

DISTRIBUCIÓN DE EUFAUSIÁCEOS (Crustacea: Malacostraca) EN EL OCÉANO PACÍFICO COLOMBIANO DURANTE EL PERIODO 02 A 27 DE SEPTIEMBRE DE 2005

DISTRIBUTION OF EUPHAUSIIDS (Crustacea:
Malacostraca) IN THE COLOMBIAN PACIFIC OCEAN
DURING THE PERIOD 02 TO 27 SEPTEMBER 2005

Raúl Hernando López Peralta¹

Johanna Medellín Mora²

Fecha de recepción: 23 de marzo de 2010

Fecha de aceptación: 21 de septiembre de 2010

1,2 Laboratorio de Biología Acuática, Facultad de Ciencias, Programa de Biología Aplicada, Campus Nueva Granada, Universidad Militar Nueva Granada, kilómetro 3 vía Cajicá-Zipacquirá. Autor para correspondencia: raul.lopez@unimilitar.edu.co

RESUMEN

Se estudió la distribución de los eufausiáceos durante el periodo 02 al 27 de septiembre de 2005 en el Océano Pacífico Colombiano (OPC). Se realizaron arrastres oblicuos hasta una profundidad media de 165 m empleando una red bongo de 60 cm de diámetro para analizar las muestras de la malla con poro de 294 μm . La temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto y la clorofila *a*, y las amplitudes de la capa de mezcla y la termoclina, indicaron ausencia de eventos El Niño o La Niña. Los adultos y las larvas calyptopis y furcilia se encontraron en casi todo el OPC, aunque la densidad larval en general fue más alta, sugiriendo una reproducción permanente. Al parecer, la mayor concentración de organismos hacia la parte costera, en especial norte, se relacionó con la mayor amplitud de la termoclina y la consecuente disponibilidad de alimento más alta. Se identificaron individuos de 11 especies, con *Euphausia distinguenda* y *Euphausia diomedea* dominando en las muestras (1584 y 264 ind./100 m^3 , respectivamente) y exhibiendo distribución espacial amplia. Los múltiples procesos hidrodinámicos que caracterizan el OPC probablemente influenciaron la distribución y densidad de los eufausiáceos. Uno de ellos es la entrada de agua del Pacífico central, demostrada por la presencia de *Euphausia brevis*, *Euphausia mutica*, *Nematobranchion flexipes* y *Stylocheiron carinatum*. Aunque la predominancia nocturna de los eufausiáceos sugiere migraciones verticales, este aspecto no fue concluyente, debido a la metodología de muestreo y los datos limitados, lo cual pudo incidir en

las asociaciones estadísticas muy bajas obtenidas entre las densidades de los eufausiáceos y las variables abióticas.

Palabras clave: Eufausiáceos, composición, distribución, termoclina, Pacífico colombiano.

ABSTRACT

The distribution of euphausiids during the period 02 to 27 September 2005 in the Colombian Pacific Ocean (CPO) was studied. Oblique tows to an average of 165 m depth were realized with a 60-cm-diameter bongo net in order to analyze the samples of the 294- μm -pore mesh. Temperature, salinity, dissolved O_2 and chlorophyll *a*, as well as the amplitude of the mixing layer and termocline, indicated the absence of el El Niño o La Niña events. Adults and calyptopis and furcilia larvae occupied almost all the CPO, even though the general larval density was higher, suggesting a permanent reproduction. Apparently the highest organisms concentration, especially towards north coastal waters was related to the termocline amplitude and consequent higher food availability. Individuals of 11 species were identified, with *Euphausia distinguenda* and *E. Diomedea* dominating samples (1584 and 264 ind./100 m^3 , respectively) and exhibiting broad spatial distribution. Multiple hydrodynamic processes that characterize the CPO probably influence both distribution and density of the euphausiids. One of these is the entry of water from the central Pacific demonstrated by the presence of *Euphausia brevis*, *Euphausia mutica*, *Nematobranchion flexipes*, and *Stylocheiron*

carinatum. Although the nighttime predominance of euphausiids suggests vertical migrations, this aspect was not conclusive, due to the sampling methodology and the limited data, which could influence the very low statistical associations obtained among the euphausiids densities and abiotic variables.

Key words: Euphausiids, composition, distribution, thermocline, Colombian Pacific.

INTRODUCCIÓN

Los eufausiáceos, popularmente conocidos como "krill", son crustáceos marinos holoplanctónicos con más de 80 especies neríticas y oceánicas que se concentran en grandes cantidades en la zona mesopelágica, cumpliendo un papel esencial en los flujos de carbono y nitrógeno. Después de los copépodos son el alimento animal básico en el mar, excediéndolos a veces en masa y número, en especial a grandes profundidades, por lo que pueden ser muy importantes como eslabón de transferencia de carbono hacia niveles tróficos superiores. En el Pacífico Oriental Tropical (POT), por ejemplo, pueden representar más del 50% del total de la biomasa zooplanctónica. La mayoría no sólo realizan desplazamientos horizontales considerables, sino también migraciones verticales diurnas hacia la zona mínima de O₂ y nocturnas a la superficie para protegerse de los depredadores y alimentarse, o asociadas a las fases lunares, movimientos de las mareas o algún cambio en el medio ambiente, resaltándose que hay diferencias en las migraciones según los estadios ontogénicos de las diferentes especies. Aunque el rango de migración puede ser inhibido por una

termoclina, haloclina o picnoclina, no siempre es así y pueden atravesar gradientes amplios de temperatura, densidad y presión (Gibbons *et al.*, 1999; Nicol, 2003, 2006; Linacre y Palma, 2004; Brodeur y Yamamura, 2005).

Consumen principalmente diatomeas, además de detritus, zooplancton más pequeño, e incluso larvas de peces, en el caso de las especies más grandes, por lo que son considerados omnívoros. Son muy importantes en el mesozooplancton (las especies más grandes a veces son consideradas como macrozooplancton o micronecton), pues hacen parte de la dieta de peces pelágicos menores (*e. g.*, arenque y sardina, dentro de los principales recursos pesqueros mundiales), ballenas, aves marinas (Brusca y Brusca, 2003; Lalli y Parsons, 2006). Los eufausiáceos también se han considerado como de potencial utilización para el consumo humano (Siegel 2000; Tou *et al.*, 2007; Gigliotti *et al.*, 2008).

El ciclo reproductivo en algunas especies mantiene una sincronía con la migración vertical, realizándose la liberación y la eclosión de los huevos en la noche, en las capas superficiales (González y Arenas, 2001). En su desarrollo, la larva nauplius es seguida de las fases furcilia y calyptopis, que equivalen a protozoa y zoea en otros crustáceos y son importantes para las evaluaciones poblacionales (Brinton, 1962, 1979). Por otra parte, los eufausiáceos se consideran adecuados como indicadores de eventos El Niño y La Niña, pues durante los mismos sus abundancias y distribución pueden cambiar, en ocasiones dramáticamente (Duarte, 2001; Ulloa *et al.*, 2001; Linacre y Lavaniegos, 2002; Fernández *et al.*, 2002; Marinovic *et al.*, 2002; Linacre, 2005).

