

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS, EN LA ENSENADA DE TURPIALITO, GOLFO DE CARIACO, VENEZUELA

AUDELYS BLANCO¹, BRIGHTDOOM MÁRQUEZ-ROJAS^{2*} & OSCAR DÍAZ-DÍAZ³

¹Escuela de Ciencias, Dpto. de Biología, Universidad de Oriente.

Email: audelysb@gmail.com

^{2*}Lab. Zooplancton Marino, Dpto. Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela.

Email: bmaquez@udo.edu.ve

³Lab. Biología de poliquetos, Dpto. Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela.

Email: ofdiazd@gmail.com

*Autor de correspondencia

RESUMEN: Los foraminíferos planctónicos son sensibles a las variaciones del ambiente marino, convirtiéndose en herramientas vivas de detección de cambios del ecosistema en un momento dado; sin embargo, en el Golfo de Cariaco han sido muy poco estudiados. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la abundancia y composición de estos microfósiles. Las muestras se colectaron semanalmente, durante los periodos de surgencia (mayo-abril), transición (junio-julio) y relajación (octubre-noviembre) de 2014 a 2, 6, 10 y 16 metros de profundidad, a través de una botella de Niskin (5L), posteriormente fue filtrada con un tamiz de 100 µm (microzooplancton). Las variables abióticas y bióticas mostraron diferencias significativas con respecto al tiempo (semanas y periodos), mientras que la temperatura, oxígeno disuelto, nitrito y fosfato variaron verticalmente. Se identificaron cuatro especies de foraminíferos: *Gloroborotalia menardii*, *Hastigerina pelágica*, *Globigerina* sp₁ y *Globigerina* sp₂. La abundancia de foraminíferos presentó diferencias temporales, hallándose las mayores en relajación (33.700 org.m⁻³) y los más bajos en surgencia (1300 org.m⁻³). El ACC demostró diferencias marcadas entre las variables abióticas y bióticas y las especies dominantes en cada periodo.

Palabras claves: abundancia, foraminíferos planctónicos, composición, Turpialito.

ABSTRACT: Planktonic foraminifera are sensitive to variations in the marine environment, becoming living tools for detecting ecosystem changes at any given time; however in the Gulf of Cariaco they have been little studied. The present study aims to evaluate the abundance and composition of these microfossils. The samples were collected weekly, during the periods of upwelling (May-April), transition (June-July) and relaxation (October-November) from 2014 at 2, 6, 10 and 16 meters depth. Samples were taken with a Niskin bottle (5L), and they were subsequently filtered with a 100 µm mesh (microzooplankton). Abiotic and biotic variables showed temporal significant differences (weeks and periods), while temperature, dissolved oxygen, nitrite and phosphate varied vertically. Four species of foraminifera were identified: *Gloroborotalia menardii*, *Hastigerina pelagica*, *Globigerina* sp₁ and *Globigerina* sp₂. The abundance of foraminifera presented temporal differences, the largest being in relaxation (33,700 org.m⁻³) and the lowest in upwelling (1300 org.m⁻³). The ACC showed marked differences between the abiotic and biotic variables and the dominant species in each period.

Key words: abundance, Planktonic foraminifera, composition, Turpialito.

INTRODUCCION

Los foraminíferos son protozoos ameboides (unicelulares) de tamaño inferior a 1 mm, los cuales emiten pseudópodos citoplasmáticos que se ramifican y se fusionan para formar una red dinámica. Normalmente producen una envoltura que puede tener una o más cámaras, y están hechas de carbonato de calcio (conchas de pared calcítica), de sales de silíceo (conchas de pared silíceas) o de aglutinar partículas (conchas de pared arenácea) (ARENILLAS *et al.* 2000; CALONGE *et al.* 2001; FERNÁNDEZ 2010).

