

Artículo

Eufáusidos epipelágicos de la Fosa de Cariaco

Luis González-Cebrero, Ramón Varela y Jaimie Rojas-Márquez

Resumen. Se determinó la composición, abundancia y distribución horizontal de los eufáusidos de la Fosa de Cariaco en dos cruceros oceanográficos: FOSA 1, septiembre de 2008 (en la temporada de estabilidad y lluviosa) y FOSA 2, marzo de 2009 (en la temporada de surgencia y sequía). La surgencia se manifestó específicamente en el sector costero oriental de la Fosa. Las muestras se obtuvieron con calados oblicuos desde 200 m o menos según la profundidad en la estación, con una red de 75 cm y malla de 200 μm . Se identificaron 14 especies de los géneros *Euphausia*, *Nematoscelis*, *Nictyphanes*, *Stylocheiron* y *Tysanopoda*. En FOSA 1 se encontraron estas especies en 13 estaciones, las de mayor abundancia fueron *Euphausia tenera*, *E. gibboides*, y *Stylocheiron carinatum*. En FOSA 2 se registraron 11 especies en 11 estaciones, las más abundantes fueron *Euphausia mutica*, *E. gibboides* y *E. tenera*. El género *Euphausia* fue el mejor representado en ambas oportunidades, con un 61 % durante la estabilidad y lluvia, y 80 % en la surgencia y sequía. En cambio el género *Stylocheiron* se presentó en un 30 % durante la estabilidad y disminuyó al 12 % en la surgencia. Las densidades máximas (400–800 Ind/1000 m^3) se observaron en temporada de surgencia en el centro y occidente sobre la zona profunda de la Fosa, pero no en el sector oriental donde esta se manifiesta. Mientras que en estabilidad las máximas fueron algo más bajas (300–500 Ind/1000 m^3) pero distribuidas de forma homogénea sobre toda el área de mayor profundidad. La diversidad de los eufáusidos fue mayor durante la estabilidad y en el centro de la Fosa (Índice Shannon 1,24–2,83) y menor en la surgencia (0,42–2,51), en particular hacia el oriente de la cuenca. No hubo diferencia significativa en la abundancia general de eufáusidos entre cruceros, pero sí hay diferencia significativa en su distribución y en la densidad por especie entre temporadas, *Euphausia tenera* y *Stylocheiron carinatum* definen la temporada de estabilidad y *E. gibboides* y *E. mutica* la de surgencia.

Palabras clave. Eufáusidos. Crustáceos. Zooplankton. Fosa de Cariaco. Mar Caribe. Venezuela.

Epipelagic euphausiids of the Cariaco Basin

Abstract. Composition, abundance, and horizontal distribution of euphausiids in the Cariaco Basin were determined from samples collected during two oceanographic campaigns: FOSA 1 in September 2008 (rainy season, non-upwelling period) and FOSA 2 in March 2009 (dry season, upwelling period). Upwelling was specifically manifested in the eastern coastal sector of the Basin. Samples were collected within the upper 200 m, or less in shallower stations, using oblique net tows and a mesh size of 200 μm . 14 euphausiid species of the genera *Euphausia*, *Nematoscelis*, *Nictyphanes*, *Stylocheiron*, and *Tysanopoda* were identified. During FOSA 1 these species were found in 13 stations; the most abundant species in this campaign were *Euphausia tenera*, *E. gibboides* and *Stylocheiron carinatum*. During FOSA 2, 11 species were identified in 11 stations with *Euphausia mutica*, *E. gibboides*, and *E. tenera* showing the highest abundances. *Euphausia* was the genus with more abundance during both campaigns: 61 % during the rainy, non-upwelling period, and 80 % during the dry, upwelling period. *Stylocheiron* represented 30 % of the euphausiid population during the upwelling period and dropped to 12 % during the non-upwelling period. The highest abundance (400–800 org/1000 m^3) were

observed during the upwelling period over the central and western sub-regions, where the basin is deepest (>200 m depth). Surprisingly, the highest euphausiids abundances were not observed in the eastern sub-region where upwelling is strongest. During the non-upwelling period, however, the maximum abundances were lower (300–500 org/1000 m³). During this period, the euphausiid spatial distribution over the basin was more homogeneous and somewhat concentrated in the area where the basin is deepest. Species diversity was higher during the non-upwelling period (Shannon index=1.24–2.83) versus the upwelling period (0.42–2.51). Overall euphausiids abundances were not statistically different among FOSA 1 and FOSA 2 campaigns. We did find statically significant differences in the spatial distribution and species composition of the euphausiids populations between sampling periods. However, the species composition of the euphausiids population did vary between sampling periods; *E. tenera* and *S. carinatum* were dominant during the non-upwelling period whereas *E. giboides* y *E. mutica* dominated the population during the upwelling period.

Key words. Euphausiids. Crustacean. Zooplankton. Cariaco Basin. Caribbean Sea. Venezuela.

Introducción

Existe una amplia literatura sobre la importancia de los eufáusidos desde el punto de vista ecológico y oceanográfico en el ecosistema marino (Björnberg 1971, Mauchline 1980, Brinton 1996, Nicol 2003, Letessier, *et al.* 2009). En relación al mar Caribe en general, se cuenta con los trabajos de James (1971), Owre y Foyo (1972), Michel y Foyo (1976), Castellanos (1998), Castellanos y Gasca (2002), Castellanos y Suárez-Morales (2009). Sin embargo, para el Caribe venezolano en particular la literatura es escasa, contando sólo con los artículos de Legaré (1961) y Cervigón y Marcano (1965) en la zona nororiental, y González-Cebrero y Buitrago (2016) para la zona centro occidental.

Estos crustáceos marinos holoplanctónicos realizan amplias migraciones verticales, y son uno de los organismos que contribuyen de forma activa al transporte de carbono orgánico hacia las zonas profundas del océano (Schnack-Schiel e Isla 2005, Tarling y Johnson 2006). Su abundancia numérica en océanos tropicales abiertos fluctúa entre el 2 y 10 % del zooplancton, donde también tiende a ser mayor la riqueza de especies de eufáusidos (Castellanos y Suárez-Morales 2009). Longhurst (1985) estableció que los eufáusidos representan entre el 20 y el 40 % de la biomasa del zooplancton en todos los océanos, pero se considera que debido al comportamiento de estos crustáceos de concentrarse en enjambres (*swarms*) la densidad de varias especies parece estar aún subestimada.

El propósito de este estudio es dar a conocer la composición, distribución y abundancia de este importante grupo de crustáceos holoplanctónicos en la región de la Fosa de Cariaco, como un aporte al conocimiento de los organismos que habitan en este singular ecosistema marino. Basados en trabajos de varios autores, Castellanos y Suárez-Morales (2009) indican que han sido reconocidas para todo el mar Caribe un total de 30 especies de eufáusidos, de las cuales 14 se han registrado en el presente estudio. Considerando los anteriores artículos sobre la presencia de este grupo en el mar Caribe venezolano se han señalado un total de 23 especies para las aguas marinas del país (Legaré, 1961, Cervigón y Marcano, 1965, González-Cebrero y Buitrago 2016).

