

Research Article

Eufáusidos de la zona central de Chile, archipiélago Juan Fernández e islas Desventuradas

Armando Mujica¹ & Constanza Pavez¹

¹Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte Casilla 117, Coquimbo, Chile

RESUMEN. Se describe la composición, distribución y abundancia de los eufáusidos capturados entre Valparaíso (33°0'S, 71°40'W), el archipiélago de Juan Fernández (33°37'S, 68°49'W) y las islas Desventuradas (26°20'S, 80°00'W), entre septiembre y octubre de 2000. Se identificaron 22 especies pertenecientes a seis géneros (*Euphausia*, *Nematobranchion*, *Nematoscelis*, *Stylocheiron*, *Thysanoessa* y *Thysanopoda*). La mayor abundancia se encontró próxima a la costa de Valparaíso (6.238 ind 1000 m⁻³), sólo constituida por *Euphausia mucronata* (62,3%). Las capturas estuvieron influenciadas por la migración vertical diaria, lo que generó una discontinuidad en la distribución horizontal de la mayoría de los eufáusidos, dada la profundidad del muestreo (0-200 m). Se estableció una relación inversa entre la abundancia de *E. mucronata* y *Nematoscelis megalops* y la concentración de oxígeno disuelto.

Palabras clave: eufáusidos, distribución, archipiélago de Juan Fernández, islas Desventuradas, Pacífico suroccidental.

Euphausiids of central zone of Chile, Juan Fernández Archipelago and Desventuradas Islands

ABSTRACT. The species composition, geographical distribution and abundance of the euphausiids, captured in 64 sampling stations between Valparaíso (33°0'S, 71°40'W), Juan Fernández Archipelago (33°37'S, 68°49'W) and Desventuradas Islands (26°20'S, 80°00'W) between September and October 2000, were described. Between euphausiids adults, a total of 22 species belonging to six genera were identified (*Euphausia*, *Nematobranchion*, *Nematoscelis*, *Stylocheiron*, *Thysanoessa* and *Thysanopoda*). The higher abundance was found near Valparaíso (6,238 ind 1000 m⁻³), only integrated by *Euphausia mucronata* (62,3%). The captures were influenced by the diel vertical migration, which generated a horizontal discontinuity in the distribution of most of the euphausiids, due to the sampling depth (0-200 m). An inverse correlation was established between the abundance of *E. mucronata* and *Nematoscelis megalops* and the dissolved oxygen concentration.

Keywords: euphausiids, distribution, Juan Fernández Archipelago, Desventuradas Islands, southeastern Pacific Ocean.

Corresponding author: Armando Mujica (amujica@ucn.cl)

INTRODUCCIÓN

Los eufáusidos constituyen uno de los grupos más importantes del zooplancton marino, excediendo en número y biomasa a los copépodos en algunos ambientes oceánicos (Mauchline, 1969; Gibbons *et al.*, 1999; Brinton *et al.*, 1999). Son importantes intermediarios en la transferencia energética de los niveles

primarios de la trama trófica marina y en zonas mesopelágicas son los principales productores secundarios, especialmente en altas latitudes (Mauchline, 1969; Gibbons *et al.*, 1999).

Este taxón está constituido por 86 especies, pertenecientes a 11 géneros de dos familias (Brinton *et al.*, 1999). En el Pacífico suroccidental, frente a las costas de Ecuador, Perú y Chile, se han encontrado 42 especies

(Antezana, 1981; Robledo & Mujica, 1999; Brinton *et al.*, 1999; Linacre & Palma, 2004). Las especies de este sector del Pacífico, han sido agrupadas en cinco provincias zoogeográficas, correspondientes a las regiones ecuatorial, central, transicional, marginal, subantártica y antártica (Antezana, 1981, 2002a, 2002b; Gibbons *et al.*, 1999).

La distribución espacial y abundancia de algunas especies se ha asociado a condiciones oceanográficas definidas, lo que ha permitido usarlas como indicadores de masas de agua (Brinton *et al.*, 1999; Gibbons *et al.*, 1999). Las principales variables oceanográficas que influyen en los patrones de distribución horizontal y vertical de los eufáusidos son la temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y nutrientes, al igual que los procesos oceanográficos que ocurren en el margen continental (surgencias y circulación), lo que determinaría la permanencia espacial de sus poblaciones (Brinton, 1967; Mauchline, 1969; Robledo & Mujica, 1999; Antezana, 2002a, 2002b).

El archipiélago de Juan Fernández e islas Desventuradas se encuentran ubicados en la zona central del giro anticiclónico del Pacífico sur, cuyas condiciones oceanográficas determinan la distribución espacial y abundancia de zooplancton (Boehlert, 1988; Robledo & Mujica, 1999).

La columna de agua entre la superficie y 1.000 m de profundidad alrededor del archipiélago de Juan Fernández está constituida por tres masas de agua: Subantártica (ASAA), Ecuatorial Subsuperficial (AESS) e Intermedia Antártica (AIAA) (Silva, 1985). En la zona de las islas Desventuradas, la masa de agua superficial es subtropical y bajo ésta, se encuentra el ASAA y el AESS (Moraga & Argandoña, 2008).

En esta zona la circulación oceánica está constituida por un sistema de corrientes conformado por dos flujos de agua de dirección opuesta. El primero constituido por el Sistema de la Corriente de Humboldt, caracterizado por aguas frías que fluyen en dirección norte que se divide en una rama costera y una oceánica. El segundo flujo en dirección sur, denominado Corriente Perú-Chile, transporta aguas ecuatoriales subsuperficiales, que influyen directamente en el archipiélago de Juan Fernández e islas Desventuradas (Fuenzalida *et al.*, 2007).

Las investigaciones realizadas en el archipiélago de Juan Fernández e islas Desventuradas respecto del zooplancton, se han centrado principalmente en el estudio de meroplancton (Palma *et al.*, 1976), larvas de decápodos (Mujica, 2006) y zooplancton en general (Palma, 1985). Estos antecedentes, indican que la abundancia del meroplancton es baja y depende principalmente de los ciclos reproductivos de las especies,

mientras que los grupos holoplanctónicos que mantienen densidades más estables en ciclos anuales, pueden ser buenos descriptores de la dinámica oceanográfica y biológica en aguas circundantes a las islas, como ocurre con los eufáusidos (Palma, 1985).

Con el objeto de contribuir al conocimiento de la fauna zooplanctónica de las aguas circundantes a estos sistemas insulares, archipiélago Juan Fernández e islas Desventuradas, se analiza la distribución y abundancia de las poblaciones de los eufáusidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre el 26 de septiembre y el 17 de octubre de 2000, se efectuó el crucero científico CIMAR 6 - Islas Oceánicas, con el AGOR "Vidal Gormaz" de la Armada de Chile. En el área comprendida entre Valparaíso (33°01'S, 71°38'W), el archipiélago Juan Fernández (33°40'S, 78°50'W) y las islas Desventuradas (26°20'S, 80°05'W) se tomaron muestras de zooplancton en 64 estaciones oceanográficas (Fig. 1).

En cada estación se registró la temperatura (°C), salinidad y oxígeno disuelto (mL L^{-1}), de la columna de agua, con una sonda oceanográfica CTDO-Seabird-25 adosada a una roseta de 24 botellas Niskin.

El porcentaje de participación de las masas de agua, fue calculado por el método gráfico del triángulo de mezcla descrito por Mamayev (1975) y se aplicó entre 0 y 200 m para las estaciones de los transectos comprendidos entre Valparaíso y el archipiélago de Juan Fernández, y entre éste y las islas Desventuradas.

Las muestras zooplanctónicas se obtuvieron con redes Bongo de 60 cm de diámetro, de 300 μm de abertura de malla y provistas de flujómetros, las que fueron arrastradas en forma oblicua desde 200 m de profundidad a superficie. Las muestras se fijaron en agua de mar con formalina al 5% y se extrajeron todos los eufáusidos, aunque se sólo se analizaron los adultos (72%).

La abundancia se expresó como número de individuos en 1000 m^3 de agua filtrada. Para la representación gráfica y para normalizar las diferencias en abundancia, se utilizó la transformación $\ln(x+1)$. La frecuencia de ocurrencia fue determinada de la relación porcentual entre el número de estaciones positivas y el total de ellas. La dominancia numérica, se calculó como la relación porcentual entre el número de ejemplares de cada especie y el total por muestra. Para describir y analizar la estructura comunitaria se calculó la riqueza taxonómica, el índice de diversidad, la diversidad máxima de Shannon-Weaver (H') y la uniformidad de Pielou (J'). Para determinar la asociación