Los foraminíferos se encuentran entre los grupos de organismos más abundantes y científicamente importantes. Las pruebas de los foraminíferos planctónicos recientemente muertos son tan abundantes que forman una manta gruesa, más de un tercio de la superficie de la tierra (HAYWARD *et al.* 2017). Los foraminíferos son esencialmente protozoos marinos y estuarinos que viven en todos los ambientes desde las profundidades más grandes hasta el nivel más alto de la marea y desde el ecuador hasta los polos (ARENILLAS *et al.* 2000; CALONGE *et al.* 2001).

La ecología de los Foraminíferos se convirtió en una importante área de estudio a partir de la segunda mitad del siglo XX. En los últimos 30 años han aumentado considerablemente las investigaciones en este campo, debido principalmente a que el análisis de estos microorganismos puede proveer evidencias confiables (análogos) para la comprensión de los cambios ambientales que acontecieron en el pasado geológico. Sus conchillas son factibles de preservarse en el registro fósil y son componentes importantes de los sedimentos marinos (LEE *et al.* 2000; LANGER 2008).

Las formas bentónicas son más diversas y abundantes, mientras que la diversidad de foraminíferos planctónicos es considerablemente baja con apenas 44 especies modernas y un número aproximadamente igual de taxones crípticos. Los microorganismos como diatomeas, ciliados, flagelados y foraminíferos pequeños, así como copépodos, bacterias y pequeños crustáceos constituyen la fuente de alimento de la mayoría de los foraminíferos, también se alimentan por absorción de carbono orgánico disuelto y por simbiosis (NÁÑEZ & MALUMIÁN 2008).

Los foraminíferos planctónicos no tienen movimiento propio y habitan en capas de agua con determinadas características físico-químicas, por lo que se puede conocer la preferencia o resistencia de algunas especies con respecto a los diversos parámetros ambientales: temperatura, salinidad, nutrientes (MIRÓ 1971). La eficacia de los foraminíferos planctónicos como indicadores hidrológicos (BOLTOVSKOY 1974; MIRÓ 1971; LUZURIAGA DE CRUZ 1992) hace necesaria una correcta identificación de las especies en su utilización como herramientas de evaluación del ecosistema en épocas normales y en condiciones de surgencia costera estacional, cuyos efectos se hacen sentir en la zona nororiental del país.

A nivel mundial existen diversos trabajos de foraminíferos planctónicos, entre los que destacan BOLLI (1957), BELFORD (1962), BOLTOVSKOY & BOLTOVSKOY (1970), BOLTOVSKOY (1976), MARCHANT (1997), MARTÍNEZ & BEDOYA (2001), MOLINA (2004), COLAMA *et al.* (2005), JANNOU (2009), MARCHANT & GAJARDO (2010), CORTINA (2012), GAJARDO & GONZÁLEZ (2013), ARENILLAS & ARZ (2013), LUZURIAGA DE CRUZ (2014).

En Venezuela, los estudios sobre los foraminíferos planctónicos son escasos y dispersos; los primeros trabajos se iniciaron en la década de los años sesenta, con el trabajo de BERMÚDEZ (1960), quien estudió los foraminíferos planctónicos del Golfo de Venezuela,