Materiales y métodos

Área de estudio

La Fosa de Cariaco es una depresión del fondo marino dentro de la plataforma continental del Oriente de Venezuela, es de origen tectónico con una profundidad de alrededor de 1400 m, tiene una forma oval, con el eje mayor orientado en dirección este - oeste con una longitud de 200 km y varía entre 40 y 75 km de sur a norte. Es la unión de dos grandes sub-cuencas, la occidental es mayor y algo más profunda que la oriental (Figura 1). Está delimitada al norte por una cresta o umbral con una profundidad menor a 100 m en su mayor extensión, con dos pasos; uno al nordeste con 135m (entre las islas de La Tortuga y Margarita) y otro al noroeste de 146 m (cerca del Farallón Centinela). El umbral restringe el movimiento del agua profunda y el intercambio con el océano adyacente, y la cuenca entera constituye una trampa natural de sedimentos dentro de una plataforma continental. Esta característica es peculiar en los mares abiertos del globo, pues la muy limitada mezcla del agua dentro de la depresión y la descomposición del material orgánico que va sedimentando desde la superficie, crea una sub-oxia y anoxia en las aguas profundas (>250 m) (Muller-Karger *et al.* 2004). Por tanto, aunque las aguas superficiales de la Fosa tienen unas características similares al resto del Caribe, las aguas profundas son marcadamente diferentes en sus características bio-geoquímicas. Es de interés conocer cómo esto puede influir en la distribución del zooplancton y su migración vertical.

En la sub-cuenca oriental se encuentra la estación CARIACO de la Serie de Tiempo Oceanográfica homónima que está en desarrollo desde 1995 y que conducen la Estación de Investigaciones Marinas de Margarita de la Fundación la Salle de Ciencias Naturales y el Institute of Maine Remote Sensing de la Universidad del Sur de Florida (Muller-Karger, *et al.* 2010). El presente estudio fue realizado en el marco de este proyecto con el material obtenido de dos cruceros oceanográficos que abarcaron toda el área de la Fosa, como información complementaria a la obtenida de forma regular en la Serie de Tiempo.

Muestras de zooplancton

Para este trabajo se revisaron 35 muestras de zooplancton provenientes de 18 estaciones, colectadas en dos cruceros oceanográficos realizados del 1 al 5 de septiembre de 2008 (FOSA 1) y del 9 al 13 de marzo de 2009 (FOSA 2) a bordo del B/O Hermano Ginés. En septiembre se encontraron eufáusidos en 13 estaciones, y correspondió con el período climático de lluvia y de mayor estratificación de las aguas superficiales en la región o de estabilidad; mientras que en marzo los eufáusidos se encontraron en 11 estaciones, en el período seco o de surgencia y de mayor mezcla de las aguas superficiales (Tabla 1). Para la colecta se utilizó una red cilindro cónica de 75

cm de diámetro de boca y una malla de 200 micras. La toma de las muestras se hizo con calados oblicuos hasta la superficie, la mayoría desde los 200 m si la batimetría de la estación lo permitía (Tabla 1). Los calados con la red se efectuaron en seis de las estaciones durante horas diurnas (06:30 a 17:45) y en otras seis durante la noche (19:55 a 05:20), coincidiendo la fase del día en las mismas estaciones para ambos cruceros, excepto para la estación 35. (Tabla 2). Las estaciones seleccionadas para este estudio ocuparon el área sobre las dos sub-cuencas profundas que componen la Fosa de Cariaco, excepto la estación 36 situada en el límite norte del umbral, ya externa a la Fosa (Figura 1). Otras cinco estaciones cercanas a la costa y de menor profundidad (< 50 m) entre Unare y el cabo Codera no se incluyeron en el análisis por no presentar eufáusidos en ninguno de los cruceros. En el aro de la red se incorporó un medidor de flujo General Oceanics™ para calcular el volumen de agua filtrado por la red en cada calado y determinar la densidad de individuos presentes (Boltovskoy 1981). Los valores se expresan en número de individuos por cada 1000 m³ de agua filtrada por la red. Las muestras fueron preservadas en una solución de formaldehído al 4 % con agua de mar filtrada y agregando tetraborato de sodio para neutralizar la solución. De cada muestra, se extrajeron, contaron e identificaron todos los ejemplares de eufáusidos tanto adultos como juveniles. Para la identificación de los organismos se utilizó una placa de Bogorov, una lupa binocular estereoscópica Bauch & Lomb™ y un microscopio binocular Swift™. El análisis taxonómico se basó en los trabajos de: Boden *et al.* (1955), Mauchline y Fisher (1969), Baker *et al.* (1990), Brinton (1996), Brinton *et al.* (1999) y Boltovskoy (2005). Para calcular la diversidad de especies, se utilizó el índice de Shannon-Weaver, los valores de este índice y otros parámetros relacionados con la cantidad de especies y densidad de eufáusidos, así como los datos ambientales se resumen en la tabla 1.

Análisis estadísticos

Para las comparaciones entre temporadas y entre muestras tomadas durante la noche y durante el día se empleó el test de Kruskal-Wallis y Friedman empleando el programa Statgraphics® Centurion XVI.

Los datos de abundancia específica de los eufáusidos obtenidos en cada una de las estaciones se procesaron con el software “PRIMER V6 y Permanova add-on” trabajando la matriz estandarizada para el posterior análisis de similitud con Bray-Curtis para las abundancias de las especies de eufáusidos entre las estaciones de muestreo, con el fin de identificar patrones espaciales entre las dos épocas. Se aplicaron pruebas no paramétricas como el análisis estadístico ANOSIM (análisis de similaridad) para establecer si existe diferencia significativa entre la densidad de los eufáusidos y las épocas de muestreos. Además, se realizó un SIMPER (porcentaje de similaridad) para conocer cuáles de las especies contribuyen y caracteriza a cada una de las épocas estudiadas.