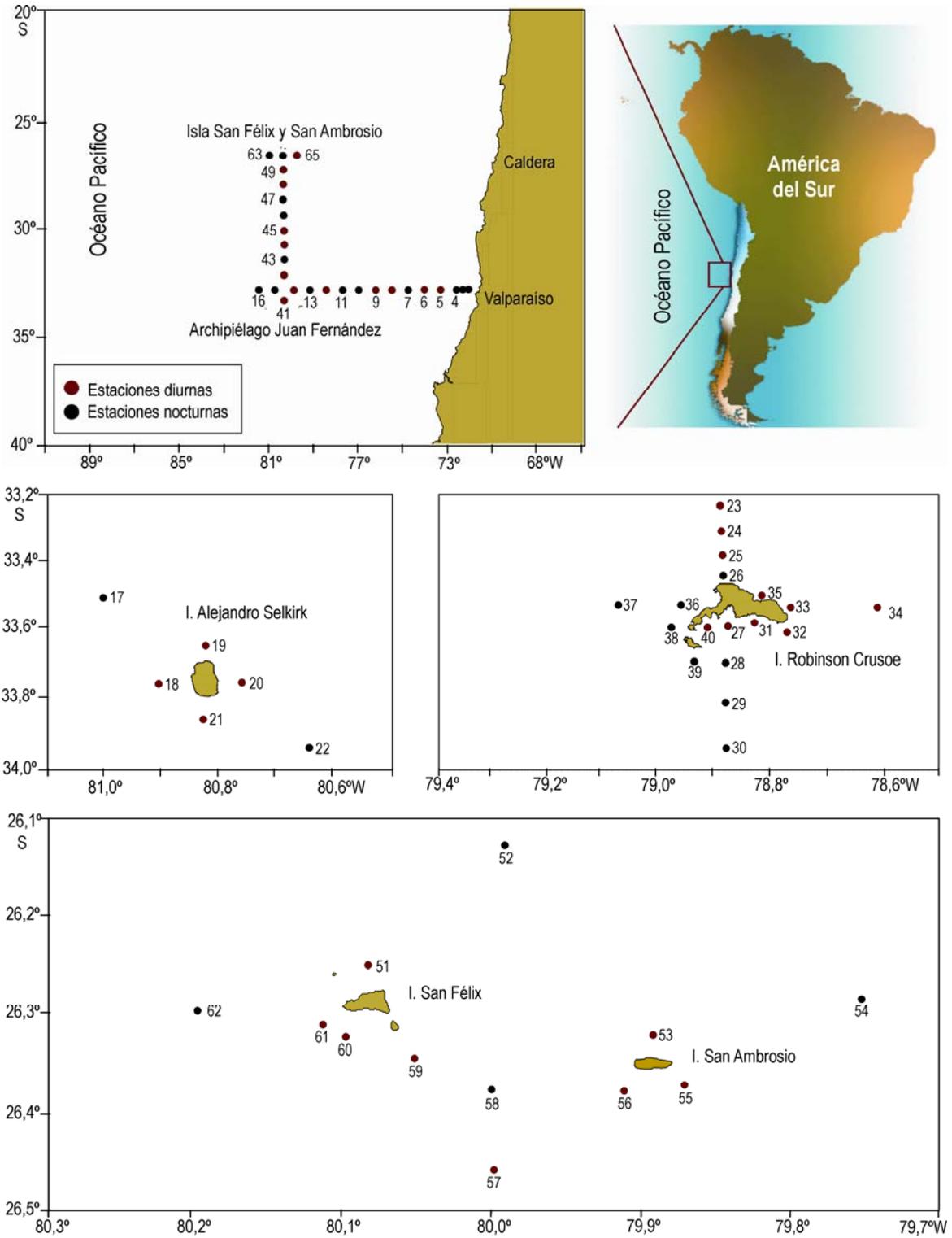


Figura 1. Ubicación de las estaciones oceanográficas.

Figure 1. Position of oceanographic stations.

faunística entre estaciones, se ocupó el índice de disimilitud de Bray Curtis, que se presentó gráficamente con un dendograma.

De las 63 estaciones oceanográficas muestreadas, 28 fueron nocturnas. Para determinar la existencia de diferencias significativas entre la abundancia diurna-nocturna, se aplicó el test Mann-Whitney. Para esto se agruparon las estaciones según la hora de muestreo, de acuerdo a las horas del orto y ocaso del sol para la fecha, latitud y longitud.

Para determinar la asociación entre las variables oceanográficas y la abundancia específica se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Además, se determinó el grado de correlación entre la abundancia total y por unidad taxonómica, respecto a las variables abióticas consideradas (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto). Para obtener valores representativos de las variables en el estrato de muestreo, se calculó el promedio de cada una de ellas en la columna de agua (0 a 200 m).

RESULTADOS

Masas de agua

Entre Valparaíso y el archipiélago de Juan Fernández se detectaron dos masas de agua (0-200 m). Una superficial, que corresponde al Agua Subantártica (ASAA) y bajo ésta, el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). En las estaciones occidentales del transecto, el ASAA se encontró hasta 200 m de profundidad, disminuyendo progresivamente su profundidad hacia la costa chilena. Su núcleo (85%) se detectó próximo a los 50 m de profundidad, en la estación 7 (Fig. 2). En las estaciones próximas a la costa continental, el límite superior de la AESS se detectó a 40 m profundidad.

En las estaciones del transecto entre el archipiélago de Juan Fernández y las islas Desventuradas, se detectaron tres masas de agua entre la superficie y 200 m de profundidad: Agua Subtropical (AST), ASAA y AESS. Desde el extremo norte de este transecto hasta la estación 44, se detectó una intrusión del AST en la capa superficial (0-110 m), disminuyendo su profundidad máxima de norte a sur. Bajo ella, en la parte norte y superficialmente, desde la estación 44 al sur se encontró el ASAA y bajo ésta, desde la estación 47 al sur se detectó el AESS (Fig. 3).

La temperatura promedio de la columna de agua (0-200 m) tuvo un aumento progresivo desde Valparaíso hacia el archipiélago (10,9 a 13,3°C). Entre el archipiélago y las islas Desventuradas, la temperatura promedio aumentó de sur a norte, con valores entre 11,4 y 13,9°C. Alrededor del archipiélago, los prome-

dios máximos se determinaron en torno a la isla Robinson Crusoe (13,3-14,0°C), mientras que los mínimos, se encontraron en las estaciones más alejadas (11,8-11,9°C). Alrededor de la isla Alejandro Selkirk, la temperatura promedio de la columna de agua fluctuó entre 12,2 y 13,8°C, mientras que en las estaciones circundantes a las islas Desventuradas alcanzó a 16,9°C, al noroeste de San Félix fue de 16,8°C y al norte de San Ambrosio fue de 16,5°C. El valor mínimo de este sector fue de 13,6°C al suroeste de San Ambrosio.

La salinidad tuvo promedios mínimos alrededor del archipiélago de Juan Fernández (34,1 y 34,2) y los máximos en torno a las islas Desventuradas, en estaciones próximas a la isla San Ambrosio (34,6 y 34,7).

En el transecto entre Valparaíso y el archipiélago de Juan Fernández, los promedios de salinidad tuvieron una disminución progresiva desde Valparaíso al archipiélago, con valores de 34,5 a 34,2. Entre el archipiélago y las islas Desventuradas, se observó un incremento desde 34,1 a 34,4 en las islas.

Los valores más bajos del promedio de oxígeno disuelto se encontraron frente a Valparaíso y los mayores, alrededor del archipiélago. Entre Valparaíso y el archipiélago se registró un progresivo incremento desde 1,1 a 6,1 mL L⁻¹, con un notorio incremento entre las estaciones del borde de la plataforma continental, frente a Valparaíso (Est. 5 y 6; 1,7 a 3,1 mL L⁻¹).

Entre el archipiélago y las islas Desventuradas el oxígeno promedio disminuyó desde el archipiélago hasta las islas Desventuradas (6,2 a 5,4 mL L⁻¹). Alrededor del archipiélago, los valores fueron altos, con máximos de 6,5 mL L⁻¹ al oeste de la isla Alejandro Selkirk y un mínimo de 5,3 mL L⁻¹ al sur de la isla Robinson Crusoe. En las islas Desventuradas, los valores fluctuaron entre 5,7 mL L⁻¹ al sur de San Ambrosio y 4,6 mL L⁻¹ al este de esta isla.

Composición específica

Se capturaron eufáusidos adultos sólo en 38 estaciones (60,3%), de las cuales 24 fueron nocturnas (63,2%). Se identificaron 22 especies de la familia Euphausiidae, pertenecientes a seis géneros (*Euphausia*, *Nematobrachion*, *Nematoscelis*, *Stylocheiron*, *Thysanoessa* y *Thysanopoda*) (Tabla 1).

La distribución fue notoriamente discontinua en ambos transectos y las mayores densidades (6.238 ind·1000 m⁻³) se encontraron sobre la plataforma continental, frente a Valparaíso (Fig. 4). La cantidad de adultos capturados durante la noche, fue significativamente mayor que durante el día (test Mann-Whitney $p < 0,001$).

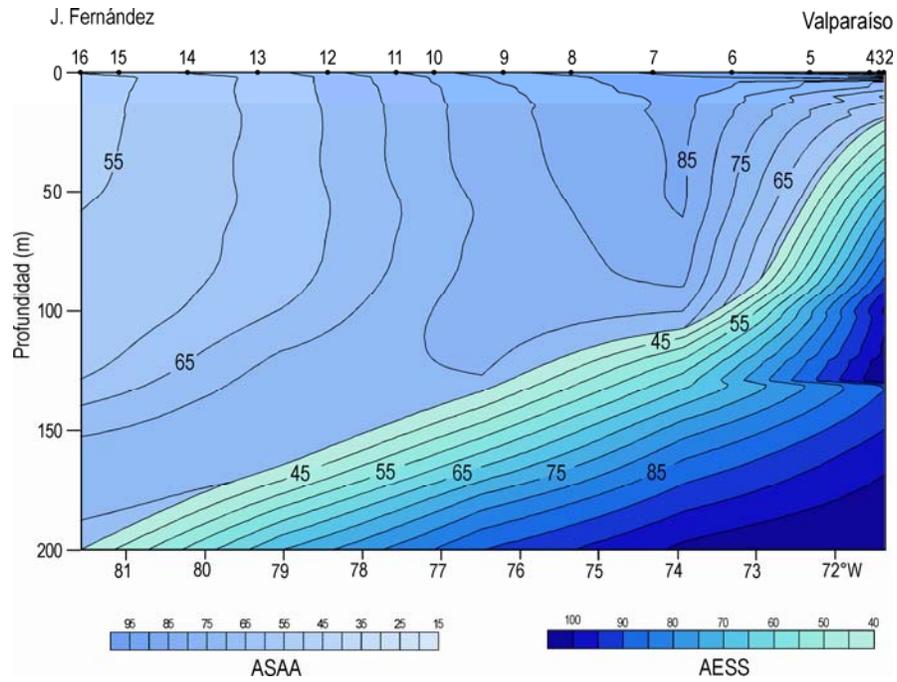


Figura 2. Porcentajes de masas de agua en el transecto Valparaíso-archipiélago de Juan Fernández.
Figure 2. Water mass percentage the transect Valparaíso-Juan Fernández Archipelago.