En el océano Pacífico americano las investigaciones sobre eufausiáceos se han enfocado en la distribución espacio-temporal y en la taxonomía de algunas de sus fases tempranas de desarrollo y, en especial, de los adultos, estudiando su relación con algunas variables oceanográficas y eventos El Niño Oscilación del Sur (ENOS). El mayor número de trabajos en Suramérica se ha realizado en Chile (e. g., Robledo y Mujica, 1999; Fernández, et al., 2002; Guzmán, 2002; Linacre y Palma 2004; Fernández y Färber, 2006; Mujica y Pavez, 2008) y en menor grado en Ecuador (Cornejo, 1976; Antezana y Cornejo, 1979; Castañeda, 2000) y Perú (Santander y Sandoval, 1969). En Colombia sólo se tiene referencia de cuatro estudios de zooplancton que han incluido los eufausiáceos (Buriticá y Castro, 1984; Carvajal, 1999; Carvajal et al., 2009; Giraldo y Gutiérrez, 2007).

En esta prospección se estableció la composición, la distribución y la densidad de los eufausiáceos, y se analizó su relación con la temperatura, la salinidad, las concentraciones de oxígeno disuelto y clorofila *a* en el OPC, durante el periodo 02-27.Sep.05, contribuyendo al Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ER-FEN) con información relevante para la investigación de la fauna planctónica del POT.

METODOLOGÍA

En la fase de campo se tuvo el apoyo de la Dirección General Marítima (DIMAR)-Centro Control de Contaminación del Pacífico (CC-CP). Dentro de la grilla de 113 estaciones establecida por estas entidades se consideraron 20 puntos, distribuidos en todo el OPC (Figura 1), para obtener las muestras de zooplancton

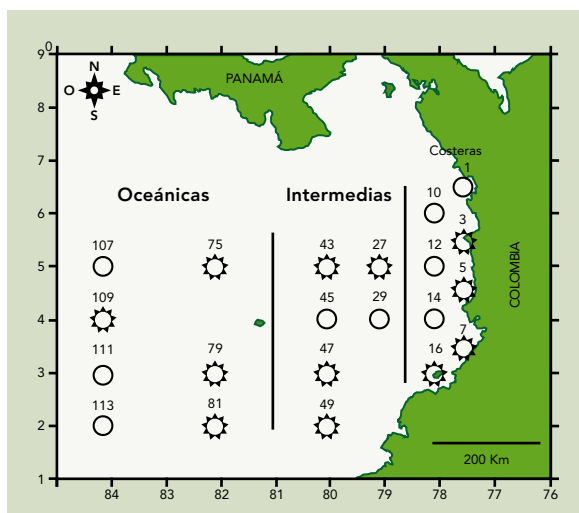


Figura 1. Estaciones para el estudio de eufausiáceos en el Océano Pacífico Colombiano durante el periodo 02-27.Sep.05.
 ⦿ Estaciones diurnas ⦿ Estaciones nocturnas.

en el periodo 02-27.Sep.05. Se realizaron arrastres oblicuos hasta una profundidad media de 165 m (intervalo general 47-213 m), siguiendo las indicaciones de Smith y Richardson (1979). Se empleó una red bongo con mallas de 294 y 520 μm , bocas de 60 cm de diámetro, 1.85 m de longitud y un flujómetro General Oceanics para determinar el volumen de agua filtrada (Smith y Richardson, 1979). En este trabajo se analizaron las muestras retenidas por la malla de 294 μm , las cuales se fijaron con formaldehído al 10% en agua de mar (López et al., 2005).

En cada estación el CCCP, siguiendo su protocolo de campo, registró los datos de temperatura, salinidad y densidad en la columna de agua, por medio de un CTD Sea Bird Electronics, y la temperatura superficial con un termómetro de cazoleta; adicionalmente tomó muestras de agua a 10, 20, 30, 50, 75 y 100 m, con botellas Niskin de 1 l, para establecer las concentraciones de clorofila *a* y O_2 disuelto.

Debido a la gran abundancia de zooplankton, se optó por obtener submuestras con un divisor Folson. Mediante las claves de Boden et al. (1955), Antezana y Brinton (1981), Gibbons et al. (1999) y Guzmán (2002), se determinaron las especies de eufausiáceos encontradas en las submuestras, estableciendo su densidad general en el periodo de estudio y por estación. Los especímenes identificados se preservaron en formaldehído al 4%.

Las densidades de adultos y larvas calyptopis y furcilia se estandarizaron a 100 m³ (Smith y Richardson, 1979). Los valores de temperatura, salinidad, clorofila *a* y O₂ disuelto se promediaron en la capa de mezcla, la termoclina y la capa profunda, teniendo en cuenta la estratificación térmica de la columna de agua, anotando en los promedios el error estándar. Con el fin de establecer las posibles relaciones entre estas variables y las densidades de los organismos se aplicó una correlación de Spearman con la prueba estadística multivariada BIOENV (Linking Biota to Multivariate Environmental Patterns) (Clarke y Warwick, 1994), al no obtener asociaciones significativas con un previo Análisis de Componentes Principales. Las densidades por estación se normalizaron mediante Log(x+1), para darle la misma importancia a los valores altos y bajos al realizar los análisis estadísticos. Además, las densidades sirvieron para realizar un análisis de clasificación con el índice multivariado de Bray-Curtis (Ramírez, 1999;). En ambos casos se utilizó el programa PRIMER-E (Clarke y Gorley, 2001).

Para facilitar la descripción de los resultados y el análisis general, se tuvo en cuenta la distancia de las estaciones a la línea costera, según Ramírez y Giraldo (2006), así: Costeras (>30 mn), intermedias (30-90 mn) y oceánicas (<90 mn).

RESULTADOS

La amplitud en la capa de mezcla y su temperatura mostraron un gradiente zona costera-intermedia-oceánica (41.67, 37.86 y 31.67 m, y 27.82, 27.26 y 26.99°C, respectivamente), al igual que la amplitud de la termoclina (17.33, 12.00 y 11.67 m), donde ocurrió lo contrario con la temperatura (21.30, 23.06 y 23,21°C).

El promedio de salinidad en la capa de mezcla fue 31.64±0.28, mostrando su valor más bajo (29.73) en el sector costero norte y el más alto (33.23) en la región oceánica. Los promedios aumentaron en la termoclina (33.68±0.11) y en la capa profunda. (34.94±0.01).