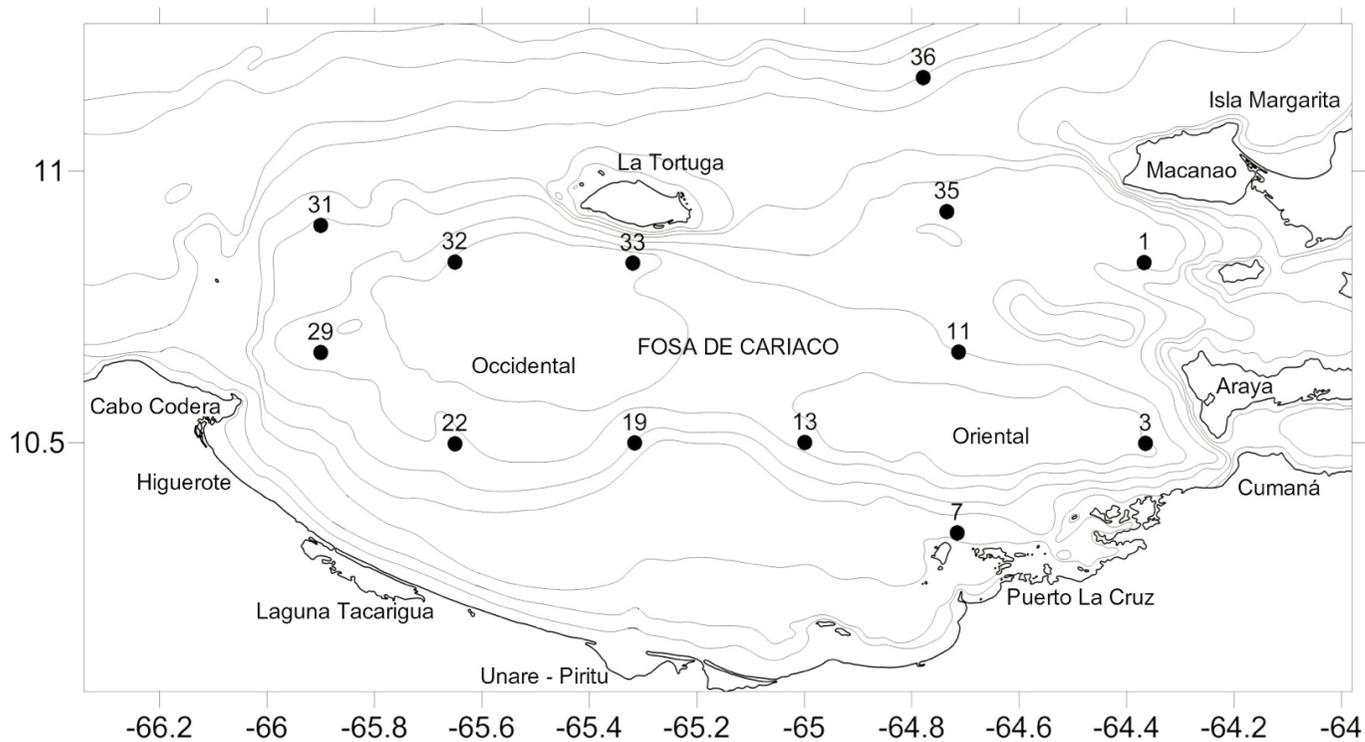


Figura 1. Ubicación de las estaciones oceanográficas en la Fosa de Cariaco donde se colectaron muestras de eufáusidos durante los cruceros FOSA 1 (septiembre 2008) y FOSA 2 (marzo 2009).

Tabla 1. Variables de la población de eufáusidos y variables ambientales en la Fosa de Cariaco, durante los cruceros FOSA 1 (septiembre 2008) y FOSA 2 (marzo 2009). Los datos ambientales son los medidos en la superficie.

Crucero	Estación	Especies número	Diversidad Shannon	Densidad Ind/1000 m ³	Profundidad calado m	Temperatura °C	Salinidad	Silicatos µM	Clorofila a µg L ⁻¹
FOSA 1	1	4	1,73	342	200	29,7	36,37	1,63	0,11
FOSA 1	3	3	1,59	17	200	28,9	36,29	0,00	0,17
FOSA 1	7	1	0,00	117	30	28,9	36,28	1,98	0,15
FOSA 1	11	7	2,17	334	200	29,0	36,29	0,00	0,10
FOSA 1	13	6	2,11	521	200	29,1	36,24	1,46	0,10
FOSA 1	19	5	1,47	364	80	29,2	36,14	0,88	0,19
FOSA 1	22	5	1,50	183	200	29,4	36,11	1,02	0,17
FOSA 1	29	5	1,75	437	200	29,2	35,55	1,47	0,07
FOSA 1	31	4	1,24	213	150	29,2	35,70	1,43	0,09
FOSA 1	32	7	2,13	354		29,4	36,10	1,00	0,11
FOSA 1	33	9	2,83	282	200	29,3	36,16	2,88	0,11
FOSA 1	35	3	1,31	37	200	29,0	36,40	3,40	0,15
FOSA 1	36	5	1,77	118	200	29,0	36,13	0,97	0,09
FOSA 2	1	2	0,42	273	200	24,3	36,71	0,05	1,73
FOSA 2	3	2	0,92	76	200	23,2	36,80	0,47	1,77
FOSA 2	7	0	0,00	0	40	22,7	36,86	2,93	1,47
FOSA 2	11	4	1,38	161	200	24,6	36,87	0,38	0,14
FOSA 2	13	5	1,01	425	200	24,5	36,91	2,09	0,11
FOSA 2	19	1	0,00	830	100	25,1	36,92	0,00	0,11
FOSA 2	22	7	1,73	654	150	25,5	36,88	1,57	0,13
FOSA 2	29	9	2,51	581	200	25,2	36,91	0,55	0,16
FOSA 2	31	2	0,51	116	100	25,6	36,93	0,47	0,13
FOSA 2	32					25,5	36,92	0,55	0,15
FOSA 2	33	6	1,81	464	400	24,8	36,91	0,20	0,30
FOSA 2	35	2	0,97	73	200	24,7	36,89	0,30	0,18
FOSA 2	36	3	1,56	54	200	24,3	36,73	0,00	0,12

Resultados

Los parámetros ambientales en la superficie se resumen en la tabla 1. En la temperatura se registró una disminución de septiembre a marzo ($\Delta = -4,6$ °C) y un incremento menos marcado en la salinidad ($\Delta = +0,73$). Durante el crucero FOSA 2 (marzo 2009) la temperatura es menor y la salinidad mayor debido al proceso estacional de surgencia en la región que coincide con el período de sequía. En temporada de estabilidad y lluvias (FOSA 1, septiembre 2008) los silicatos entre los nutrientes muestran una mayor concentración ($\Delta = +0,66$ µM) lo que indica que las aguas de origen continental influyeron en el área. La clorofila es un estimador de la cantidad y distribución del fitoplancton, alimento básico para los eufáusidos. A nivel superficial la concentración de clorofila fue baja en ambos cruceros ($< 0,3$ µg L⁻¹), solo fue superior en las estaciones orientales costeras en marzo ($1,7$ µg L⁻¹ Tabla 1). No obstante la clorofila muestra máximos a 40–60 m de profundidad ($> 0,5$ µg L⁻¹) en toda la extensión de la cuenca en ambas épocas (más información en Lorenzoni *et al.* 2017 en este volumen).

Se identificaron 14 especies de eufáusidos pertenecientes a los géneros: *Euphausia*, *Nematoscelis*, *Nictyphanes*, *Stylocheiron* y *Tysanopoda* en la temporada de estabilidad y lluviosa, mientras que en la temporada de surgencia y seca se encontraron 11 de esas

especies (Tabla 2). Los eufáusidos más abundantes ($> 5\%$) en el primer crucero fueron: *Euphausia tenera*, *E. gibboides*, *Stylocheiron carinatum*, *E. mutica*, *S. affine*, *S. abbreviatum*, *Nycthiphanes simplex* y *E. americana*; en conjunto alcanzaron el 96 % de la densidad promedio total. Mientras que en el segundo, durante la surgencia, dominaron menos especies: *Euphausia mutica*, *E. gibboides*, *E. tenera*, *Nycthiphanes simplex*, *Stylocheiron carinatum*, que sumaron el 92% de los individuos. (Tabla 2). Las especies *Euphausia pseudogibba*, *Nematoscelis microps* y *Tysanopoda tricuspadata* estuvieron ausentes en las muestras de la temporada de surgencia. Estas tres especies junto con *Nematoscelis tenella*, *N. atlantica* y *Stylocheiron longicorne* fueron poco frecuentes en las muestras de ambos cruceros. Se destaca la particularidad que *Nematoscelis atlantica* fue la especie dominante en la estación 36 (durante FOSA 1) situada en el umbral norte fuera de los límites geográficos de la cuenca anóxica, y *Nycthiphanes simplex* fue dominante en la estación 1 en ambos cruceros, no registrándose en la mayoría de las otras estaciones. Las especies del género *Euphausia* fueron las más frecuentes con el 61 % del total de individuos en el período de estabilidad, y el 80% en el de surgencia. Pero la contribución por especie de este género varía, *E. mutica* y *E. gibboides* incrementaron su densidad durante la surgencia, en contraste *Euphausia tenera* mostró una significativa disminución. Igualmente, las tres especies más abundantes de *Stylocheiron* disminuyeron su representación del 30 % al 12 % en la surgencia (Tabla 2 y Figura 2).