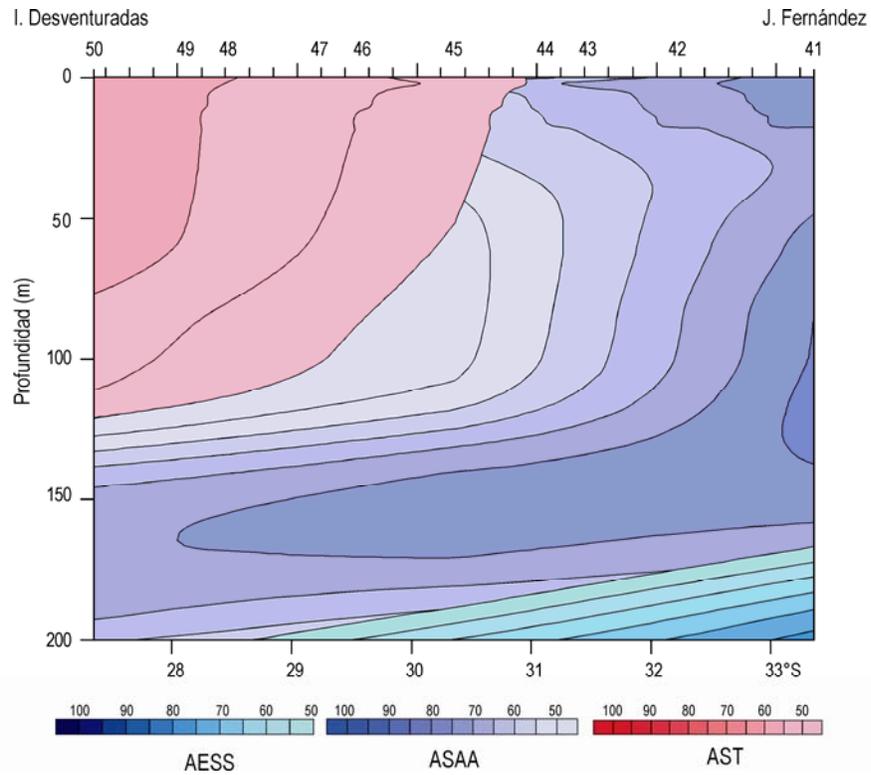


Figura 3. Porcentaje de masas de agua, transecto Juan Fernández-islas Desventuradas.
Figure 3. Water mass percentage, transect Juan Fernández-Desventuradas Island.

Tabla 1. Abundancia, dominancia numérica y frecuencia de ocurrencia de eufáusidos.**Table 1.** Abundance, numerical dominance and frequency of occurrence of euphausiids.

Especies	Abundancia (ind·1000 m ⁻³)	Dominancia numérica (%)	Frecuencia ocurrencia (%)
<i>Euphausia eximia</i>	255	2,4	19,1
<i>Euphausia gibba</i>	227	2,2	11,1
<i>Euphausia gibboides</i>	153	1,5	14,3
<i>Euphausia lucens</i>	71	0,7	7,9
<i>Euphausia mucronata</i>	6.553	62,1	7,9
<i>Euphausia mutica</i>	605	5,7	12,7
<i>Euphausia recurva</i>	426	4,0	20,6
<i>Euphausia similis</i>	35	0,3	1,6
<i>Euphausia similis</i> var. <i>armata</i>	637	6,0	23,8
<i>Euphausia spinifera</i>	194	1,8	12,7
<i>Euphausia tenera</i>	23	0,2	1,6
<i>Nematobranchion flexipes</i>	76	0,7	7,9
<i>Nematoscelis atlantica</i>	13	0,1	3,2
<i>Nematoscelis megalops</i>	406	3,9	17,5
<i>Stylocheiron abbreviatum</i>	4	<0,1	1,6
<i>Stylocheiron affine</i>	349	3,3	28,6
<i>Stylocheiron carinatum</i>	69	0,7	11,1
<i>Stylocheiron elongatum</i>	9	0,1	3,2
<i>Stylocheiron longicorne</i>	97	0,9	7,9
<i>Stylocheiron suhmi</i>	55	0,5	9,5
<i>Thysanoessa gregaria</i>	200	1,9	12,7
<i>Thysanopoda aequalis</i>	100	1,0	11,1

A excepción de *Stylocheiron elongatum* que es mesopelágica, las restantes especies han sido descritas como epipelágicas, distribuidas principalmente en los primeros 300 m de profundidad (Brinton *et al.*, 1999).

Se identificaron 11 especies del género *Euphausia* (Tabla 1). La mayoría de ellos se capturaron sólo en las estaciones oceánicas, aunque *Euphausia lucens*, *E. recurva* y *E. similis* var. *armata* también se encontraron al norte de la isla Robinson Crusoe (Figs. 5, 6 y 7). La mayoría de los ejemplares de este género se colectaron durante la noche (97,5%). Sólo en dos estaciones diurnas se capturaron ejemplares de *Euphausia*, ambas en el sector norte de la isla Robinson Crusoe. *E. gibba*, *E. lucens*, *E. mucronata*, *E. mutica* y *E. tenera* sólo se colectaron en estaciones nocturnas.

E. mucronata fue la única especie que se encontró en las estaciones de la costa continental. Su abundancia constituyó el 62% de los eufáusidos, aunque sólo se capturó en cinco estaciones del transecto Valparaíso–Juan Fernández (Tabla 1, Fig. 6). *E. similis* y *E. tenera* fueron las especies de menor frecuencia de

ocurrencia y se capturaron en una estación próxima a la isla Robinson Crusoe, la primera y a las islas Desventuradas, la segunda (Fig. 7).

Nematobranchion flexipes y *Nematoscelis atlantica* se capturaron sólo en estaciones oceánicas nocturnas (Fig. 8). Ambas fueron poco abundantes y de baja frecuencia. *Nematoscelis megalops* fue más abundante, principalmente en el transecto Valparaíso–Juan Fernández y en una estación entre las islas Desventuradas (Fig. 8).

De las seis especies del género *Stylocheiron*, *S. carinatus* fue la única encontrada próximo a la costa continental. Las restantes se encontraron en torno a las islas o en el transecto entre el archipiélago y las islas Desventuradas (Fig. 9). De ellas, *S. affine* fue la más abundante y frecuente (Tabla 1), presente en las muestras diurnas y nocturnas, mientras que *S. abbreviatum* y *S. elongatum* se encontraron en bajas densidades en las estaciones nocturnas del archipiélago Juan Fernández (Fig. 9). *S. longicorne* y *S. suhmi* sólo se capturaron en estaciones próximas al archipiélago, principal-

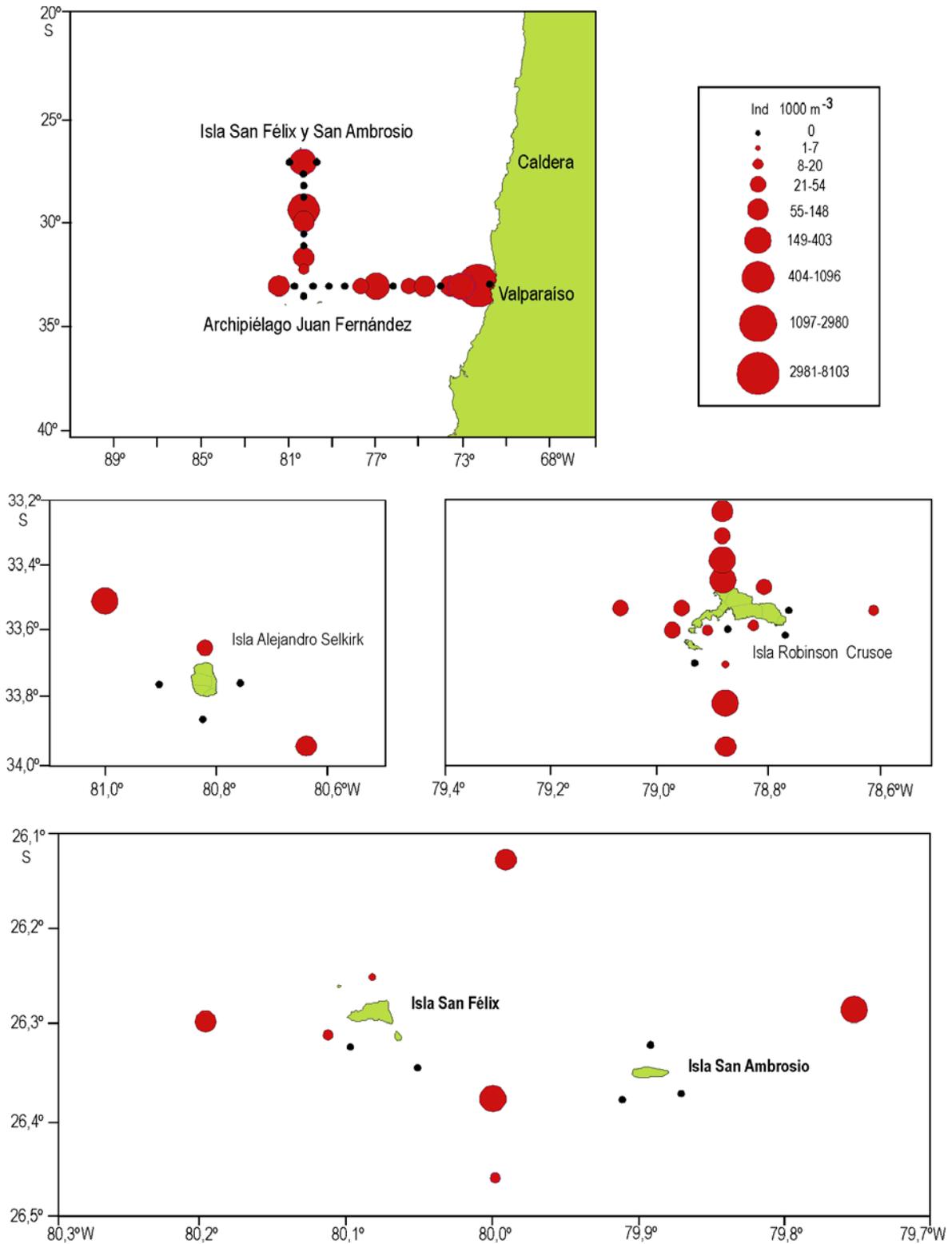


Figura 4. Distribución y abundancia de los eufáusidos.