La concentración de O₂ disuelto se redujo de la capa de mezcla, en donde se midió una concentración homogénea y un intervalo estrecho (4.45-4.67 ml/l, 4.55±0.02 ml/l), a la termoclina (2.45-4.46 ml/l, 3.30 ml/l) y a la capa profunda (0.70-1.70 ml/l, 1.04±0.07 ml/l).

El promedio de clorofila *a* fue de 0.35±0.09 mg/m³ en la capa de mezcla, en donde se verificó el registro más alto (1.65 mg/m³, estación 1), aunque el mayor promedio fue para la termoclina (0.37±0.07 mg/m³: rango 0.03-1.03 mg/m³, zona intermedia) y el menor para la capa profunda (de 0.31±0.06 mg/m³ en la estación oceánica 111, a 0.95 mg/m³ en la estación costera 12).

En estado adulto se capturaron en total 2141 ind./100 m³, cuyas densidades más representativas se registraron en la noche en la estaciones costeras 1 (1577 ind./100 m³) y 14 (107 ind./100 m³), y en la oceánica 107 (79 ind./100 m³). Los estadios larvales fueron más abundantes (6143 ind./100 m³) y, al igual que en los adultos, en la estación 1 se presentó la mayor concentración (848 ind./100 m³), seguida de las

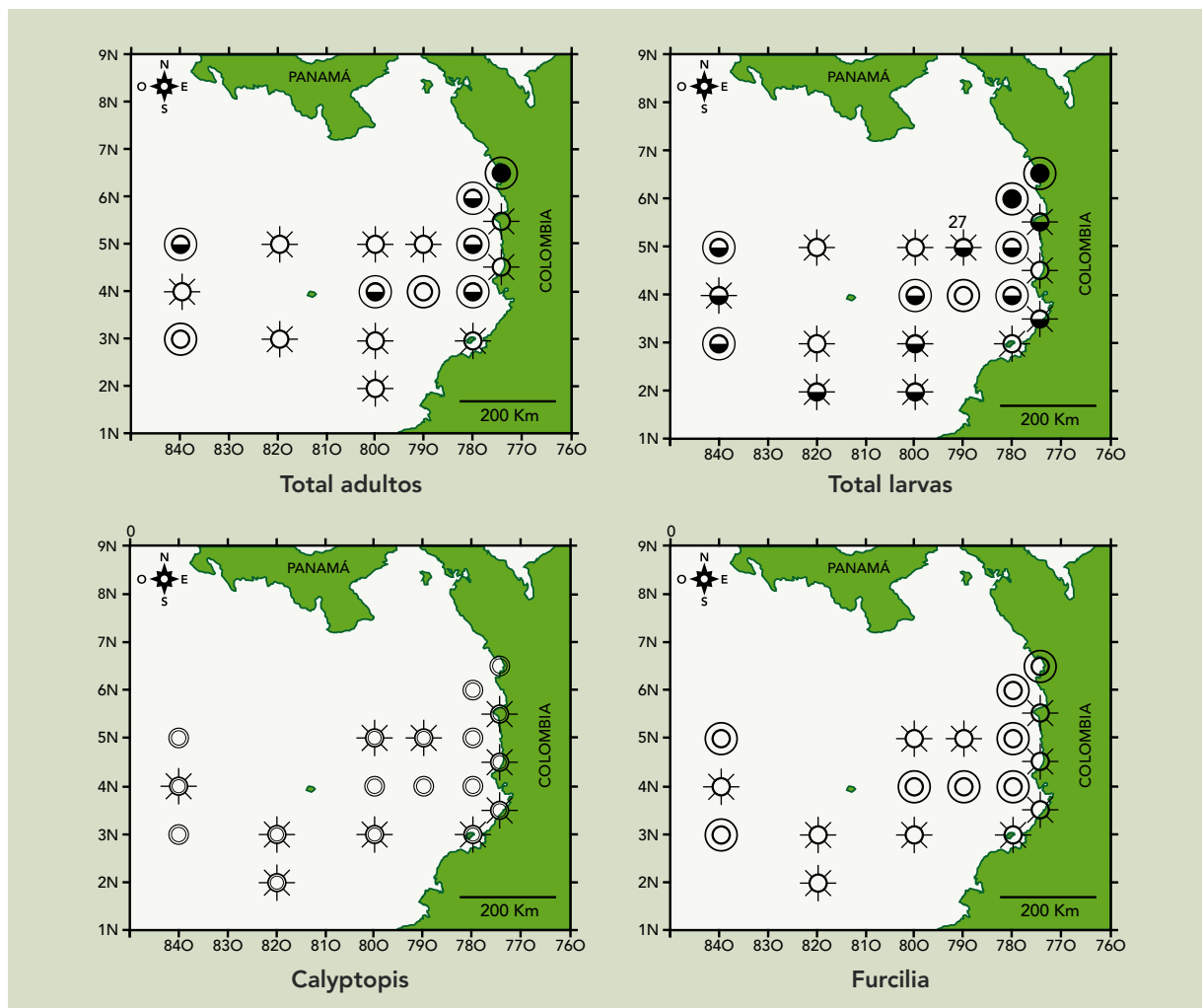


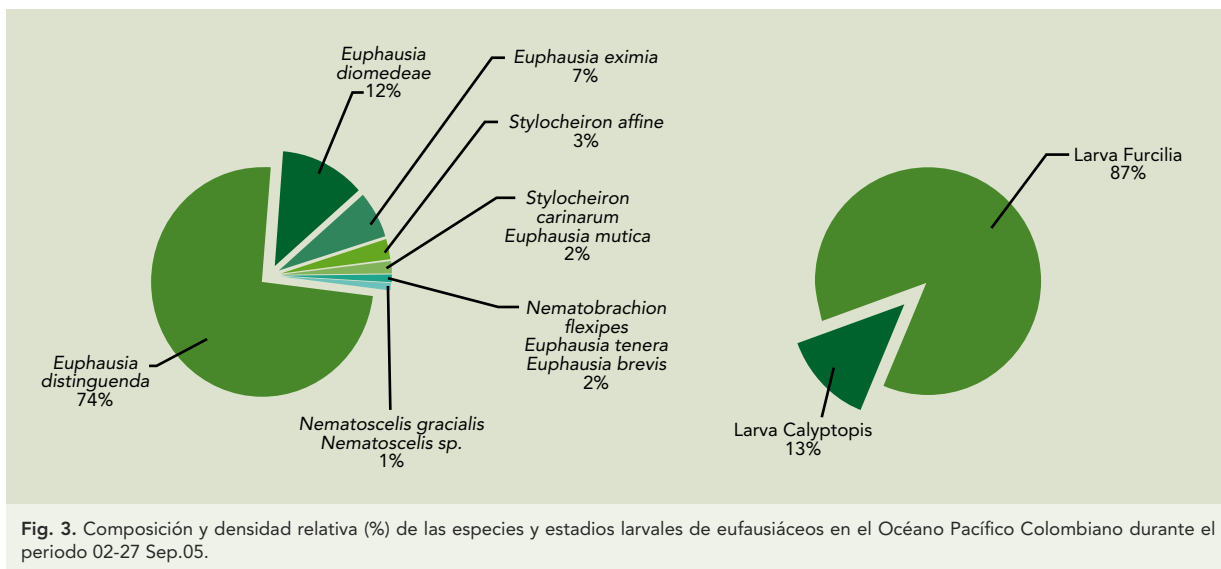
Figura 2. Densidad total de adultos y larvas de eupausiáceos (ind./100 m³) en el Océano Pacífico Colombiano durante el periodo 02-27 Sep.05. ○ Baja <54, ◐ Media 54-847, ● Alta >847. Estadios larvales: ○ Baja < 182, ◐ Media 182-577, ● Alta 577. ◐ Día ○ Noche.