La densidad total promedio de eufáusidos por época fue algo mayor en la temporada de surgencia con 308,8 Ind/1000 m³ mientras que en la de estabilidad fue de 255,4 Ind/1000 m³ (Tabla 2). Sin embargo, un análisis estadístico Kruskal-Wallis y Friedman indica que la diferencia no es significativa ($p= 0,129$). Los valores de la densidad de las especies dista de seguir una distribución normal y hay una amplia varianza en las densidades por estación, pues se obtuvieron valores nulos en unas estaciones y altos en otras para una misma especie y crucero.

En la tabla 2 se muestra la abundancia de las especies, por estación y crucero, indicándose además cuáles estaciones se ocuparon durante la noche o el día. Una misma estación fue visitada en el mismo período del día en ambos cruceros, a excepción de la estación 35. Una comparación de las densidades calculadas de las muestras obtenidas durante el día de aquellas obtenidas durante la noche, muestra una mayor densidad de individuos en las estaciones visitadas en la noche; esta diferencia es más amplia en el crucero FOSA 2, aunque esto no es estadísticamente significativo por la amplia varianza en los datos ($p= 0,147$).

Se puede plantear un patrón en la distribución espacial, pues se observó una clara tendencia a que las mayores densidades de individuos se concentraron hacia el centro de la Fosa en la estación 13 en la temporada de estabilidad (septiembre 2008) y las siguientes estaciones con mayor número de individuos se distribuyeron de este a oeste a lo largo de la zona más profunda de la depresión, desde la estación 1 al sur de Macanao hasta la 29 hacia cabo Codera (Figura 3). En la segunda campaña (marzo 2009), el área con mayor densidad se encontró igualmente hacia el centro de la cuenca en la estación 19, pero en esta oportunidad la zona con los valores mayores se ubicaron sobre la cuenca occidental, siendo más bajos en el sector oriental, marcando un cambio en la distribución entre períodos.

Tabla 2. Densidad de eufáusidos por estación en la Fosa de Cariaco, durante los cruceros FOSA 1 (septiembre 2008) y FOSA 2 (marzo 2009). Densidad promedio general por especie y campaña, y en las muestras obtenidas durante la noche y en el día. Los valores representan la cantidad de individuos en 1000 m³, excepto en la columna porcentaje.

Especie	Crucero FOSA	Estaciones											Promedio por especie		Promedio			
		1	3	7	11	13	19	22	29	31	32	33	35*	36	%	Noche	Día	
<i>Euphausia gibboides</i>	1	0,0	0,0	0,0	27,8	133,0	92,4	120,2	98,9	0,0	171,4	62,0	0,0	0,0	54,3	21,3	34,0	20,3
	2	23,4	50,3	0,0	99,4	346,4	0,0	418,5	169,7	0,0		22,8	29,3	20,1	98,3	31,8	94,7	3,6
<i>Euphausia mutica</i>	1	57,0	5,8	0,0	74,2	194,0	0,0	6,3	0,0	0,0	5,7	39,5	0,0	0,0	29,4	11,5	24,6	4,8
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	830,0	104,5	111,0	0,0		289,0	44,0	20,1	116,6	37,7	45,7	70,8
<i>Euphausia tenera</i>	1	85,4	5,8	117,4	46,4	116,3	221,8	31,6	19,8	38,1	28,6	45,1	9,3	6,2	59,4	23,2	20,4	39,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	17,4	156,6	103,3		38,0	0,0	0,0	26,9	8,7	18,3	8,6
<i>Euphausia americana</i>	1	0,0	0,0	0,0	153,1	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	12,6	4,9	12,6	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,7	0,0		0,0	0,0	0,0	4,9	1,6	4,9	0,0
<i>Euphausia pseudogibba</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,4	0,2	0,4	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nematoscelis tenella</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	1,3	0,5	1,3	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0		0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,5	0,0
<i>Nematoscelis atlantica</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,2	5,3	2,1	0,0	5,3
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0		0,0	0,0	0,0	1,1	0,4	1,1	0,0
<i>Nematoscelis microps</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	0,0	0,9	0,3	0,0	0,9
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nyctiphanes simplex</i>	1	170,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	5,1	0,0	13,1
	2	249,2	0,0	0,0	0,0	23,6	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	22,7	7,4	2,0	20,8
<i>Stylocheiron carinatum</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	244,1	152,3	74,3	62,0	23,4	31,1	45,2	17,7	23,5	21,6
	2	0,0	25,2	0,0	45,9	39,4	0,0	34,9	45,7	0,0		53,2	0,0	0,0	20,4	6,6	20,4	0,0
<i>Stylocheiron affine</i>	1	28,5	5,8	0,0	13,9	22,2	37,0	6,3	46,2	7,6	40,0	16,9	0,0	12,4	18,2	7,1	8,6	9,7
	2	0,0	0,0	0,0	7,6	7,9	0,0	17,4	13,0	12,9		30,4	0,0	0,0	7,4	2,4	6,4	1,1
<i>Stylocheiron abbreviatum</i>	1	0,0	0,0	0,0	13,9	49,9	0,0	19,0	28,4	15,3	22,9	28,2	4,7	0,0	14,0	5,5	10,7	3,3
	2	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0	0,0	43,6	6,5	0,0		30,4	0,0	0,0	7,3	2,4	7,3	0,0
<i>Stylocheiron longicorne</i>	1	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,4	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	0,0	0,0		0,0	0,0	13,4	2,6	0,8	1,5	1,1
<i>Tysanopoda tricuspidata</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	1,0	0,4	0,0	1,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totales por estación	1	342	17	117	334	521	364	183	437	213	354	282	37	118	255			
	2	273	76	0	161	425	830	654	581	116		464	73	54	308			

Notas: Número de estación sombreado en gris indica que fue ocupada durante la noche, (*) estación 35 durante el día en FOSA 1, en la noche en FOSA 2. Estación 7 fue poco profunda 30-40 m. Estación 36 fuera de los límites geográficos de la Fosa de Cariaco, en el umbral norte. Columna % indica la proporción del promedio por especie en referencia al total para esa campaña; 255 en FOSA 1 y 308 en FOSA 2.