Figure 4. Distribution and abundance of euphausiids.

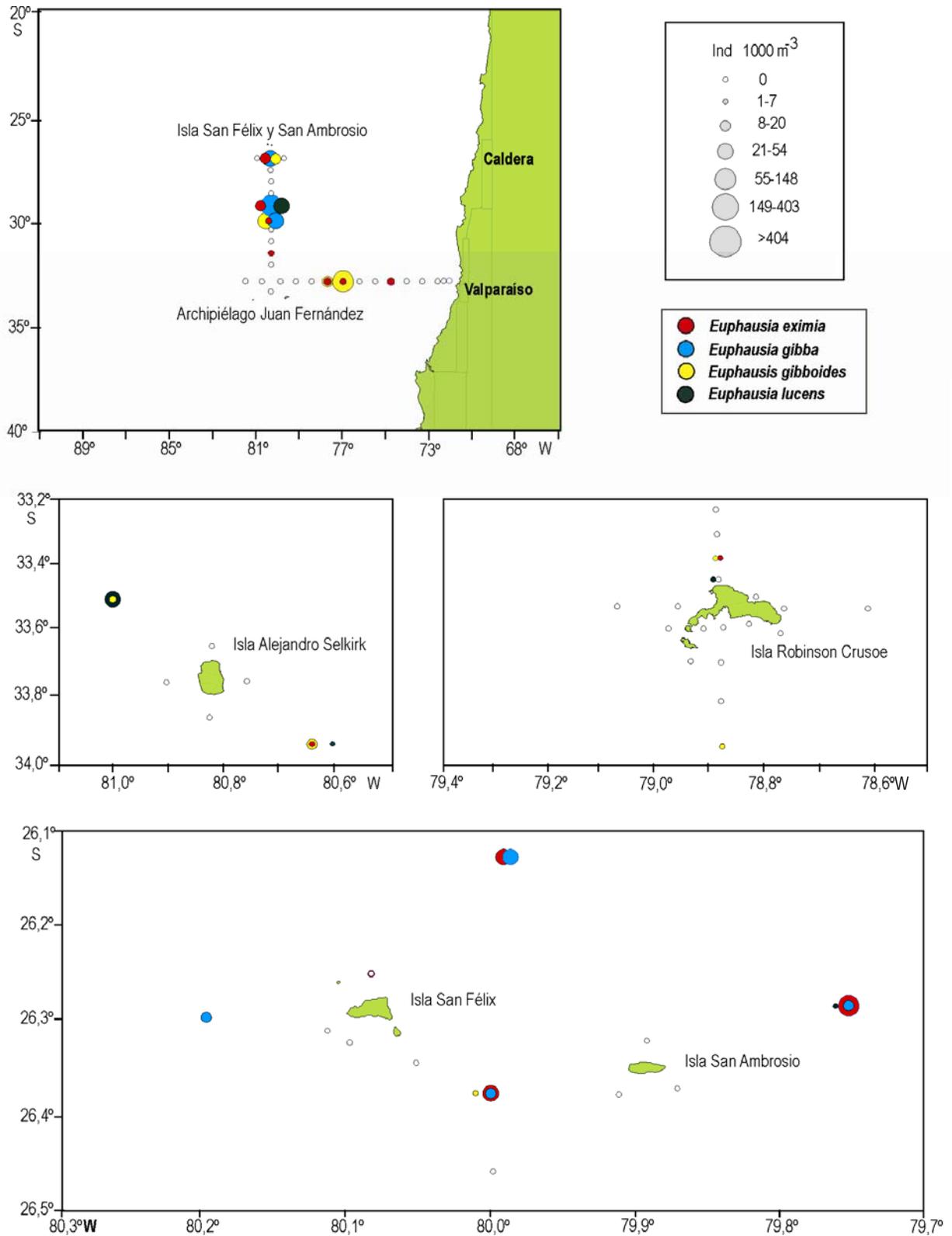


Figura 5. Distribución y abundancia (ind 100 m⁻³) de *Euphausia eximia*, *E. gibba*, *E. gibboides* y *E. lucens*.

Figure 5. Distribution and abundance (ind 100 m⁻³) of *Euphausia eximia*, *E. gibba*, *E. gibboides* and *E. lucens*.

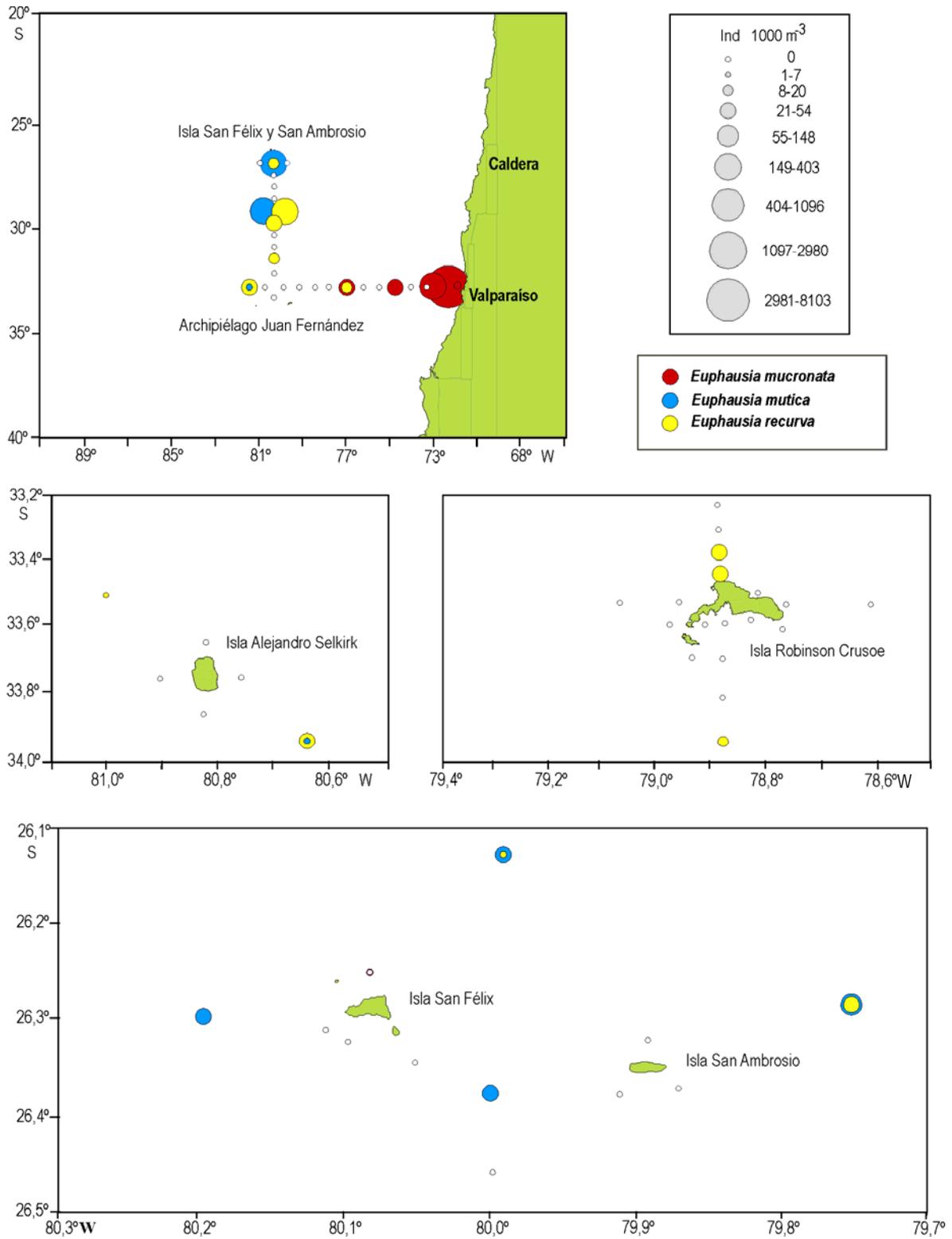


Figura 6. Distribución y abundancia (ind 100 m⁻³) de *Euphausia mucronata*, *E. mutica* y *E. recurva*.

Figure 6. Distribution and abundance (ind 100 m⁻³) of *Euphausia mucronata*, *E. mutica* and *E. recurva*.