estaciones nocturnas costera 10 y oceánica 111 (588 y 508 ind./100 m³, respectivamente), y diurna intermedia 27 (463 ind./100 m³) (Figura 2). Los promedios generales noche vs. día (ind./100 m³) fueron: adultos 282 vs. 22 y larvas 455 vs. 228.

Se identificaron 11 especies de eupausiáceos, en orden de densidad relativa: *Euphausia distinguenda* (74%), *E. diomedea* (12%), *E. eximia* (7%), *Stylocheiron affine* (3%), *S. carinatum*

y *E. mutica* (2%), *Nematobrachion flexipes*, *E. tenera*, *E. brevis*, *Nematoscelis gracilis* y *Nematoscelis* sp. (1%), y dos tipos de estadios larvales, siendo furcilia el más abundante (87%), seguido de calyptopis (13%) (Figura 3).

En orden de densidad, se observó: *E. distinguenda* apareció en 12 de las 20 estaciones, mostrando la mayor concentración en las estaciones nocturnas costeras 1 (1353 ind./100 m³) y



14 (72 ind./100 m³); en las demás, las densidades fueron bajas (<54 ind./100 m³). Aunque con <54 ind./100 m³, *E. diomedea* fue la especie más frecuente, pues se capturó en 13 estaciones (sólo dos oceánicas). *E. eximia* sólo se presentó en las estaciones 1 (133 ind./100 m³) y 14 (4 ind./100 m³). Las capturas de los demás taxa fueron sólo diurnas, sin sobrepasar los 54 ind./100 m³. *S. affine*, *S. carinatum* y *E. mutica* tuvieron una mayor distribución, a diferencia de *N. flexipes*, *E. tenera* y *Nematoscelis sp.*, que sólo estuvieron presentes en dos estaciones, y *E. brevis* y *N. gracilis* en la estación oceánica nocturna 107 (Figura 4).

En el dendrograma de similaridad (Figura 5), los valores más bajos correspondieron a las estaciones oceánica 79 (0% de similaridad) y costera 1 (30%), en la cual se capturó el mayor número de especies con densidades altas, en especial *E. distinguenda*, resaltándose que *N. flexipes* sólo apareció en estas dos estaciones. Se conformaron cuatro grupos A, B, C y D, con 45, 70, 62 y 50% de similaridad, respectivamente. Los grupos

A (estaciones costeras 5 y 16, y oceánicas 75 y 111) y B (estaciones costera 3 e intermedias 27, 47 y 49) se caracterizaron por el bajo número de *E. distinguenda*, *S. affine* y *S. carinatum*, en el primer caso, y de *E. diomedea* en el segundo; C (estaciones costeras 10, 12 y 14 e intermedia 29) por densidades medias de *E. distinguenda* y bajas de *E. diomedea*, *S. affine*, *Nematocelis sp.* y *E. eximia*; y D (estaciones intermedias 43 y 45, y oceánicas 107 y 109) por la presencia de *E. distinguenda*, *E. diomedea*, *N. gracilis*, *S. carinatum*, *E. mutica* y *E. brevis* en bajas densidades (Tabla 1).

El análisis BIOENV, coeficiente de Spearman r_s , brindó escasa información y arrojó correlaciones muy bajas entre las densidades de eupausiáceos, la clorofila a y las variables abióticas, observándose que disminuyeron de la capa de mezcla a la zona profunda. En la primera sobresalió la asociación densidades - amplitud - temperatura - clorofila a (0.35) y en la termoclina amplitud-O₂ disuelto (0.13). En la capa profunda las correlaciones no sobrepasaron 0.06.