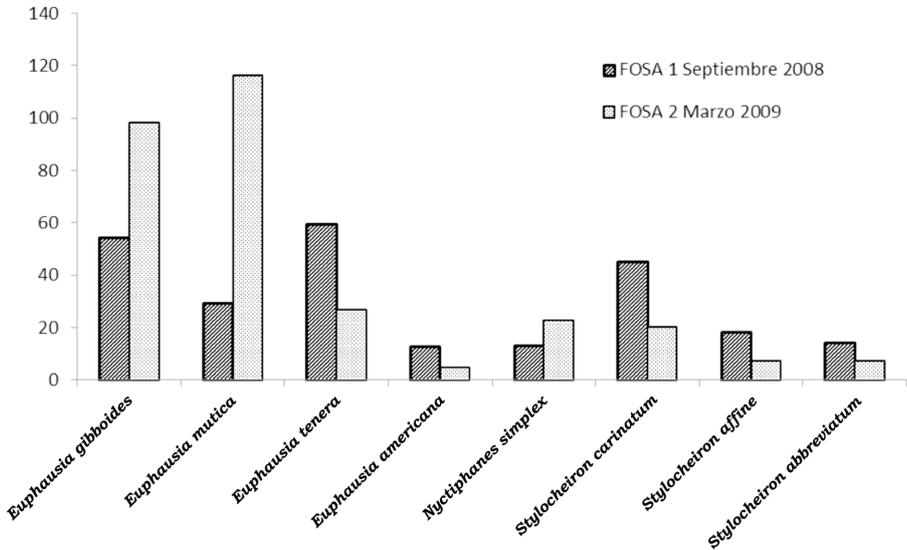


Figura 2. Número promedio de individuos en 1000 m³ de agua de mar de las especies más abundantes de eufáusidos en la Fosa de Cariaco, valores obtenidos durante los cruceros FOSA 1 (septiembre 2008) y FOSA 2 (marzo 2009).

Al realizar el análisis estadístico no paramétrico ANOSIM se encontró que existe diferencia significativa ($R\ 0,186$; $p < 1\%$) entre la densidad específica de los eufáusidos y las épocas en que se realizaron los muestreos.

El análisis no paramétrico para conocer cuál o cuáles de las especies de eufáusidos contribuyen más en similitud de cada época y cuál o cuáles son las especies que contribuyen a la disimilitud de las dos épocas, muestra el siguiente resultado. Según el porcentaje de similitud obtenido las especies que contribuyen más a la caracterización de la época de estabilidad (FOSA 1) tenemos a *Euphausia tenera* 45,21 % y *Stylocheiron carinatum* 15,47 % y para la época de surgencia (FOSA 2) son *Euphausia gibboides* 56,64 % y *Euphausia mutica* 28,07 %. Las especies que contribuyen a la separación de estas dos épocas son *Euphausia gibboides* 20 %, *Euphausia tenera* 20 %, *Euphausia mutica* 18 %, y *Stylocheiron carinatum* 14 % explicando una contribución acumulada del 72 % de la disimilaridad.

La diversidad más alta de eufáusidos ($> 2,0$) se registró en el período de estabilidad y lluvias, en las estaciones 11; 13; 32 y 33 (Tabla 1, Figura 4) las dos primeras sobre la depresión oriental de la Fosa, y las dos últimas en el borde norte de la depresión occidental cerca de la isla La Tortuga. En el período de surgencia solo la estación 29 tuvo un valor alto (2,51) en el borde oeste de la depresión occidental. Los valores más elevados en ambas temporadas se hallaron en las estaciones con el mayor número de especies.

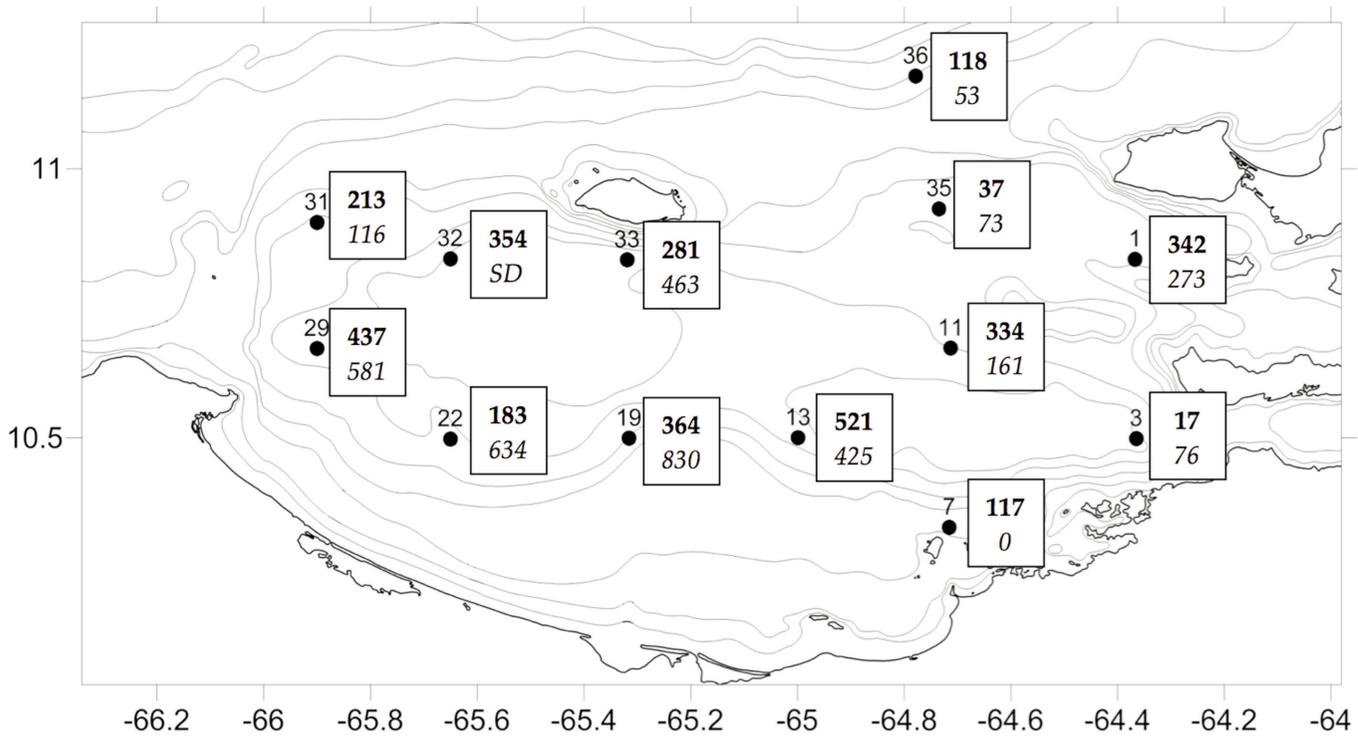


Figura 3. Valores promedio del número de eufáusidos en 1000 m³ en cada estación muestreada para los cruceros FOSA 1 número superior (septiembre 2008) y FOSA 2 número inferior en los cuadros (marzo 2009).