posteriormente, SEIGLIE & BERMÚDEZ (1963), realizaron un estudio de la distribución de los foraminíferos del Golfo de Cariaco; ese mismo año, SEIGLIE dio a conocer una especie del género *Globigerina*; BERMÚDEZ & SEIGLIE (1963) efectuaron un estudio sistemático de los foraminíferos del Golfo de Cariaco. Unos años más tarde, DE MIRO & MARVAL (1967) dilucidaron los foraminíferos planctónicos vivos de la fosa de Cariaco y del Talud Continental de Venezuela; posteriormente, DE MIRO (1971) desarrolló un estudio de los foraminíferos planctónicos vivos y fósiles del margen continental de Venezuela. A partir de esta fecha, la información sobre los foraminíferos planctónicos en el Golfo de Cariaco se mantiene inédita. Sin embargo, algunos trabajos sobre el plancton en general refieren la presencia de estos protozoos, entre éstos destacan los de UROSA (1980), FIGUEROA (2002), MARÍN *et al.* (2004), GARCÍA (2013), RAMÍREZ (2013) y SERRANO (2015). De allí surge como objetivo de esta investigación evaluar la abundancia y composición vertical de los foraminíferos planctónicos, en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La Ensenada de Turpialito está situada a 13 km al este de Cumaná, localizada dentro del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela (10°27'30"N; 64°02'40"W). Esta ensenada es un cuerpo de agua somero y está protegida del oleaje por la Península de Araya, caracterizada por cambios hidrológicos debido a la surgencia costera relativamente estacional que se produce en la región nororiental de Venezuela (OKUDA *et al.* 1978; CASTELLANOS *et al.* 2002; ALVERA-AZCARATE *et al.* 2009, 2011; RUEDA-ROA & MULLER-KARGER 2013).

Toma de las muestras

Las muestras fueron colectadas semanalmente entre las 8:00 - 8:30 am desde una embarcación tipo peñero proporcionada por la Estación Hidrológica de Turpialito (Instituto Oceanográfico de Venezuela – Universidad de Oriente) durante los periodos de surgencia (marzo – abril), relajación (junio – julio) y transición (octubre – noviembre) de 2014. Las profundidades muestreadas fueron 2, 6, 10 y 16 m. Las muestras de microzooplancton fueron colectadas utilizando una botella de captación tipo Niskin de 5 L. El agua colectada se filtró a través de un tamiz de 100 µm y se agregó en envases plásticos previamente etiquetados, adicionándoles formaldehído al 4% neutralizado con bórax. Así mismo,

se tomaron muestras de agua de cada profundidad para la determinación de los nutrientes.

Igualmente, se tomaron medidas *in situ* mediante una sonda multiparamétrica de calidad del agua (YSI), para las lecturas de las variables temperatura (°C), salinidad y oxígeno disuelto (mg.L^{-1}). Los valores de Clorofila *a* y nutrientes fueron proporcionados por la Estación Hidrológica de Turpialito.

Análisis en el laboratorio

La cuantificación de los foraminíferos se realizó tomando en cuenta el total de los organismos; para ello se empleó un cámara de Bogorov y subsiguientemente separación bajo una lupa estereoscópica para identificar las posibles especies; para un análisis más detallado y una clara identificación se tomaron fotografías de alta definición bajo el microscopio electrónico; se utilizaron las referencias bibliográficas de BERMÚDEZ (1960), SEIGLIE (1963), DE MIRO & MARVAL (1967), DE MIRO (1971), BOLTOVSKOY (1981, 1999) y MOLINA (2004).

Análisis estadísticos

Con los datos obtenidos se construyeron matrices ambientales y biológicas. Con las variables abióticas (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, amonio, nitrato, fosfato) y biótica (clorofila *a*), se utilizó el estadístico de disimilaridad de la distancia Euclidiana. Posteriormente, se utilizó un análisis de varianza multivariado, con base en permutaciones (PERMANOVA, 9999 permutaciones, ANDERSON 2001), quedando definidos los factores fijos como: Periodo (surgencia, transición y relajación) y Profundidad (2, 6, 10 y 16 m), y los factores aleatorios, meses y semanas, para someter a prueba la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas entre las variables y los factores y su interacción.

Se organizaron matrices de abundancia y composición de foraminíferos, las cuales fueron analizadas con el índice de similitud Bray-Curtis (CLARKE 1993), previa transformación a raíz cuarta. Posteriormente, fue realizado un PERMANOVA con base en permutaciones (ANDERSON 2001).

La relación de las principales especies con las variables bióticas y abióticas, se determinó con Análisis de Correspondencia Canónica (ACC); este análisis fue realizado con el programa Multivariate Statistical Package versión 3.12 (MVSP 1985-2000).