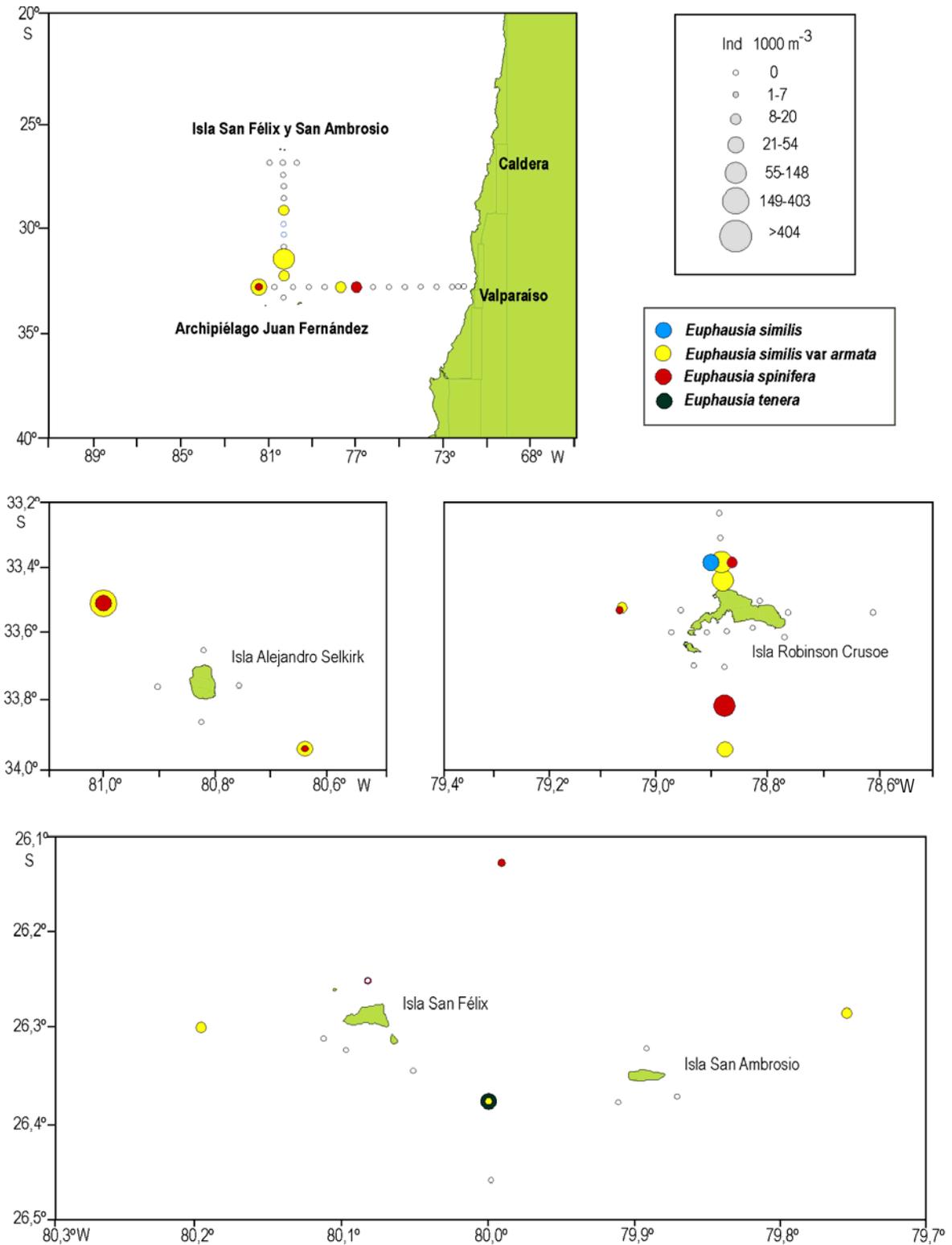


Figura 7. Distribución y abundancia (ind 100 m^{-3}) de *Euphausia similis*, *E. similis* var *armata*, *E. spinifera* y *E. tenera*.

Figure 7. Distribution and abundance (ind 100 m^{-3}) of *Euphausia similis*, *E. similis* var *armata*, *E. spinifera* and *E. tenera*.

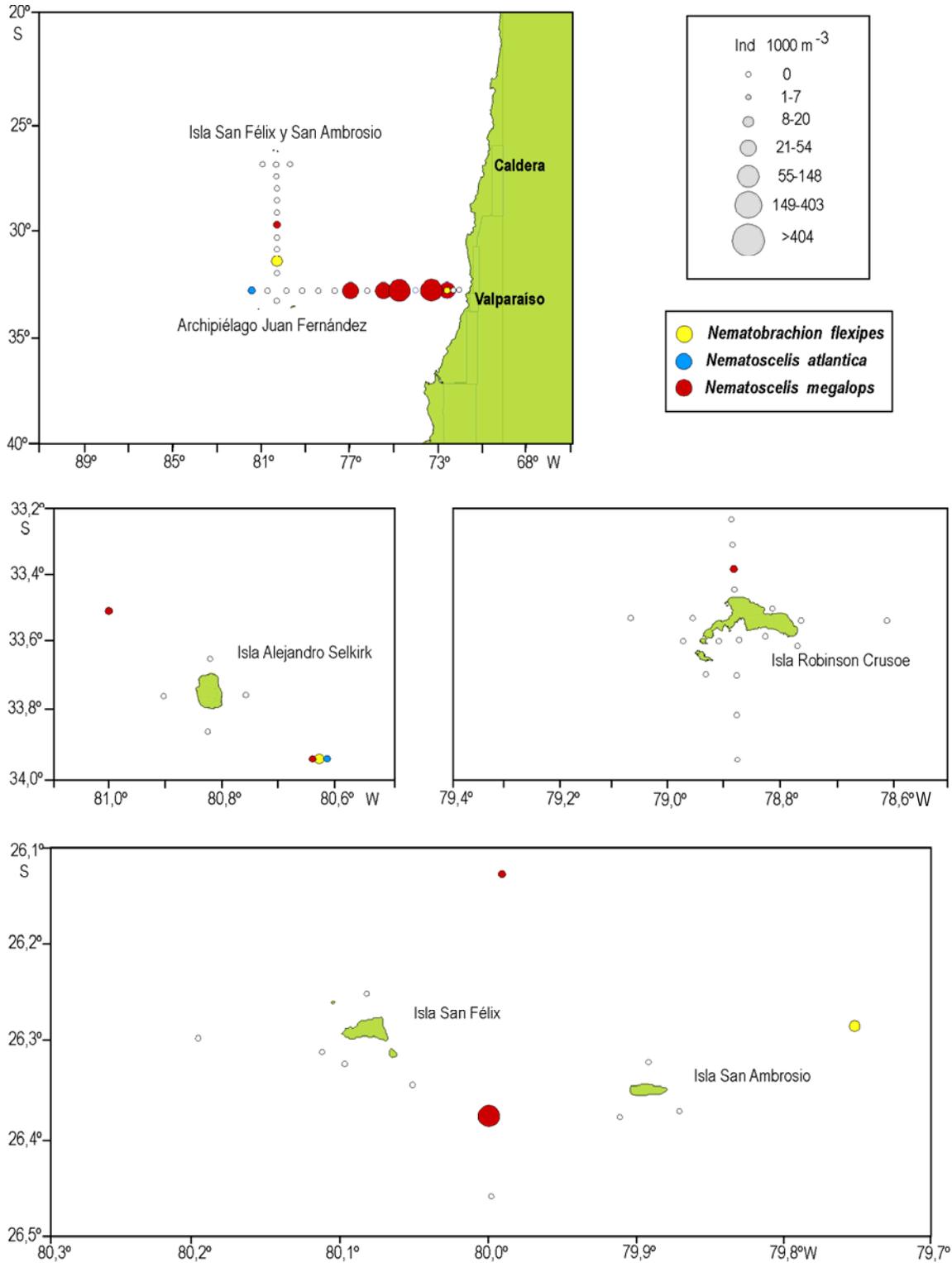


Figura 8. Distribución y abundancia (ind 100 m⁻³) de *Nematobrachion flexipes*, *Nematosceli megalops* y *Nemaloscelis atlantica*.

Figure 8. Distribution and abundance (ind 100 m⁻³) of *Nematobrachion flexipes*, *Nematosceli megalops* and *Nemaloscelis atlantica*.