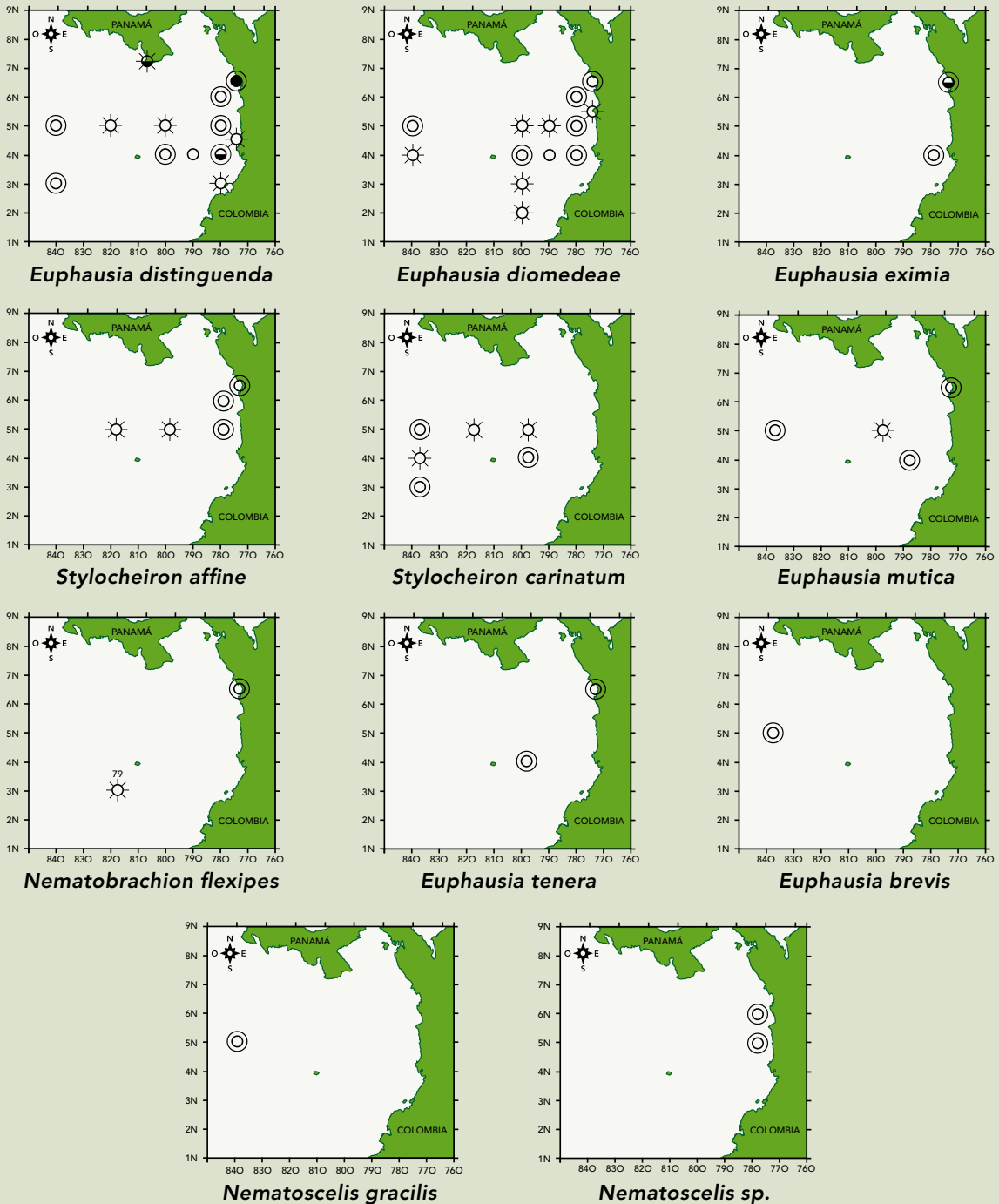


Fig. 4. Distribución espacial de las especies de eufausiáceos en el Océano Pacífico Colombiano durante el periodo 02-27 Sep.05. Densidad (ind./100 m3): ○ Baja <math>< 54</math>, ● Media 54-847, ● Alta >847, ☼ Día ○Noche.

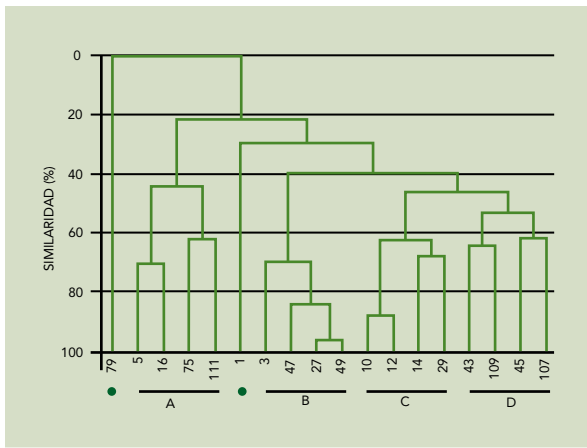


Fig. 5. Dendrograma de similaridad a partir del análisis de clasificación de Bray-Curtis con los valores de densidad de las especies de eufausiáceos por estación en el Océano Pacífico Colombiano durante el periodo 02-27 Sep.05.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los promedios generales de temperatura, salinidad, O₂ disuelto y clorofila a fueron característicos de condiciones normales para el OPC (CCCP, 2002). Lo mismo atañe a la profundidad media de la termoclina (37.11±1.71 m); habitualmente se ubica entre 20 y 50 m, y en aguas tropicales ecuatoriales se puede desplazar hasta 100 y 200 m, pudiendo ser relativamente estable durante el año (Poveda y Mesa, 2000; CCCP, 2002).

En general, la capa de mezcla mostró estabilidad, por el rango térmico estrecho

Zona	Estación	Especie											Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Costera	1	1353	9	133	13	26		26		17			1577
	3				3								3
	5	25											25
	7												0
	10	45			9			18			2		74
	12	38			28			6			3		76
	14	72		4	31								107
Intermedia	16	5											5
	27				9								9
	29	10			23	3							36
	43	3			8	3		3	5				20
	45	14	7		43				7				72
	47				27								27
Oceánica	49				11								11
	75	3						7	3				13
	79									5			5
	81												0
	107	6			42	3	12		6			9	79
	109				1								1
Total		1574	16	137	249	35	12	60	21	23	5	9	2141
Promedio		74	1	7	12	2	1	3	1	1	1	1	

Tabla 1. Densidad de eufausiáceos (ind./100 m³) por estación en el Océano Pacífico Colombiano durante el periodo 02-27 Sep.05. 1. *Euphausia distinguenda*, 2. *Euphausia tenera*, 3. *Euphausia eximia*, 4. *Euphausia diomedae*, 5. *Euphausia mutica*, 6. *Euphausia brevis*, 7. *Stylocheiron affine*, 8. *Stylocheiron carinatum*, 9. *Nematobranchion flexipex*, 10. *Nematocelis* sp., 11. *Nematocelis gracilis*.

(27.6-28.1°C) y el promedio de O₂ disuelto (4.55±0.02 ml/l), que fue normal para aguas superficiales, en donde tiende a estar en equilibrio con el O₂ atmosférico y en la región ecuatorial su concentración suele ser <5 ml/l (rango en el mar 1.0-8.5 ml/l; en la termoclina y en la capa profunda fue más variable (2.45-4.46 y 0.70-1.70 ml/l, respectivamente), posiblemente por la influencia de las corrientes y procesos biológicos, como ocurre en otras áreas (Michelle *et al.*, 2007).

Lo más plausible es que la salinidad más baja en la capa de mezcla en aguas costeras, se haya debido a las descargas de los ríos (Baudó, San Juan, Naya, Patía y Mira, entre otros), acrecentadas por el usual aumento de las lluvias durante septiembre (Poveda y Mesa, 2000; CCCP, 2002).

En comparación con los promedios de clorofila *a* superficial para los meses de septiembre de 2001 y 2003 (0.41-1.72 mg/m³) (López *et al.*, 2005), en el periodo de estudio (02-27. Sep.05) en la capa de mezcla, fue bajo (0.35 mg/m³), pero dentro del rango de condiciones normales para el OPC (CCCP, 2002).

Al igual que los adultos, las larvas calyptopis y furcilia se distribuyen en casi todo el OPC, con una densidad total mayor que la de aquellos, sugiriendo una reproducción en diferentes épocas del año, lo cual está apoyado por la presencia de adultos en los periodos Nov-Dic.82 (El Niño) (Buriticá y Castro, 1984), Jun. y Oct.96, y May. y Nov-Dic.97 (El Niño) (Carvajal, 1999; Carvajal *et al.*, 2009), además de adultos y furcilia en septiembre de 2003 (Giraldo y Gutiérrez, 2007). De hecho, Roger (1976) afirma que la reproducción de eufausiáceos tropicales es un proceso casi

permanente. Éste ocurre en otras latitudes, e. g., en el sistema de surgencia frente a la península de Mejillones (Chile), donde Fernández *et al.* (2002) encontraron gran densidad de estadios larvales todo el año, atribuyéndola a una reproducción constante. Efectivamente, los fenómenos de desplazamiento de agua, conocidos como surgencias, pueden llevar a la superficie concentraciones elevadas de nutrientes, generando densidades importantes de fito- y zooplancton y en el OPC también ocurren de forma continua en varios sectores (Carvajal, 1999; CCCP, 2002).