RESULTADOS

Variables Abióticas

La temperatura del agua en la Ensenada de Turpialito, fluctuó entre 20,1 y 28,7 °C con una media de 24,0±2,2 °C. Se observó una variabilidad entre las semanas anidado al mes ($F=47,74$; $P<0,05$), también se hallaron diferencias significativas entre los periodos de muestreo anidado a la profundidad ($F=9,76$; $P<0,05$), siendo la temperatura media en la época de surgencia de 21,9±0,6 °C, en transición de 23,4±1,9 y relajación de 26,4±0,7 (Fig. 1 A, B).

La salinidad mostró gran fluctuación con valores entre 30 y 40 unidades, con una media de 35,2±2,1. Se observó una interacción significativa entre las semanas anidado a los periodos de estudio ($F= 5,87$; $P<0,05$). Con respecto a los periodos, en relajación se midieron los valores más altos (32-40) de salinidad mientras que en surgencia los más bajos (31-39; Fig. 1C,D).

El oxígeno disuelto presentó una variación de 2,5 a 10,8 mg.L^{-1} con una media de 5,7±1,4 mg.L^{-1} . Las variaciones en las concentraciones del oxígeno disuelto presentaron diferencias significativas entre las semanas anidado a los meses ($F=22,12$; $P<0,05$), la media del oxígeno disuelto en la época de surgencia fue de 6,7±1,5 mg.L^{-1} , en transición de 4,5±1,2 mg.L^{-1} y relajación 5,8±0,6 mg.L^{-1} (Fig. 1E). También se hallaron diferencias entre los periodos anidado a la profundidad ($F=8,92$; $P<0,05$), registrando a nivel superficial (2 y 6 m) las concentraciones más elevadas (Fig. 1F).

Las concentraciones de nitrito fluctuaron entre valores no detectables (ND) y 2,1 $\mu\text{mol.L}^{-1}$. Se hallaron diferencias significativas en los meses anidado al periodo por profundidad ($F=5,07$; $P<0,05$). También se hallaron diferencias significativas entre las semanas anidadas a los meses y periodos ($F=12,12$; $P<0,05$), lo que indica que el patrón de fluctuación semanal del nitrito es diferente entre los periodos (Fig. 2A). Con respecto a la profundidad a los 2 m se evidenciaron los valores más bajos (Fig. 2B).

El fosfato mostró valores desde ND hasta 1,2 $\mu\text{mol.L}^{-1}$. Las variaciones en las concentraciones del fosfato presentaron diferencias significativas entre las semanas anidado a los meses y periodos ($F=10,39$; $P<0,05$; Fig. 2C); también se hallaron diferencias significativas entre los periodos, encontrando al periodo de surgencia con las concentraciones más altas (Fig. 2D).

Variables Bióticas

La Clor *a* osciló entre 0,1 y 9,21 mg m⁻³ con una media de 2,0±2,5 mg m⁻³. La variabilidad en la concentración de Clor *a* ocurrió por el efecto combinado de las semanas anidado al mes y períodos (F=2,975; P<0,05), demostrando que en el período de surgencia se registraron las concentraciones más elevadas (media: 3,6 mg.m⁻³) de Clor *a* (Fig. 2E).

La abundancia de foraminíferos planctónicos, durante los tres períodos de estudio, estuvo representada por un total de 51.700 org.m⁻³, con un valor mínimo de 0 y un máximo de 10.000 org.m⁻³, con una media de 538,54±1397,54 org.m⁻³. Se encontraron diferencias significativas entre los períodos (F= 56,41; P<0,05), contabilizándose las abundancias

mayores en relajación (10.000 org.m⁻³), seguido por el periodo de transición (6.700 org.m⁻³), mientras que los valores más bajos de abundancia se hallaron en el periodo de surgencia con 1300 org.m⁻³ (Fig. 2F).