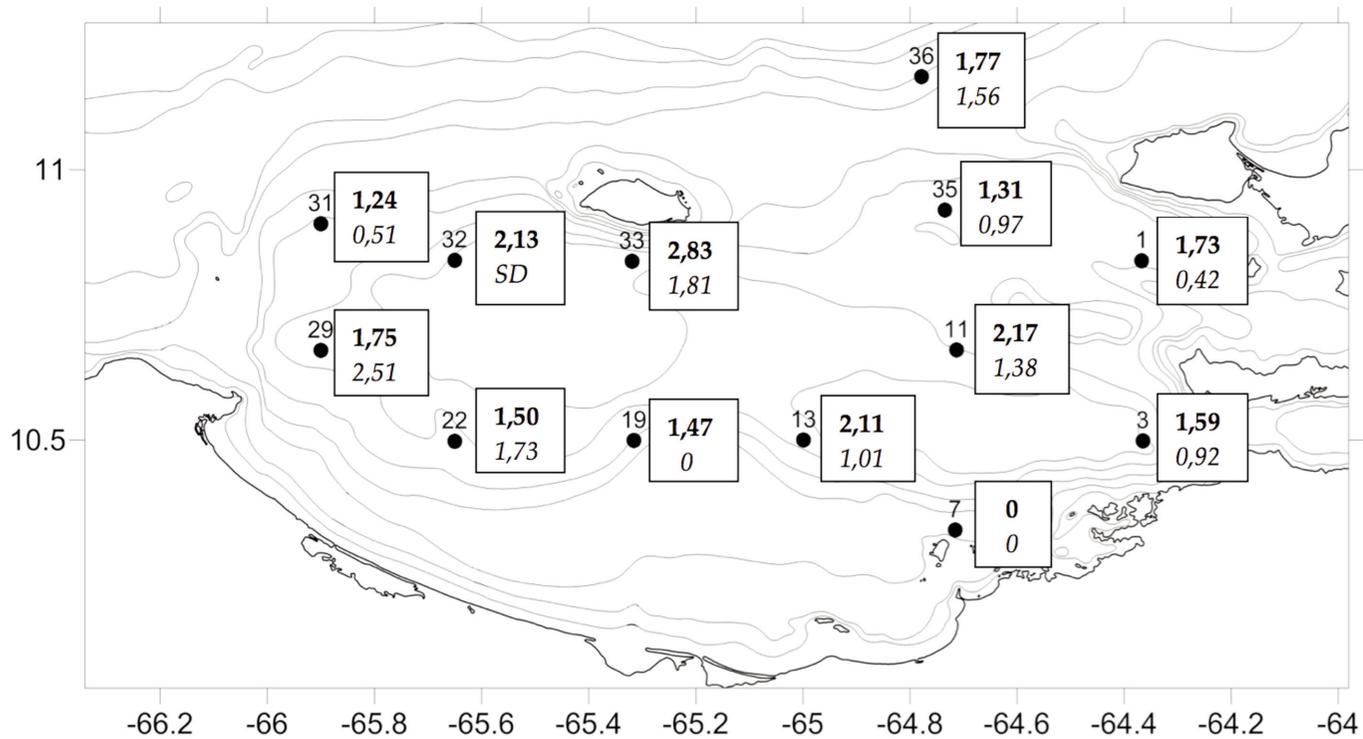


Figura 4. Valores del índice de diversidad (Shannon-Weaver) de eufáusidos por estación en los cruceros FOSA 1 número superior (septiembre 2008) y FOSA 2 número inferior en el cuadro (marzo 2009).

Discusión

De las 30 especies de eufáusidos conocidas para el toda la región del Caribe (Castellanos y Suárez-Morales 2009) 14 especies se indican en el presente trabajo, que sumadas a *Nyctiphanes couchi* y *Nematobranchion boopis* encontradas previamente en esta misma zona (Cervigón y Marcano 1965) totalizan 16 especies para la Fosa de Cariaco y 23 para el mar Caribe venezolano (González-Cebrero y Buitrago, 2016). Hay que considerar que todas las muestras en las que se basan los pocos trabajos realizados en el Caribe venezolano fueron obtenidas principalmente en la zona epipelágica (entre 0–200 m), en consecuencia es posible la presencia de otras especies de hábitats más profundos y oceánicos. De todas las especies aquí identificadas para la Fosa solo *Nematoscelis tenella* es considerada como mesopelágica, además de *Nematobranchion boopis* encontrada por Cervigón y Marcano (1965).

Se observa que *Euphausia* incrementa su presencia en la temporada de surgencia, mientras que *Stylocheiron* disminuye. A su vez dentro de estos géneros se encuentran diferencias entre las especies. La especie *Euphausia mutica* es la que presenta una diferencia manifiesta, al ser un 26 % más abundante en la temporada de surgencia, le sigue en el mismo sentido *Euphausia gibboides*, pero *Euphausia tenera* es en cambio un 14 % menos abundante (Tabla 2, Figura 2). *Stylocheiron carinatum* es la especie dentro de ese género que muestra una pronunciada reducción. Esto indica que hay un cambio temporal en la estructura de la comunidad, que puede estar mejor relacionado con cambios en la composición del fitoplancton que por cambios en las condiciones físicas del mar. Los cambios ambientales tanto a corto plazo (estacionales) como a largo plazo no parecen ser muy contrastados en este ecosistema (Lorenzoni *et al.* 2017), pero en cambio se encuentran notables diferencias en la relativa abundancia de los grupos y especies dominantes de la comunidad del fitoplancton (Mutshinda *et al.* 2013).

El análisis estadístico ANOSIM indica que la diferencia entre las densidades de las especies de los eufáusidos de las dos épocas es mayor que las disimilitudes dentro de las épocas. Los porcentajes de similaridad muestran que es posible atribuir a determinadas especies una caracterización de las épocas así como una separación de las mismas, para la época de estabilidad son características *Euphausia tenera* y *Stylocheiron carinatum* y para la de surgencia *Euphausia gibboides* y *Euphausia mutica*.

La abundancia de los géneros *Euphausia* y *Stylocheiron* en la Fosa de Cariaco es similar a la encontrada en el Golfo de México por Castellanos y Gasca (1999). Los valores de densidad de eufáusidos en las muestras tomadas de modo habitual para zooplancton pudieran tener limitaciones por dos causas, primero que estos organismos suelen formar enjambres, lo que puede explicar en parte la alta variabilidad en el número de organismos capturados por calada, y segunda que hay que considerar la habilidad que poseen estos crustáceos de eludir las redes de zooplancton (Brinton 1967). Esto hace suponer que la cantidad de eufáusidos está subestimada así como en la riqueza de especies, por lo que es probable que se incremente el número de especies en el Caribe venezolano, con estudios de muestras que incluyan las zonas mesopelágica y batipelágica, y empleando además redes de mayor tamaño.

