Samuel Martínez Gómez. Maestría en CICIMAR. Producción secundaria del eufáusido *Nyctiphanes simplex* (Crustácea: Euphausiacea) en el Golfo de California, B.C.S., México (inicia maestría en enero 2008, fecha probable de titulación enero 2010).
- 5) Dellys Montuy Gómez. Tema de tesis Embriogenesis e histoquímica de lipidos en gonadas de eufáusidos subtropicales en el Golfo de California. Co-directora de tesis M.C. Carmen Rodríguez Jaramillo (CIBNOR). Inicia maestría en CICIMAR en Enero 2009.

ANEXO 2

LISTADO DE PERSONAL PARTICIPANTE

ANEXO 2. LISTADO DE PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

Cuadro 1: Listado de personal participante por actividad. Informe de Avance Proyecto FIP 2007-33.

PERSONAL	ACTIVIDAD
Sergio Núñez E.	Jefe de proyecto. Análisis integrado. Índices de abundancia y distribución espacial eufáusidos. Análisis integrado Pre-Informe Final. Taller de Discusión de Resultados
Rubén Escribano	Índices de abundancia planctónica y distribución espacial de eufáusidos. Análisis integrado. Estructura de tamaños de eufáusidos. Pre-Informe Final. Taller de Discusión de Resultados
Carmen Morales	Análisis integrado. Distribución planctónica.
Samuel Hormazábal	Análisis oceanográfico. Análisis integrado. Pre-Informe Final. Taller de Discusión de Resultados
Rubén Alarcón	Análisis geoestadístico. Densidad acústica de eufáusidos. Pre-Informe Final. Taller de Discusión de Resultados.
Claudia Bruno	Análisis de contenidos gástricos. Análisis de indicadores tróficos. Pre-Informe Final. Taller de Discusión de Resultados
Sebastián Vásquez	Índices de abundancia planctónica. Obtención de muestras planctónicas. Pre-Informe Final.
Lesly Valenzuela	Procesamiento y análisis de muestras planctónicas. Obtención de muestras planctónicas Crucero 1.
Erika Jorquera	Procesamiento y análisis de muestras planctónicas. Obtención de muestras planctónicas Crucero 3.
Ramiro Riquelme	Procesamiento y análisis de muestras planctónicas. Obtención de muestras planctónicas Crucero 3.
Odette Vergara	Procesamiento y análisis de muestras planctónicas. Obtención de muestras planctónicas Crucero 3.
Cristián Capponi	Procesamiento y análisis de contenidos gástricos.
Marcos Correa	Procesamiento de datos satelitales. Oceanografía.
Fabián Gómez	Oceanografía. Análisis integrado.
René Vargas	Análisis de base de datos acústicos.
Maximiliano Reyes	Obtención de muestras planctónicas. Pre-Informe Final.
Carlos González	Coordinador de personal embarcado y análisis de flota.
Carlos Pincheira	Obtención de muestras planctónicas Cruceros 1 y 2.
Héctor Medina	Obtención de muestras planctónicas Cruceros 1 y 2.
Roberto Torres	Embarque flota cerquera regional. Muestreo Biológico de peces (estómagos).
Orestes Riquelme	Embarque flota cerquera regional. Muestreo Biológico de peces (estómagos).
Claudio Galloso	Embarque flota arrastrera regional. Muestreo Biológico de peces (estómagos).
Pedro Carrasco	Embarque flota arrastrera regional. Muestreo Biológico de peces (estómagos).
David Mena	Embarque flota arrastrera regional. Muestreo Biológico de peces (estómagos).
Gonzalo Paredes	Embarque flota arrastrera regional. Muestreo Biológico de peces (estómagos).

Los profesionales, señores Hernán Rebolledo Fernández, Luis Bustos Espinoza y Eduardo Navarro Vallejos, quienes originalmente formaron parte del staff técnico del proyecto adscritos a la planilla del Instituto de Investigador Pesquera, dejaron de pertenecer a esta institución en el transcurso del proyecto. Por esta razón, los profesionales precitados fueron reemplazados por profesionales de al menos igual orden y jerarquía que cumplieron las funciones originalmente asignadas en la Oferta Técnica del proyecto.

En consecuencia, el personal reemplazante y sus funciones es el siguiente:

Profesional originalmente adscrito al proyecto:

Sr. Hernán Rebolledo Fernández. Ing. Gestión Pesquera (UCSC).

Profesional reemplazante en el proyecto:

Srta. Claudia Bruno Hidalgo. Biólogo Marino (UCSC).

Función:

Análisis de contenidos gástricos. Análisis de indicadores tróficos.
Elaboración de informes. Participación en Taller de Discusión de Resultados

Profesional originalmente adscrito al proyecto:

Sr. Luis Bustos Espinoza. Tecnólogo Marino (UCSC).

Profesional reemplazante en el proyecto:

Sr. Cristián Capponi Riquelme. Biólogo Marino (UCSC).

Función:

Procesamiento y análisis de contenidos gástricos. Análisis de indicadores tróficos.

Profesional originalmente adscrito al proyecto:

Sr. Eduardo Navarro Vallejos. B (UdeC).

Profesional reemplazante en el proyecto:

Sr. Marcos Correa Ramírez. Oceanógrafo. Doctor (c) en Oceanografía (UdeC).

Función:

Procesamiento de información oceanográfica. Procesamiento de datos satelitales. Oceanografía.