Las surgencias, corrientes y mayores descargas de los ríos debido al aumento de precipitación durante septiembre (Poveda y Mesa, 2000; CCCP, 2002), debieron generar procesos de transporte, dispersión y retención de los eufausiáceos, así como del resto de zooplancton, influenciando su distribución en la época de estudio. En efecto, la dinámica hidrológica es el factor más determinante en la distribución del plancton, en general (Lalli y Parsons, 2006), a lo que se ha hecho referencia antes para el OPC (López *et al.*, 2005) y se ha observado para el zooplancton y los eufausiáceos, en particular, en otras áreas del Pacífico americano (e. g., Brinton, 1962, 1979; Santander y Sandoval, 1969; Robledo y Mujica, 1999; Linacre y Palma, 2004; Brodeur y Yamamura, 2005; Fernández y Färber, 2006).

Se estima que el análisis de similaridad refleja, en cierta medida, la influencia de los múltiples procesos hidrológicos en el OPC, por la mezcla de estaciones costeras, intermedias y oceánicas en los grupos conformados, indicando, además, heterogeneidad en

la distribución y densidad de las especies, como también puede observarse en los mapas de distribución.

De las 11 especies incluidas en el presente trabajo (02-27.Sep.05), Buriticá y Castro (1984) reportaron *E. distinguenda*, *E. tenera* y *E. diomedae* en el periodo Nov-Dic.82 (El Niño), en muy baja densidad (0.32%). En comparación, en Jun. y Oct.96 (condiciones normales), así como en May. y Nov-Dic.97 (El Niño), Carvajal (1999) registro sólo los

propias del Pacífico ecuatorial, mientras que *S. carinatum* y *N. flexipes* habitan la zona de interacción Pacífico ecuatorial central y *E. brevis* y *E. mutica* son típicas del Pacífico central (Brinton, 1962), como también lo mencionan Brodeur y Yamamura (2005) para la última especie. Según lo anterior, la presencia de *E. brevis*, *E. mutica*, *N. flexipes* y *S. carinatum*, señala la influencia de aguas del Pacífico central en el OPC durante el periodo de estudio, cuando, por lo general, hay entrada de aguas oceánicas por la parte sur (CCCP, 2002).

Si bien la mayoría de eufausiáceos exhiben migraciones verticales, existen especies que se mantienen sobre la termoclina, otras debajo de ella y otras que la atraviesan, mientras que en algunas esos desplazamientos son reducidos o nulos; en todo caso, la termoclina es considerada el factor limitante más importante en tales migraciones, que son interrumpidas por el O₂ mínimo.

géneros *Euphausia* (60.58%, el más ampliamente distribuido), *Thysanopoda* (35.47%, ausente en Nov-Dic.97) y *Nematobranchion* (3.95%, sólo en Oct.96).

E. distinguenda, *E. diomedae*, *S. affine*, *E. tenera*, *N. flexipes* y *Nematoscelis* sp., presentaron una distribución amplia en el OPC. Aunque estas especies son típicas del Pacífico ecuatorial tropical (Brinton, 1962), su distribución se extiende hasta las costas de Chile (Robledo y Mujica, 1999; Fernández et al., 2002; Linacre y Palma, 2004) y México (Sánchez y Hendrickx, 1984). *E. eximia* y *N. gracilis* también son

Con respecto a *N. flexipes*, es la única especie del género que se ha registrado hasta ahora en aguas del Pacífico suramericano (Brinton, 1962; Castañeda, 2000; Santander y Sandoval, 1969; Robledo y Mujica, 1999).

El género *Thysanopoda* sólo ha sido registrada en el OPC por Buriticá y Castro (1984) y Carvajal (1999), sugiriendo que es escaso en esa región, donde es probable que habiten *T. orientalis* y *T. aequalis*, pues han sido registradas en Ecuador (Castañeda, 2000) y Perú (Santander y Sandoval, 1969), la primera especie y en Chile la segunda (Robledo y Mujica, 1999).

Si se considera que el desarrollo de la larva calyptopis de *E. superba*, que habita cerca de los polos, se da después de 30 días de desove, quizás en el caso de las seis especies del género *Euphausia* halladas en el OPC, el desarrollo sea más rápido, por su ubicación ecuatorial, lo que ayudaría a fundamentar la apreciación sobre un desove continuo, por el hallazgo del alto número de furciliias, fase posterior a calyptopis (Brusca y Brusca, 2003); faltaría establecer la identidad específica de las larvas, lo cual es bastante difícil. Relacionado con lo anterior, Gibbons et al. (1999) manifiestan que la edad de la madurez sexual de los eupausiáceos parece ser dependiente de la temperatura y, por lo general, es temprana en las latitudes tropicales y templadas, a lo que también se refieren otros autores (Robledo y Mujica, 1999; Gibbons et al., 1999; Fernández et al., 2002).

Considerando que la clorofila *a* es una medida indirecta de la biomasa de fitoplancton (Lalli y Parsons, 2006), el cual es consumido por los eupausiáceos en gran medida (Brusca y Brusca, 2003), la alta concentración de aquella y la gran densidad de estos zoopláncteres hacia la parte costera norte, reflejarían una relación trófica. Una distribución similar de los eupausiáceos fue reportada por Buriticá y Castro (1984). Brinton (1962, 1979) indica que en aguas costeras por lo general hay más disponibilidad de alimento, por lo que estos organismos pueden aumentar en esas áreas.

No obstante, esto difirió de lo referido por Carvajal (1999) y Carvajal et al. (2009), pues las mayores densidades fueron, en especial oceánicas, a veces asociadas a surgencias que ocurren en varios sectores del OPC,

como ya se mencionó. En relación con esto, Sameoto (1986) y Sameoto et al. (1987) (en Gonzáles y Arenas, 2001) registraron las biomásas más altas de zooplancton en las áreas de surgencia del POT. Las discrepancias en la distribución espacio-temporal de los eupausiáceos no son extrañas pues, por lo común, es extremadamente irregular (Brodeur y Yamamura, 2005; Lalli y Parsons, 2006).