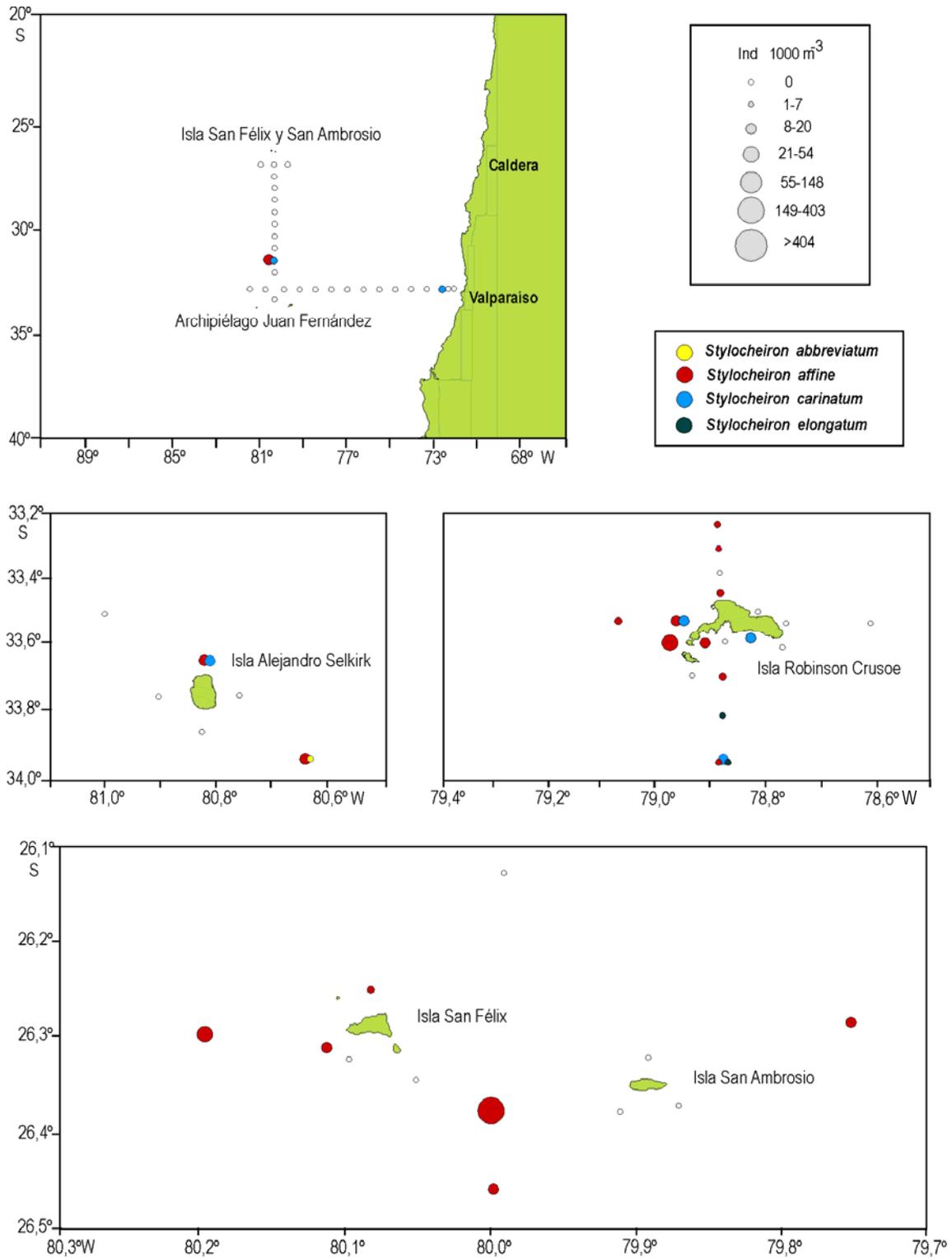


Figura 9. Distribución y abundancia (ind 100 m⁻³) de *Stylocheiron abbreviatum*, *S. affine*, *S. carinatum* y *S. elongatum*.

Figure 9. Distribution and abundance (ind 100 m⁻³) of *Stylocheiron abbreviatum*, *S. affine*, *S. carinatum* and *S. elongatum*.

mente en estaciones diurnas las primeras y nocturnas la segunda.

Thysanoessa gregaria fue la única especie de este género y se capturó sólo en estaciones próximas a la isla Robinson Crusoe, tanto en pescas diurnas como nocturnas. La máxima densidad (66 ind·1000 m⁻³) se encontró durante la noche al sur de la isla (Fig. 10). *Thysanopoda aequalis* fue poco abundante y se capturó en estaciones nocturnas entre el archipiélago y las islas Desventuradas (Fig. 10).

La mayor riqueza de especies se determinó en estaciones oceánicas, principalmente nocturnas, alrededor de las islas. El máximo fue de 15 especies en la estación 22, al sureste de la isla Alejandro Selkirk. Los mayores valores de diversidad se determinaron en estaciones nocturnas, circundantes al archipiélago de Juan Fernández, similar a la tendencia detectada para la riqueza específica. Los valores de diversidad fluctuaron entre 2,7 bits ind⁻¹ al sureste de la isla Alejandro Selkirk y 0,2 bits ind⁻¹ al norte de la isla Robinson Crusoe. En las islas Desventuradas la diversidad fue relativamente homogénea (1,3 a 1,6 bits ind⁻¹). En el transecto perpendicular al continente, el mayor valor se determinó cercano al archipiélago, mientras que frente a Valparaíso se estimaron valores bajos de diversidad (0,6 a 0,8 bits ind⁻¹).

Los valores de la diversidad máxima, tuvieron la misma tendencia general que la diversidad y fluctuaron entre 2,7 y 0,7 bits ind⁻¹ al sureste de la isla Alejandro Selkirk y alrededor de la isla Robinson Crusoe, respectivamente.

Los mayores valores de uniformidad se estimaron principalmente en estaciones nocturnas de aguas oceánicas, con máximos (1,0 bits ind⁻¹) próximos a la isla Robinson Crusoe y mínimos (0 bits ind⁻¹) en la zona costera de la misma isla, al igual que en la costa de la isla San Félix y de Valparaíso.

El análisis de disimilitud faunística (Bray Curtis), permitió determinar la presencia de tres grupos de estaciones en el área de estudio. El grupo A, estuvo constituido por estaciones ubicadas en la mitad proximal a la costa continental del transecto entre Valparaíso y el archipiélago Juan Fernández, donde se encontraron las mayores abundancias. El grupo B, compuesto por estaciones principalmente nocturnas, ubicadas en las proximidades del archipiélago y de las islas Desventuradas, con altos valores de diversidad y riqueza de especies. El grupo C estuvo constituido por estaciones diurnas, de similar distribución que el grupo anterior, pero con bajas abundancias y riqueza de especies (Fig. 11).

La abundancia de los eufáusidos totales y las variables ambientales por estación tuvo correlación ne-

gativa con los valores promedios de oxígeno disuelto, mientras que con la temperatura y salinidad la correlación no fue significativa (Tabla 2).

Las especies más abundantes, *Euphausia mucronata* (p = 0,003) y *Nematoscelis megalops* (p = 0,014), tuvieron correlación inversa con el oxígeno disuelto y con valores del coeficiente de determinación relativamente bajos (Tabla 2).

DISCUSIÓN

La zona de influencia de la corriente Perú-Chile ha sido caracterizada como una zona de transición, donde se encuentran especies asociadas a aguas ecuatoriales y subantárticas (Mauchline, 1969; Brinton *et al.*, 1999). En este estudio, todas las especies identificadas han sido descritas para aguas tropicales, subtropicales y subantárticas, especies que a macroescala se encuentran en el Pacífico suroriental (Mauchline, 1969; Brinton *et al.*, 1999).

De acuerdo a su distribución vertical, las especies identificadas han sido clasificadas como epipelágicas, a excepción de *Stylocheiron elongatum*, que es mesopelágica (Gibbons *et al.*, 1999). La presencia de *S. elongatum* en muestras epipelágicas al sur de la isla Robinson Crusoe, se debería al afloramiento de aguas profundas en el sector. Palma *et al.* (1976) y Palma (1985) encontraron las mayores concentraciones de zooplancton al sur de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, lo cual se asocia a la geografía, orientación, topografía submarina e influencia de las corrientes predominantes en la isla Robinson Crusoe. Esto, conjuntamente con la mayor extensión de la plataforma insular en esa zona, constituye un área favorable para la retención de zooplancteres. Por otra parte, es probable que en el archipiélago de Juan Fernández, por estar afectado por el sistema anticiclónico del Pacífico sur, se generen procesos de surgencia que explicarían la mayor capacidad productiva de esa área y la presencia de *S. elongatum* en los primeros 200 m de profundidad, lo cual implica el ascenso de aguas subsuperficiales, que se han detectado sobre montes submarinos como pulsos de surgencia a microescala, que Parin *et al.* (1997) han relacionado con la productividad biológica y advección de zooplancton de aguas profundas hacia aguas superficiales.

De acuerdo a las condiciones oceanográficas del área de estudio y la distribución de las especies encontradas, se distinguieron cuatro zonas. La primera frente a Valparaíso sobre la plataforma continental, caracterizada por aguas superficiales subantárticas y frecuentes eventos de surgencia que aportan aguas ecuatoriales subsuperficiales, que por su bajo contenido de