La comunidad de foraminíferos planctónicos en la Ensenada de Turpialito, estuvo constituida principalmente por *Globorotalia menardii*, cuya especie fue dominante en los tres períodos de estudio (100% surgencia; 69,46% transición y 92,88% relajación), seguida de *Hastigerina pelágica* (26,35%) y *Globigerina* sp₁ (4,19%) en transición, para finalizar *Globigerina* sp₂ (5,04%) y *Hastigerina pelágica* (2,08%) en relajación (Fig. 3; Cuadro 1).

En la Figura 4 A y B se muestra la ordenación de las especies de foraminíferos planctónicos con las variables

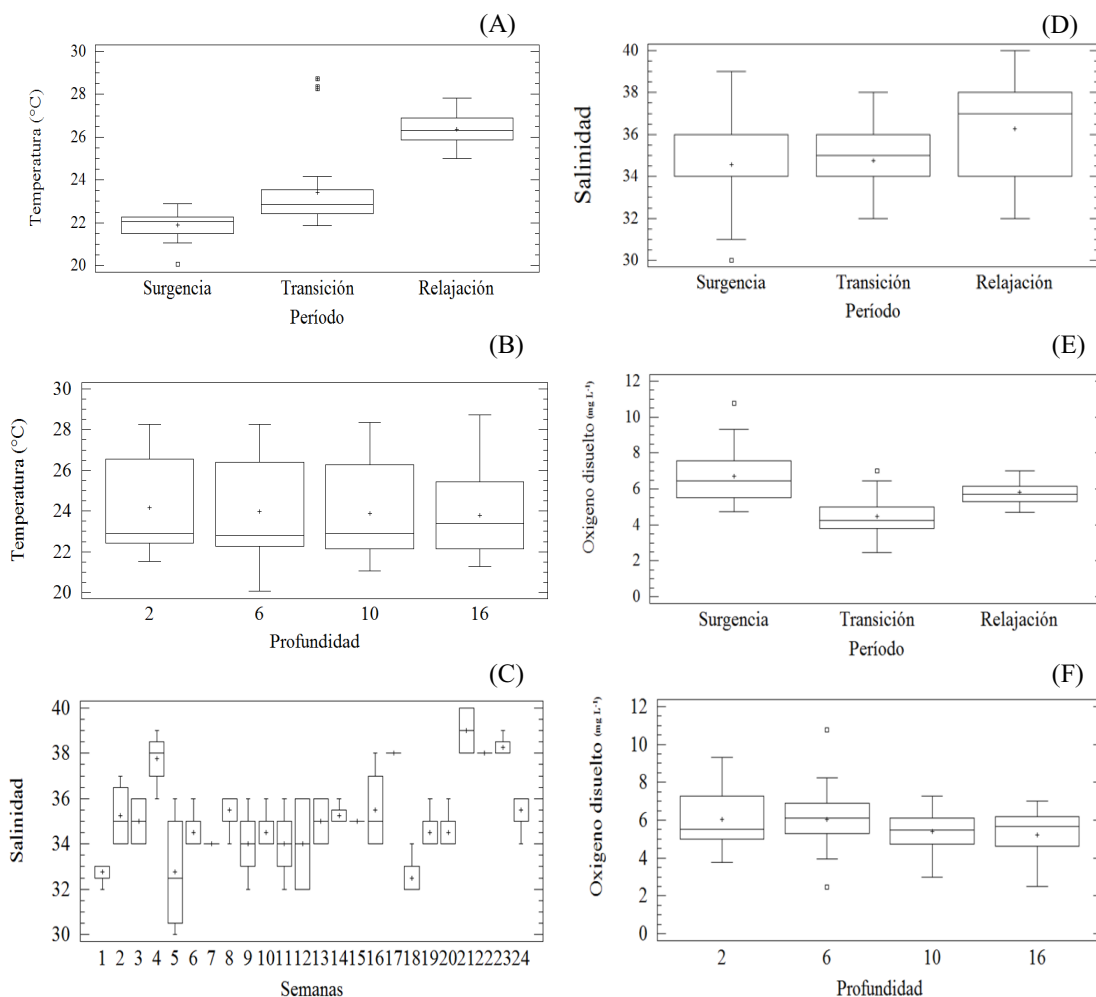


Fig. 1. Variación por períodos (A) y por profundidad (B) de la temperatura del agua (°C), de la salinidad por semanas (C) y por períodos (D), de la concentración de oxígeno disuelto (mg. L⁻¹) por períodos (E) y por profundidad (F) en la Ensenada de Turpialito, desde marzo a noviembre de 2014.