Las características ambientales de las aguas superficiales son diferentes entre cruceros. El análisis de componentes principales en cuanto a las variables físico-químicas las separa por una relación inversa entre la temperatura, salinidad y en parte entre la salinidad y los silicatos (Figura 5). También hay una diferencia en cuanto al sector geográfico, las aguas frías, más salinas y con mayor cantidad de clorofila en la superficie durante la surgencia estuvieron confinadas al sector suroriental, mientras que en la temporada de estabilidad las características de las aguas son uniformes en toda el área de la Fosa (Lorenzoni *et al.* 2017). Se observa que los eufáusidos también muestran un cambio en su distribución en el área dependiendo de la época (Figura 3). Estos fueron más abundantes en sector centro occidental que en el oriental cuando estaba presente la surgencia, en cambio están mejor repartidos en ambos sectores en la temporada de estabilidad. Pero en ambas oportunidades los eufáusidos mostraron una mayor cantidad de individuos sobre las aguas profundas y centrales de la Fosa, aun considerando que en su capa profunda están presentes las aguas sub-oxicas y anóxicas, esto lleva a la pregunta de si eso es o no una barrera para la migración diaria de estos crustáceos. Sería conveniente realizar estudios a diferentes profundidades alcanzando al menos los 400 m, y en horas diurnas y nocturnas que permitan comprender el comportamiento migratorio de este y otros grupos del zooplancton sobre este ambiente particular, caracterizado por la deficiencia (250–350 m) o ausencia total de oxígeno e incremento del gas sulfhídrico (> 350 m) (Scranton *et al.* 2014).

Para determinar la diversidad en las muestras de eufáusidos se utilizó el índice de Shannon-Weaver ya que se considera como el que mejor expresa las probabilidades de encuentro inter-específico *versus* intra-específico (Fager 1972). La diversidad específica como se ha establecido es esencialmente una expresión de carácter y estado ecológico evolutivo de una comunidad. Una baja diversidad caracterizan ecosistemas inmaduros y perturbados, usualmente tienen una o pocas especies dominantes, fisiológica y ecológicamente bien adaptadas a ambientes fluctuantes e impredecibles. Lo opuesto se puede decir para comunidades de alta diversidad (Antezana 1976). En los cruceros FOSA se encontró una menor diversidad cuando hubo surgencia, influido sobre todo por la ausencia de tres especies que estaban presentes en la temporada de estabilidad, y también a que durante la surgencia se dan densidades mayores pero en menor cantidad de especies; la abundancia de individuos por especie es más pareja en la temporada de estabilidad. También la diversidad muestra diferencias desde el punto de vista espacial, en septiembre la biodiversidad fue mayor hacia el centro de la cuenca y menor en el resto de las estaciones periféricas (Figura 4). Situación que resulta diferente en marzo, cuando la estación con mayor biodiversidad estuvo en cabo Codera, mientras que fue muy baja en las estaciones orientales, donde la surgencia se manifiesta (Tabla 1, Figura 4). Esto sigue el criterio conocido de que ambientes inestables son menos diversos.

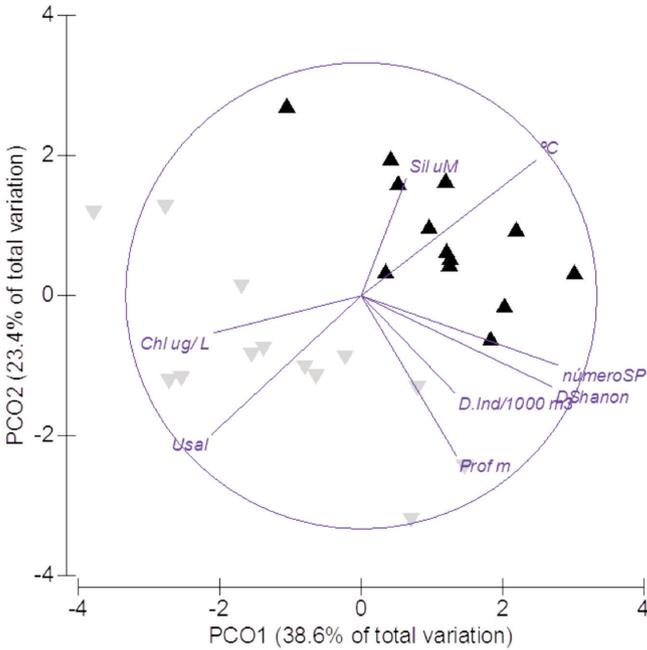


Figura 5. Análisis de coordenadas principales de parámetros ambientales y del número de especies, densidad y diversidad. Basado en los datos de los cruceros FOSA 1 (septiembre 2008) y FOSA 2 (marzo 2009), época de estabilidad y clima húmedo (FOSA 1 triángulo negro) y época de surgencia y clima seco (FOSA 2 triángulo gris).

Conclusiones

La composición específica de la población de eufáusidos no cambia de forma notable entre la época de estabilidad y de surgencia, lo que varía es la proporción relativa de las especies. Hay diferencias significativas entre la densidad específica de los eufáusidos y las épocas en que se realizaron los muestreos, las especies que definen las épocas son *Euphausia tenera* y *Stylocherion carinatum* en la época de estabilidad y *E. giboides* y *E. mutica* en la de surgencia.

Los eufáusidos se encontraron en mayor densidad sobre las aguas centrales y profundas de la Fosa, aun considerando la condición sub-oxica y anoxica de las aguas profundas. Se encontró una menor abundancia en las estaciones cercanas a la costa, en los focos de surgencia y en la periferia norte. Hubo una diferente distribución entre épocas, fueron más abundantes hacia el centro occidente en la Fosa de Cariaco durante la surgencia, mientras que en la temporada de estabilidad las áreas con mayor densidad estuvieron mejor repartidas a lo largo del eje este - oeste central.

La diversidad de las poblaciones de eufáusidos sigue un patrón similar a la densidad de la población, las estaciones con mayor diversidad son las están en el sector centro - oriental en la temporada de estabilidad, mientras que en la temporada de surgencia la mayor diversidad está en el extremo occidental y es menor cerca de las costas con la presencia de surgencia.

Agradecimientos. Este trabajo ha sido realizado a bordo del B/O Hermano Ginés (de Fundación La Salle de Ciencias Naturales) los autores agradecen la profesional colaboración de los miembros de la tripulación, esencial en el éxito de los cruceros FOSA 1 y FOSA 2. Estos cruceros fueron realizados como parte del proyecto Serie de Tiempo CARIACO. Un especial reconocimiento a Laura Lorenzoni y Frank Muller-Karger de IMARS (University of South Florida, USF) por lograr la posibilidad financiera y de equipamiento para poder realizar estos cruceros extraordinarios dentro de las actividades del proyecto. Este trabajo ha sido posible gracias al aporte del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación FONACIT-Venezuela.

Bibliografía.