Se ha encontrado que el zooplancton tiende a concentrarse en la termoclina, o asociado a su límite superior, al igual que el fitoplancton, los nutrientes y la materia orgánica (e. g., Quesada y Morales, 2004; Lugioyo et al., 2005; Marín et al., 2006), de manera que habría una relación entre las mayores densidades y la amplitud de la termoclina, como parece ocurrió en el periodo de estudio, pese a que los resultados estadísticos (componentes principales y BIOENV coeficiente de Spearman r_s) no lo reflejaron. Al respecto, Longhurst (1985) recalca que, sobre todo en zonas tropicales, las termoclinas son estables y permanentes, manteniendo la gran diversidad zooplanctónica, común en esa parte de la columna de agua. Otro aspecto relacionado, es que en el OPC la formación de corrientes ocurre en una capa superficial, por encima de la termoclina, y otra inferior, por debajo del máximo gradiente vertical térmico (CCCCP, 2002), quizás afectando de alguna manera los desplazamientos verticales de los eupausiáceos.

Si bien la mayoría de eupausiáceos exhiben migraciones verticales, existen especies que se mantienen sobre la termoclina, otras debajo de ella y otras que la atraviesan, mientras que en algunas esos

desplazamientos son reducidos o nulos; en todo caso, la termoclina es considerada el factor limitante más importante en tales migraciones, que son interrumpidas por el O₂ mínimo (e. g., Brinton, 1962, 1979; Gonzáles y Arenas, 2001), pero en algunas ocasiones la haloclina presenta mayor influencia sobre las migraciones, por la alteración en la regulación osmótica entre los organismos y el medio (Gonzáles y Arenas, 2001).

Estos aspectos no se discuten aquí, puesto que no se realizaron muestreos estratificados, de manera que en los arrastres oblicuos la red recorrió entre 47 y 213 m (promedio 165 m \pm 9.05 m) barriendo la capa de mezcla (promedio 37.11 \pm 1.71 m) y la termoclina (promedio 13.3 \pm 1.58 m), lo que enmascara los desplazamientos aludidos. Asimismo, en la amplia literatura concerniente al tema (e. g., Santander y Sandoval, 1969; Antezana y Cornejo, 1979; Brinton, 1979; Gibbons et al., 1999; Gonzáles y Arenas, 2001; Fernández y Färber, 2006), los resultados sobre las migraciones de estos organismos son contradictorios, máxime cuando se comparan los desplazamientos de las especies en diferentes áreas geográficas. Para Giraldo y Gutiérrez (2007) la variación nictimeral del zooplancton en el OPC, incluidos los eufausiáceos, capturados mediante arrastres superficiales en septiembre de 2003, no puede atribuirse a desplazamientos verticales, dado el tipo de muestreo. A pesar de lo anterior, en el presente estudio el mayor número de estos organismos durante la noche, sugiere eventos migratorios.

Se supone que las mayores densidades de adultos y larvas en las horas de oscuridad, -principalmente hacia las aguas intermedias y

costeras en el caso de los adultos- tuvieron que ver con las mayores amplitudes de la capa de mezcla y la termoclina. Las diferencias en la distribución espacial entre los dos grupos se explica, en parte, porque en la mayoría de especies las fases larvales están restringidas a aguas más superficiales, contrario a los adultos, por las mencionadas migraciones verticales amplias (Fernández y Färber, 2006). Para el caso particular del OPC, hace falta mucha información y diferentes tipos de muestreo para poder hacer aseveraciones más concluyentes sobre este aspecto. En resumen, es posible que en las asociaciones poco significativas entre las densidades de los eufausiáceos, la clorofila a y las variables abióticas, haya influido el bajo número de datos y la naturaleza de los muestreos.

Una recomendación general para futuros estudios con eufausiáceos es realizar muestreos estratificados.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue desarrollada y financiada por la Universidad Militar "Nueva Granda", con el apoyo de la Dirección General Marítima (DIMAR), mediante la invitación a participar en el crucero oceanográfico realizado del 02 al 27 de septiembre de 2005 a bordo del buque oceanográfico ARC Malpelo, en el marco del Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN). Se contó con la cooperación del Centro Control de Contaminación de Pacífico (CCCCP), que registró y suministro los datos oceanográficos. Los autores expresan sus sentimientos de reconocimiento a estas entidades.