DISCUSIÓN

ambientales (bióticas y abióticas) obtenidas mediante el ACC. En la Ensenada de Turpialito, durante el período de transición, los dos primeros ejes de ordenación canónica explicaron el 61,80% (Tabla 1). En el primer eje la temperatura se relaciona inversamente con los nutrientes; asociado a este eje estuvo *Globigerina* sp₁. En el segundo componente, el oxígeno disuelto tiene una relación positiva con la salinidad e inversa al amonio; asociado a este eje estuvo *H. pelágica*.

En el período de relajación, los dos primeros ejes de ordenación canónica explicaron el 46,02% (Tabla 1). Se demostró que las variables ambientales contempladas en este trabajo tuvieron poca incidencia sobre la estructura comunitaria.

La zona nororiental de Venezuela es bien conocida como una región sujeta al fenómeno de surgencia costera, tal como lo indican diversos investigadores, como OKUDA *et al.* (1978); GÓMEZ (1996); CASTELLANOS *et al.* (2002) y RUEDA-ROA & MULLER-KARGER (2013), quienes señalan que este fenómeno se da en un período comprendido entre diciembre-abril para el Golfo de Cariaco y áreas adyacentes; tales eventos ocasionan el surgimiento de agua subsuperficial que fertiliza las aguas superficiales, con ciertas características: temperatura baja, salinidad alta, oxígeno disuelto bajo y concentraciones de nutrientes elevados. Una vez que los vientos se debilitan y la intensidad de la surgencia principal decrece da inicio