- ANTEZANA, T. 1976. Diversidad y equilibrio ecológico en comunidades pelágicas. *En: Preservación del medio ambiente marino*. F. Orrego (ed.). Instituto de estudios Internacionales, Universidad de Chile. Edit. Univ. Técnica de Chile, Santiago, pp. 40-54.
- BAKER, A. DE C., B. P. BODEN Y E. BRINTON. 1990. A practical guide to the euphausiids of the world. British Museum (Natural History), London. 96 pp.
- BJÖRNBERG, T. K. S. 1971. Distribution of plankton relative to the general circulation system in the area of the Caribbean Sea and adjacent regions. *En: Coloquio sobre investigaciones y recursos del Mar Caribe y regiones adyacentes*. UNESCO, París. p. 343-356
- BODEN, B. P., M. W. JOHNSON, Y E. BRINTON. 1955. The Euphausiacea (Crustacea) of the north Pacific. *Bulletin Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California...*, 6: 287–400.
- BOLTOVSKOY, D. (EDITOR). 1981. Atlas del Zooplankton del Atlántico Sud occidental. Publicación especial del INIDEP, Mar del Plata, Argentina, 935pp.
- BOLTOVSKOY, D. (Editor). 2005. Zooplankton of the South Atlantic Ocean [CD-ROM]: a taxonomic reference work with identification guides and spatial distribution patterns. World Biodiversity Database CD-ROM Series. Expert Center for Taxonomic Identification (ETI): Amsterdam. ISBN 90-75000-76-6. 1 cd-rom pp.
- BRINTON, E. 1967. Vertical migration and avoidance capability of euphausiids in the California current. *Limnology Oceanography*, 12 (3):451–483.
- BRINTON, E. 1996. Euphausiacea IX. *En* R. Gasca y E. Suárez-Morales (eds.). *Introducción al estudio del zooplankton marino*. El Colegio de la Frontera Sur/CONACyT, México. p. 297–341.
- BRINTON, E., M. D. OHMAN, A. W. TOWNSEND, M. D. KNIGHT, Y A. L. BRIDGEMAN. 1999. Euphausiids of the World Ocean. World Biodiversity Database CD-ROM series. ETI Expert Center for Taxonomic Identification.

- CASTELLANOS, I. 1998. Distribución y abundancia de los eufáusidos del estrato superficial del Mar Caribe mexicano. *Caribbean Marine Studies*. 6: 1–11.
- CASTELLANOS, I. Y R. GASCA. 1999. Epipelagic euphausiids (Euphausiacea) and spring mesoscale features in the Gulf of Mexico. *Crustaceana* 79: 391–404.
- CASTELLANOS, I. Y R. GASCA. 2002. Eufáusidos (Crustacea: Malacostraca) del centro y sur del Mar Caribe mexicano. *Revista Biología Tropical*. 50(1): 77–85.
- CASTELLANOS, I., Y E. SUÁREZ-MORALES. 2009. Euphausiacea (Crustacea) of the Gulf of Mexico. *En: Gulf of Mexico, Origin, Water and Biota*. Darryl L. Felder and David K. Camp (eds.) p. 1013–1018.
- CERVIGÓN, F. Y P.J. MARCANO. 1965. Zooplankton. *Memoria Sociedad Ciencias Naturales La Salle* 25(70, 71 y 72): 263–358.
- FAGER, E. W. 1972. Diversity: A sampling study. *American Naturalist*. 106 (949):293-310.
- GONZÁLEZ-CEBRERO, L. Y J. BUTRAGO. 2016. Eufáusidos epipelágicos de la zona centro occidental del Caribe venezolano. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 73(“2013”) (n° 179–180): 5–15.
- JAMES, B. M. 1971. Gulf of Mexico deep sea fauna: Decapoda and Euphausiacea. Folio 20. *En: W.E. Pequegnat et al. (Eds.). Serial atlas of marine environment*. American Geographical Society. Nueva York. 24 p.
- LEGARÉ, J. E. H. 1961. Algunos eufausiáceos del Golfo de Paria, Golfo de Cariaco y delta del Orinoco, al oriente de Venezuela. *Boletín Instituto Oceanográfico Venezuela*: 131–148.
- LETESSIER, B., TOM, M. J. COX Y A. S. BRIERLEY. 2009. Drivers of euphausiid species abundance and numerical abundance in the Atlantic Ocean. *Marine Biology* 156: 2539–2553.
- LONGHURST, A. L. 1985. Relationship between diversity and the vertical structure of the upper ocean. *Deep-Sea Res* 32: 1535–1570
- LORENZONI, R. VARELA, D. RUEDA, F. MULLER-KARGER, J. ROJAS, L. GUZMÁN, Y. ASTOR Y E. MONTES. 2017. La Fosa de Cariaco: Cambios espaciales y estacionales en la hidrografía y bioquímica de la región de la Fosa de Cariaco. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* (en este mismo volumen)
- MAUCHLINE, J. 1980. The biology of mysids and euphausiids. *Advances in Marine Biology* 18: 1–681.
- MAUCHLINE, J. Y L. R. FISHER, 1969. The biology of euphausiids. *Advances in Marine Biology* 7: 1–454.
- MICHEL, H. B. Y M. FOYO. 1976. Caribbean zooplankton. Part.1. Siphonophora, Heteropoda, Copepoda, Euphausiacea, Chaetognatha and Salpidae. Office Naval Research. Washington D.C. 549 p.
- MULLER-KARGER, F., R. VARELA, R. THUNNELL, M. SCRANTON, G. TAYLOR, J. CAPELO, Y. ASTOR, E. TAPPA, J. AKI, T-Y. HO. 2004. Características de la Fosa de Cariaco y su importancia desde el punto de vista oceanográfico. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* (64)161–162: 215–234.
- MULLER-KARGER, FRANK. E., R. VARELA, R. C. THUNELL, M. I. SCRANTON, G. T. TAYLOR, Y. ASTOR, C. R. BENITEZ-NELSON, L. LORENZONI, E. TAPPA, M. A. GOÑI, D. RUEDA, Y C. HU. 2010. The CARIACO Oceanographic Time Series. *In: Carbon and Nutrient Fluxes in Continental Margins: A Global Synthesis. JGOFS Continental Margins Task Team (CMTT)* Editors: K.-K. Liu, L. Atkinson, R. Quiñones, L. Talaue-McManus. Springer-Verlag New York. (2010) pp 454–463.

- MUTSHINDA, C. M., L. TROCCOLI-GHINAGLIA, Z. V. FINKEL, F. E. MULLER-KARGER, A. J. IRWIN. 2013. Environmental control of the dominant phytoplankton in the Cariaco Basin: a hierarchical Bayesian approach. *Marine Biology Research* 2013; 9: 247–261.
- 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.
- OWRE, H.B. Y M. FOYO, 1972. Studies on Caribbean zooplankton. Description of the program and results of the first cruise. *Bulletin Marine Science*. 22: 483–521
- SCHNACK-SCHIEL, S. B., Y E. ISLA. 2005. The role of zooplankton in the pelagic-benthic coupling of the Southern Ocean. *Scientia Marina* 69: 39–55.
- SCRANTON, M., G. TAYLOR, R. THUNELL, C. BENITEZ-NELSON, F. MULLER-KARGER, K. FANNING, L. LORENZONI, E. MONTES, R. VARELA, Y. ASTOR. 2014. Interannual and Subdecadal variability in the nutrient geochemistry of the Cariaco basin. *Oceanography* Vol. 27(1): 148–159.
- TARLING, G. A., M. L. JOHNSON. 2006. Satiation gives krill that sinking feeling. *Current Biology* 16: R83–R84.

Recibido: 16 octubre 2015

Aceptado: 18 septiembre 2016

Publicado en línea: 18 abril 2017

Luis González-Cebrero¹, Ramón Varela y Jaimie Rojas-Márquez

¹ Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Isla de Margarita, Venezuela. luchogon11@gmail.com

ramon.varela@fundacionlasalle.org.ve