BIBLIOGRAFÍA

1. Antezana T y Cornejo M. 1979. Distribución de los eufáusidos epipelágicos del Ecuador y su validez como indicadores de masas de agua (Crustacea, Zooplancton). Boletín Instituto Oceanográfico del Ecuador, 3 (1): 1-30.
2. Antezana T y Brinton E. 1981. Euphausiacea. 681-698. En: Boltovskoy D. (Ed.). Atlas de zooplancton del Atlántico Sudoccidental métodos y trabajo con el zooplancton marino. Argentina, Pub. Esp. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Mar del Plata.
3. Boden BP Johnson MW y Brinton E. 1955. The euphausiacea (Crustacea) of the North Pacific. Contribution from the Scripps Institution of Oceanography, 796: 1-116 p.
4. Brinton E. 1962. The Distribution of Pacific euphausiids. Bulletin Scripps Institution of Oceanography, 8 (2): 21-270.
5. Brinton E. 1979. Parameters relating to the distribution of planktonic organisms, especially euphausiids in the eastern tropical Pacific. Progress in Oceanography, 8: 125-189.
6. Brodeur R y Yamamura O (Ed.). 2005. Micro-necton of the North Pacific. North Pacific Marine Science Organization (PICES). Sidney, BC (Canada), Scientific Report 30, 115 p.
7. Brusca RC y Brusca GJ. 2003. Invertebrates. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, 880 p.
8. Buritica J y Castro R. 1984. El zooneuston (Calanoidea, Euphausiidae, Salpidae) del Pacífico colombiano durante el periodo noviembre-diciembre de 1982. Tesis Facultad de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 109 p.
9. Carvajal LA. 1999. Eufáusidos y poliquetos planctónicos del Pacífico colombiano durante junio y octubre de 1996 y mayo y noviembre de 1997. Tesis Facultad de Biología, Universidad Javeriana, Bogotá, 85 p.
10. Carvajal LA, Vergara CF y López RH. 2009. Chaetognatha, Thaliacea, Euphausiacea and pelagic Polychaeta in the colombian Pacific ocean during two periods in 1996 (La Niña) and two periods in 1997 (El Niño). Revista Facultad de Ciencias Básicas, 5(1): 172-185.
11. Castañeda P. 2000. Los eufáusidos en el mar ecuatoriano como indicadores de masas de agua, durante el crucero oceanográfico CO-II-99. Septiembre-octubre de 1999. Resumen Inf. Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Guayaquil, 2 p.
12. CCCP. 2002. Compilación oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. Centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP), Ed. Imágenes de la Naturaleza, Cali, 109 p.
13. Clarke KR y Gorley RN. 2001. PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK. 91 p.
14. Clarke KR. y Warwick RM. 1994. Change in marine communities. Plymouth Marine Laboratory, 144 p.
15. Cornejo de González M. 1976. Estudio preliminar de los eufáusidos en el mar ecuatoriano. Inf. CM-BIO-11-76, Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), 46 p.
16. Duarte LE. 2001. El Niño un experimento trófico global: ¿Dr. Jekyll o Mr. Hyde?. Ensayos Oceanografía Biológica, 1: 15-23.
17. Fernández D, Escribano R e Hidalgo P. 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. *Revista Investigaciones Marinas*, 30(1): 25-43.
18. Fernández AM y Färber J. 2006. Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69: 318-359.
 19. Gibbons M, Spiridonov V y Tarling G. 1999. Euphausiacea p. 1241 - 1278. En: Boltovskoy D. (Ed.). *South Atlantic Zooplankton*. Backhuys Publisher, Leiden, Países Bajos.
 20. Gigliotti JC, Jaczynski J y Tou JC. 2008. Determination of the nutritional value, protein quality and safety of krill protein concentrate isolated using an isoelectric solubilization/precipitation technique. *Food Chemistry*, 111(1): 209-214.
 21. Giraldo A y Gutiérrez E. 2007. Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Revista de Investigaciones Marinas*, 35(1): 117-122.
 22. Gómez J. 1995. Distribution patterns, abundance and population dynamics of the euphausiids *Nyctiphanes simplex* and *Euphausia eximia* off the west coast of Baja California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 119: 63-76.
 23. González G y Arenas V. 2001. El Grupo de los eufáusidos y su estudio. *Ciencia y Mar*, 5(14): 15-33.
 24. Guzmán G. 2002. Crustacea: Orden Euphausiacea. Guías de identificación y biodiversidad fauna chilena. *Apuntes de Zoología*, Universidad Arturo Prat, Iquique, 5 p.
 25. Lalli CM y Parsons TR. 2006. *Biological oceanography. An introduction*. Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, 314 p.
 26. Linacre L y Lavaniegos B. 2002. Community structure of euphausiids in the southern part of the California Current during October 1997 (El Niño) and October 1999 (La Niña). *Revista Investigaciones Marinas*, 30(1): 117-118.
 27. Linacre L y Palma S. 2004. Variabilidad espacio-temporal de los eufáusidos frente a la costa de Concepción, *Revista Investigaciones Marinas*, 32(1): 19-32.
 28. Linacre L. 2005. Community structure of euphausiids in the California current. *CalCOFI Report*, 45: 126-135.
 29. Longhurst A. 1985. Relationships between diversity and the vertical structure of the upper ocean. *Deep Sea Research*, 32(12): 1535-1570.
 30. López R, Uribe J, Escobar N, López C, Riveros DC. 2005. Meso-zooplankton superficial del Océano Pacífico Colombiano durante los cruceros de 2001, 2002 y 2003 de la serie ERFEN (Estudio Regional del Fenómeno El Niño). Inf. Final Proyecto CIAS-2003-003. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar "Nueva Granada", Bogotá, D. C., 74 p.
 31. Lugiayo G, Loza S y Orozco MV. 2005. Distribución vertical de las fracciones planctónicas y su contribución a la biomasa <200 µm en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba. *Revista Investigaciones Marinas*, 26(2): 149-158.
 32. Marín B, Lodeiros C, Figueroa D y Márquez B. 2006. Distribución vertical y abundancia estacional del microzooplancton y su relación con los factores ambientales en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela, *Veterinaria*, 14(2): 1-14.
 33. Marinovic BB, Croll^a DA, Gong N, Benson SR y Chavez FP. 2002. Effects of the 1997-1999

- El Niño and La Niña events on zooplankton abundance and euphausiid community composition within the Monterey Bay coastal upwelling system. *Progress in Oceanography*, 54(1-4): 265-277.
34. Michelle IG, Ledesma J, Flores G y Girón M. 2007. Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14(1): 117-128.
35. Mujica A y Pavez C. 2008. Eufáusidos de la zona central de Chile, archipiélago Juan Fernández e islas Desventuradas. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36(2): 283-300.
36. Nicol S. 2003. Living krill, zooplankton and experimental investigations: a discourse on the role of krill and their experimental study in marine ecology. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 36: 191-205.
37. Nicol S. 2006. Krill, currents, and sea ice: *Euphausia superba* and its changing environment. *Bioscience*, 56(2): 111-120.
38. Poveda G. y Mesa O. 2000. On the existence of Lloró (the rainiest locality on earth): Enhance ocean-land-atmosphere interaction by a low-level jet. *Geophysical Research Letters*, 27 (11): 1675-1678.
39. Quesada MA y Morales A. 2004. Comportamiento de las masas de agua en el Golfo Dulce, Costa Rica durante El Niño (1997-1998), *Revista de Biología Tropical*, 52(2): 95-103.
40. Ramírez, A. 1999. *Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico*. Colección Estudios de Ecología, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 325 p.
41. Ramírez D y Giraldo A. 2006. Estructura comunitaria del fitoplancton de la Cuenca Pacífica Colombiana durante la campaña oceanográfica PACÍFICO XXXIX-ERFEN XXXVII. *Boletín Científico CCCP*, 13: 65-84.
42. Robledo O y Mujica A. 1999. Eufáusidos de Isla de Pascua. *Revista Investigaciones Marinas*, 27: 65-72.
43. Roger C. 1976. Fecundity of tropical euphausiids from central and western Pacific Ocean. *Crustaceana*, 31:103-105.
44. Sánchez L y Hendrickx M. 1984. Resultados de las campañas SIPCO (sur de Sinaloa, México) a bordo del B/O "El Puma". Abundancia y distribución de los Euphausiacea(Crustacea: Eucarida). *Anales Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 11(1): 99-106.
45. Santander H y Sandoval O. 1969. La importancia de los euphausidos y chaetognatha y resultados de su distribución en base al crucero de Febrero 1967. Info. Instituto del Mar del Perú (MARPE), Callao, 22 p.
46. Siegel V. 2000. Krill (Euphausiacea) demography and variability in abundance and distribution. *Canadian Journal of Fishery Aquatic Science*, 57(S3): 151-167.
47. Smith P y Richardson S. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO, 179 p.
48. Tou JC, Jaczynski J y Chen YC. 2007), Krill for Human Consumption: Nutritional Value and Potential Health Benefits. *Nutrition Reviews*, 65: 63-77.
49. Ulloa O, Escribano R, Hormazábal S, Quiñones R, González R y Ramos M. 2001. Evolution and biological effects of the 1997-98 El Niño in the upwelling ecosystem off northern Chile. *Geophysical Research Letters*, 28: 1591-1594.