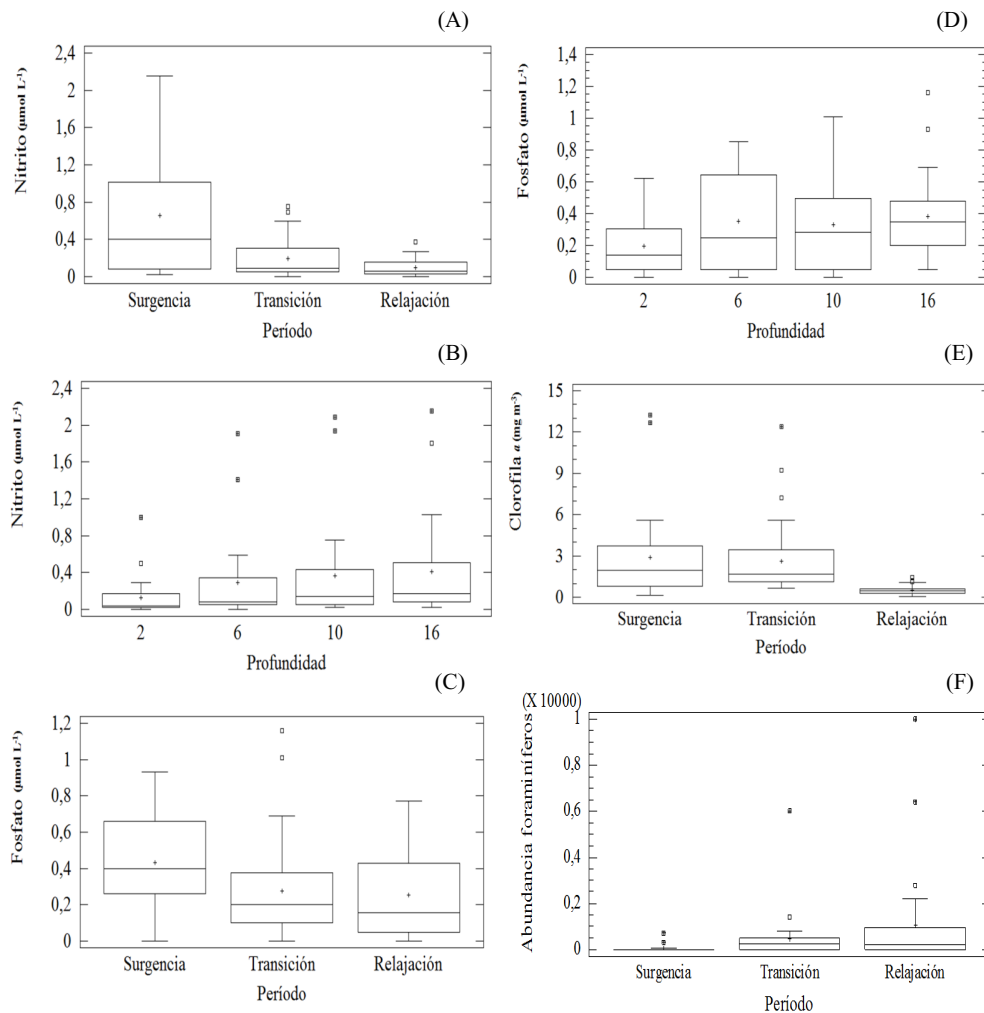


Fig. 2. Variación temporal (A,C) y por profundidad (B,D) de la concentración de nitrito y fofstato ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) y de la clorofila *a* (mg m^{-3}) por períodos (E) en la Ensenada de Turpialito, desde marzo a noviembre de 2014.

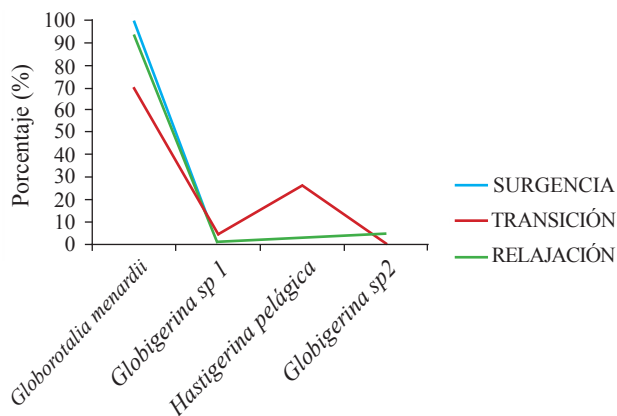


Fig. 3. Composición porcentual general de los foraminíferos planctónicos presentes en los tres periodos de estudio en la Ensenada de Turpialito, desde marzo a noviembre de 2014.

a una surgencia secundaria, en algunos casos con menor intensidad pero igual, significativa en el mantenimiento de la producción primaria. Esta surgencia ocurre a mediados de año (coincidiendo con el período de transición) y es la que mantiene la biomasa fitoplanctónica en la región los meses siguientes. RUEDA-ROA (2012) menciona que la misma es parte del ciclo anual de la surgencia de aguas enriquecidas que ocurre a principio del año en el norte del Mar Caribe y se prolonga desde junio hasta agosto por un leve incremento en la intensidad del viento en el océano Atlántico Norte.

De esta misma manera, investigadores como SIMPSON & GRIFFITHS (1972), OKUDA *et al.* (1978), LODEIROS & HIMMELMAN (1994), RUEDA-ROA (2000) y MARÍN *et al.* (2004) indican un tercer periodo, el de

relajación o calma, el cual se presenta durante septiembre-noviembre, producto de una mayor estabilidad en la columna de agua, una menor concentración de nutrientes y de clorofila *a*, presentándose alta estratificación. Las condiciones encontradas en el presente estudio para cada uno de los periodos antes mencionados corroboran las observaciones de dichos investigadores, y quedaron demostrados con los resultados obtenidos en la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes.