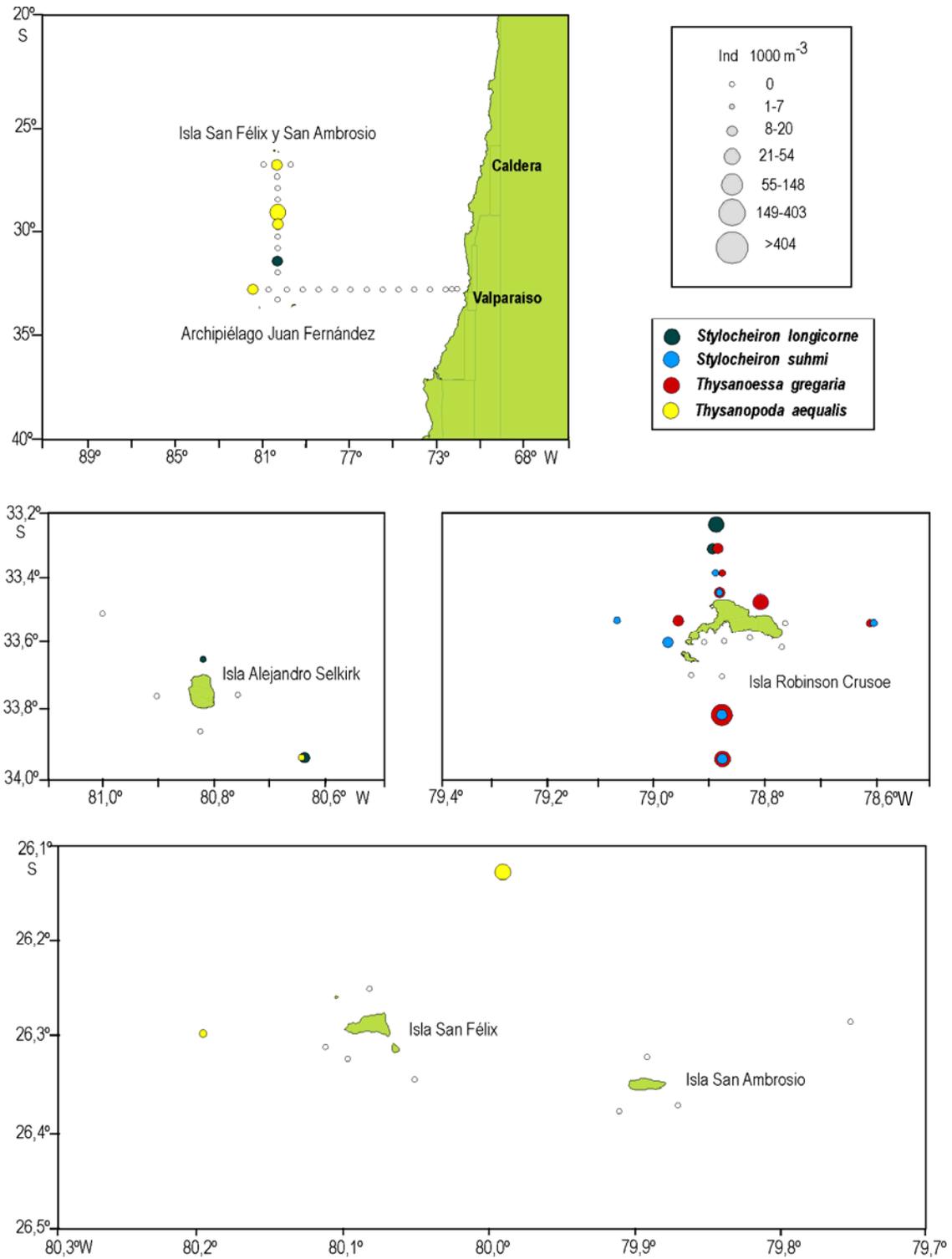


Figura 10. Distribución y abundancia (ind 100 m⁻³) de *Stylocheiron longicorne*, *S. suhmi*, *Thysanoessa gregaria* y *Thysanopoda aequalis*.

Figure 10. Distribution and abundance (ind 100 m⁻³) of *Stylocheiron longicorne*, *S. suhmi*, *Thysanoessa gregaria* and *Thysanopoda aequalis*.

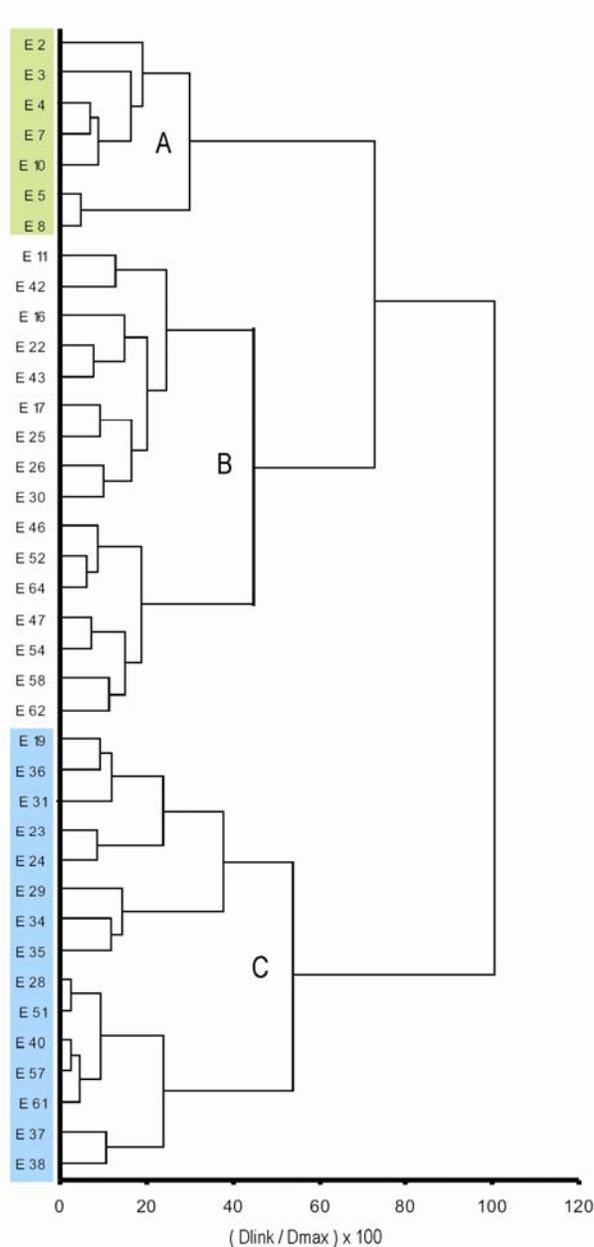


Figura 11. Dendograma de similitud faunística entre las estaciones de muestreo.

Figure 11. Similarity dendograms between the sampling stations.

oxígeno, alterarían la estratificación de la columna de agua, generando una alta heterogeneidad ambiental (Silva, 1973; Avaria *et al.*, 1989). Esta zona identificada como un sistema eutrófico, se caracteriza por altos valores de biomasa, baja riqueza de especies y diversidad (Palma & Silva, 2006).

La dominancia de *E. mucronata* en esta zona es la principal causa de los bajos valores de diversidad. La distribución predominantemente costera continental de

esta especie y su ausencia en la zona insular, coincide con lo señalado por Antezana (1978, 2002a, 2002b), que la clasifica como endémica del sistema de corrientes Perú-Chile y epipelágica de la zona que define como marginal, al referirse a su carácter nerítico y dominante dentro del Sistema de la Corriente de Humboldt (75%). La distribución y dominancia numérica (62%) encontrada en esta oportunidad, es consistente con los antecedentes descritos y a lo observado por Linacre & Palma (2004) frente a Concepción y Fuentes (1999) frente a Coquimbo. Este último autor, además la relaciona con la generación de bajos valores de riqueza y diversidad en estaciones ubicadas sobre la plataforma continental.

Los valores promedios de temperatura, salinidad y oxígeno de la columna de agua (0-200 m) corresponden a las características del AESS, mezclada con el ASAA (Silva, 1973). Estas características favorecen la alta productividad primaria, que sustentaría la abundancia de *E. mucronata*. Esta especie ha sido asociada a la capa de mínimo oxígeno (Antezana, 2002a, 2002b), que caracteriza el AESS que aflora sobre la plataforma continental, lo que explicaría la correlación inversa entre el oxígeno disuelto y la abundancia de *E. mucronata*. Baker (1970), Brinton *et al.* (1999) y Antezana (2002a), coinciden en que esta especie migra verticalmente, encontrándose bajo los 300 m de profundidad durante el día, comportamiento que coincide con su presencia sólo en las pescas nocturnas.

La segunda zona, comprendida entre el talud continental y el archipiélago Juan Fernández, definida como de transición (Avaria *et al.*, 1989), se caracteriza por la influencia del Sistema de la Corriente de Humboldt (Palma & Silva, 2006). En esta zona, se encontraron especies asociadas a aguas cálidas y frías, y un progresivo incremento de la diversidad hacia aguas oceánicas, lo cual está asociado a un sistema oligotrófico. La baja abundancia relativa y altos valores de riqueza específica, diversidad y uniformidad son propios de la homogeneidad ambiental de zonas oceánicas. Al respecto, Margalef (1980) señala que la homogeneidad oceanográfica que se encuentra en regiones subtropicales y tropicales, permite la estabilidad de las relaciones biológicas y los altos valores de uniformidad específica ($> 0,6$), confirman la homogeneidad de esta zona.

La tercera zona corresponde al archipiélago de Juan Fernández y océano adyacente, conformada por el ASAA y bajo esta, el AESS (Silva, 1985). Se ha considerado como una zona de transición más estable que la zona que separa las aguas continentales de aguas oceánicas. En ella se encontró la mayor riqueza

Tabla 2. Análisis de correlación entre los eufáusidos adultos, especies más abundantes y variables ambientales (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto). ($p < 0,05$).

Table 2. Correlation analysis between adults of euphausiids, most abundant species, and environmental variables (temperature, salinity and dissolved oxygen), ($p < 0,05$).

	Temperatura			Salinidad			Oxígeno disuelto		
	r	r ²	P	r	r ²	P	r	r ²	P
Total de adultos	-0,207	0,043	0,101	0,164	0,027	0,194	-0,449	0,202	< 0,001
<i>E. mucronata</i>	-0,254	0,065	0,124	0,250	0,063	0,131	-0,473	0,224	0,003
<i>E. mutica</i>	0,262	0,069	0,112	0,197	0,039	0,235	0,009	< 0,001	0,959
<i>E. recurva</i>	0,106	0,011	0,526	-0,086	0,007	0,608	0,136	0,018	0,415
<i>E. similis</i> var <i>armata</i>	0,008	< 0,001	0,962	-0,264	0,070	0,109	0,244	0,060	0,140
<i>N. megalops</i>	-0,227	0,052	0,171	0,192	0,037	0,248	-0,396	0,157	0,014
<i>S. affine</i>	0,314	0,099	0,055	0,276	0,076	0,093	0,038	0,001	0,819

de especies, asociadas al ASAA, mientras que los mínimos estuvieron asociados a aguas más cálidas. La mayoría de estas especies son características de la zona central del Pacífico (*E. mutica*, *E. recurva*, *N. flexipes*, *N. atlantica*, *S. abbreviatum*, *S. affine*, *S. carinatum*, *S. elongatum*, *S. longicorne*, *S. sumi*, *T. gregaria*). La presencia de *S. elongatum*, que es mesopelágica, indicaría la existencia de surgencias locales al sur de la isla Robinson Crusoe.

Otras especies encontradas en esta zona, son características de áreas de transición (*E. gibboides*, *N. megalops* y *T. gregaria*) o de zonas de la convergencia de aguas subantárticas y subtropicales (*E. lucens*, *E. similis*, *E. similis* var *armata*, y *E. spinifera*), mientras que *E. eximia*, definida como una característica de la zona ecuatorial, indicaría la influencia de aguas ecuatoriales en el archipiélago (Gopalakrishnan, 1974, 1975; Antezana, 1978, 1981; Baker *et al.*, 1990; Brinton *et al.*, 1999).

La cuarta zona, corresponde a la parte central y norte del transecto, que unió el archipiélago Juan Fernández con las islas Desventuradas y las aguas que las circundan, caracterizada por la presencia del AST y bajo ésta el ASAA. En ella se encontró baja riqueza de especies, compuesta por especies características de ambas masas de agua. La presencia de especies de zonas ecuatoriales (*E. eximia* y *E. tenera*), zonas centrales (*E. gibba*, *E. mutica*, *E. recurva*, *N. flexipes*, *S. affine* y *T. aequalis*), zona de transición (*E. gibboides* y *N. megalops*), y de convergencia subantártica y subtropical (*E. lucens*, *E. similis* var *armata* y *E. spinifera*), indicaría la mezcla de aguas subtropicales, subantárticas y ecuatoriales en esta cuarta zona.

La diferencia entre ambas zonas insulares (archipiélago de Juan Fernández e islas Desventuradas), es

la presencia del AST sobre la ASAA que se encuentran entorno a las islas San Félix y San Ambrosio (Moraga & Argandoña, 2008), lo cual explicaría la diferencia en la composición taxonómica.

La escasa abundancia de eufáusidos en las áreas insulares, concuerda con lo encontrado en torno a isla de Pascua (Palma, 1985; Robledo & Mujica, 1999; Palma & Silva, 2006) y a otras regiones subtropicales y tropicales del Pacífico, de características oligotróficas (Mauchline, 1969).

En el patrón de distribución de las especies encontradas y su abundancia se debe considerar la migración vertical ya que el muestreo realizado cubrió los primeros 200 m de profundidad y que el test (Mann-Whitney) indicó diferencias significativas para las pescas diurno-nocturnas ($p < 0,001$). Esto indica que la migración vertical diaria, podría explicar la escasa abundancia de algunas especies y la presencia de otras mesopelágicas en las muestras. Al respecto, se ha reportado esta característica, en especies del género *Euphausia* exceptuando *E. similis*, la variedad *armata*, *E. spinifera* y *Thysanoessa aequalis* (Mauchline, 1969; Gibbons *et al.*, 1999).

Adicionalmente, la capacidad de evasión a la red que tienen las especies de mayor tamaño y movilidad, es causa de subestimaciones de abundancia y riqueza específica, principalmente en capturas diurnas (Mauchline, 1969; Gibbons *et al.*, 1999).

Finalmente, de las asociaciones establecidas por el análisis de disimilitud faunística (Bray Curtis), se pudo determinar, que el Grupo A corresponde a las estaciones de la mitad proximal de la transecta Valparaíso-Juan Fernández, donde fue determinante la presencia y abundancia de *E. mucronata* y *N. megalops*, las que han sido descritas para el Sistema de Corrien-

tes Perú-Chile (Antezana, 1978, 2002a, 2002b; Brinton *et al.*, 1999). El Grupo B, agrupó las estaciones próximas al archipiélago y aquellas de la transecta entre éste e islas Desventuradas, que generalmente fueron nocturnas, con predominio de especies del género *Euphausia* (*E. mutica*, *E. similis* var *armata*, *E. recurva*, *E. eximia* y *E. gibba*), todas las cuales son migrantes verticales (Brinton *et al.*, 1999). El Grupo C, constituido sólo por las estaciones próximas a las islas Robinson Crusoe, Alejandro Selkirk y San Félix, se caracterizó por agrupar estaciones de baja riqueza y diversidad específica, que tiene en común la presencia de *Stylocheiron affine* y *S. carinatum*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento que el Comité Oceanográfico Nacional otorgó a este proyecto. A Rosalino Fuenzalida, del Departamento de Ciencias del Mar de la Universidad Arturo Prat de Iquique, que facilitó los datos oceanográficos obtenidos durante el crucero Cimar 6 Islas Oceánicas. Al equipo de investigadores y tripulación del buque AGOR Vidal Gormaz que colaboraron en la toma de muestras.

REFERENCIAS

- Antezana, T. 1978. Distribution of euphausiids in the Chile-Peru Current with particular reference to the endemic *Euphausia mucronata* and the oxygen minimum layer. Thesis Ph.D. University of California, San Diego, 489 pp.
- Antezana, T. 1981. Zoogeography of euphausiids of the South Eastern Pacific Ocean. Memorias del seminario sobre indicadores biológicos del plancton. UNESCO, Montevideo, pp. 5-23.
- Antezana, T. 2002a. Vertical distribution and diel migration of *Euphausia mucronata* in the oxygen minimum layer of the Humboldt Current. In: J. Farber (ed.). Oceanography of the Eastern Pacific, 2: 13-28.
- Antezana, T. 2002b. Adaptive behaviour of *Euphausia mucronata* in relation to the oxygen minimum layer of the Humboldt Current. In: J. Farber (ed.). Oceanography of the Eastern Pacific, 2: 29-40.
- Avaria, S., S. Palma, H. Sievers & N. Silva. 1989. Revisión sobre aspectos oceanográficos, químicos y planctológicos de la bahía de Valparaíso y áreas adyacentes. Biol. Pesq. (Chile), 18: 67-96.
- Baker, C. 1970. The vertical distribution of euphausiids near Fuerteventura, Canary Islands ('Discovery' Sond Cruise, 1965). J. Mar. Biol. Ass. U.K., 50: 301-342.
- Baker, C., B. Boden & E. Brinton. 1990. A practical guide to the euphausiids of the world. Natural History Museum Publications, London, 96 pp.
- Boehlert, G. 1988. Current-topography interactions at mid-ocean seamounts and the impact on pelagic ecosystems. GeoJournal, 16(1): 45-52.
- Brinton, E. 1967. Vertical migration and avoidance capability of euphausiids in the California Current. Limnol. Oceanogr., 12: 451-483.
- Brinton, E., M. Ohman, A. Townsend, M. Knight & A. Bridgeman. 1999. Euphausiids of the world. World Biodiversity Database. CD-R Series ETI, Springer-Verlag.
- Fuentes, P. 1999. Composición distribución y abundancia de eufáusidos (Crustacea: Malacostraca) en la zona comprendida entre punta Damas y punta Lengua de Vaca IV Región, Chile. Tesis de Biología Marina, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 99 pp.
- Fuenzalida, R., W. Schneider, J. Blanco, J. Garcés & L. Bravo. 2007. Sistema de corrientes Chile-Perú y masas de agua entre Caldera e Isla de Pascua. Cienc. Tecnol. Mar, 30(2): 5-16.
- Gibbons, M., V. Spiridonov & G. Tarling. 1999. Euphausiacea. In: D. Boltovskoy (ed.), South Atlantic zooplankton. Backhuys Publishers, Netherlands, 2: 869-1706.
- Gopalakrishnan, K. 1974. Zoogeography of the genus *Nematoscelis* (Crustacea, Euphausiacea). Fish. Bull., 72: 1039-1074.
- Gopalakrishnan, K. 1975. Biology and taxonomy of the genus *Nematoscelis* (Crustacea, Euphausiacea). Fish. Bull., 73(4): 797-814.
- Linacre, L. & S. Palma. 2004. Variabilidad espacio-temporal de los eufáusidos frente a la costa de Concepción, Chile. Invest. Mar. Valparaíso, 32(1): 19-32.
- Mamayev, I.O. 1975. Temperature-salinity analysis of world ocean waters. Elsevier Oceanographic Series, 11: 374 pp.
- Margalef, R. 1980. Ecología. Editorial Omega. Barcelona, 937 pp.
- Mauchline, J. 1969. The biology of euphausiids. Academic Press, New York, 454 pp.
- Moraga, J. & W. Argandoña. 2008. Oceanografía del área costera del archipiélago de Juan Fernández e islas San Félix y San Ambrosio. Resultados del crucero Cimar 6 Islas Oceánicas, Valparaíso. Cienc. Tecnol. Mar, 31(2): (en prensa).
- Mujica, A. 2006. Larvas de crustáceos decápodos del archipiélago Juan Fernández (33°40'S -78°50'W) e islas Desventuradas (26°20'S-80°05'W). Cienc. Tecnol. Mar, 29(1): 137-152.

- Palma, S. 1985. Plancton marino de las aguas circundantes al archipiélago de Juan Fernández. In: P. Arana (ed.). Investigaciones marinas en el archipiélago de Juan Fernández. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, pp. 59-69.
- Palma, S. & N. Silva. 2006. Epipelagic siphonophore assemblages associated with water masses along a transect between Chile and Easter Island (eastern South Pacific ocean). *J. Plankton Res.*, 28(11): 1-9.
- Palma, S., J. Meruane & A. Mujica. 1976. Observaciones sobre el meroplancton del archipiélago de Juan Fernández. Enero, 1974. *Cienc. Tecnol. Mar, Valparaíso*, 2: 117-126.
- Parin, N., A. Mironov & K. Nesis. 1997. Biology of the Nazca and Salas y Gómez submarine ridges, an outpost of the Indo-West Pacific fauna in the Eastern Pacific Ocean: composition and distribution of fauna, its communities and history. *Adv. Mar. Biol.*, 32: 147-230.
- Robledo, O. & A. Mujica. 1999. Eufáusidos de isla de Pascua. *Invest. Mar., Valparaíso*, 27: 65-72.
- Silva, N. 1973. Variaciones estacionales de temperatura, salinidad y contenido de oxígeno frente a la bahía de Valparaíso (septiembre de 1969-agosto de 1970). *Invest. Mar., Valparaíso*, 4(3): 89-112.
- Silva, N. 1985. Algunas características físicas y químicas de las masas de agua alrededor de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara (archipiélago de Juan Fernández). In: P. Arana (ed.). Investigaciones marinas en el archipiélago de Juan Fernández. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, pp. 36-41.

Received: 10 January 2008; Accepted: 30 September 2008