La clorofila *a* varió temporalmente. Se reportaron los valores mayores en el período de surgencia. En este sentido, RICHARD (1960) indicó que la surgencia es la principal fuente de nutrientes a la zona eufótica, lo que explicaría la alta productividad biológica del Golfo de Cariaco. No obstante, para el período de relajación disminuyó notoriamente, concordando con el estudio de MÁRQUEZ *et al.* (2009), quienes también registraron bajas concentraciones de clorofila *a* durante ese periodo del año 2003. En general, la variación temporal de la clorofila *a*, con los valores más altos en surgencia y los más bajos en relajación coincide con el trabajo de MARÍN *et al.* (2004) para la misma zona de estudio.

La abundancia de los foraminíferos mostró diferencias temporales, más no verticales; en este sentido la abundancia mayor se registró en la época de relajación, seguido del período de transición. Estos resultados no concuerdan con lo reportado por diversos investigadores (LEGARE & ZOPPI 1961; MARGALEF 1965; GÓMEZ 1996; MÁRQUEZ *et al.* 2006, 2011; RAMÍREZ 2013), quienes afirman que en época de surgencia se desencadenan condiciones para que aumente

Tabla 1. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las especies de foraminíferos planctónicos y las variables bióticas y abióticas en la Ensenada de Turpialito, desde marzo a noviembre de 2014.

Periodos		Eje 1	Eje 2
Transición	Autovalores	0,39	0,222
	Porcentaje	39,402	22,397
	Porcentaje de varianza	39,402	61,799
	Acumulado	63,759	100
	Correlación especie-ambiente (R)	0,856	0,696
Relajación	Autovalores	0,197	0,104
	Porcentaje	30,067	15,949
	Porcentaje de varianza	30,067	46,016
	Acumulado	65,34	100
	Correlación especie-ambiente (R)	0,736	0,599

la producción primaria, hay mayor cantidad de nutrientes y por ende mayor biomasa y densidad zooplanctónica. Esta abundancia mayor durante el período de relajación, pudo deberse a los aportes terrígenos, bien sea de las aguas de escorrentía o de los pozos sépticos de las viviendas cercanas a la orilla, tal y como lo indicó GADE (1961), ROA & UROSA (1974), MÁRQUEZ *et al.* (2016). No obstante, DE MIRO (1971) y MILLER (2004) señalan que las poblaciones de foraminíferos varían mucho durante el año, tanto en cantidad como las especies que las componen y el grado de organización del sistema. Por su parte, AÑEZ (1983) y CASANOVA *et al.* (2007) indicaron que su presencia en la columna de agua se debe a un proceso de circulación vertical, además de la interacción con sus depredadores, exposición al oleaje y la complejidad del hábitat y finalmente a la diversidad de recursos y tolerancia fisiológica (CHAVANICH & WILSON 2000).

Así mismo, DE MIRO (1971) señaló que es necesario analizar la población de foraminíferos planctónicos en su conjunto, en relación con el conjunto de factores ambientales, pues, el comportamiento de las especies es el resultado de la interacción de varios factores ambientales, no de un solo parámetro en particular. De igual manera, HEMLEBEN *et al.* (1989) indican que la asociación de foraminíferos planctónicos encontrada en un preciso instante, en un lugar determinado del océano, es el producto de una interacción compleja entre factores biológicos y factores físico-químicos. Dentro de factores biológicos, se engloban la disponibilidad de alimento, la depredación, la reproducción y la presencia de simbioses. Este último factor parece ser el más determinante en cuanto a la distribución de los foraminíferos planctónicos, puesto que condiciona su posición dentro de la columna de agua, ya que muchos de estos simbioses son fotosintéticos, por lo que están restringidos a la zona fótica (BE & HUTSON 1977; HEMLEBEN *et al.* 1989). En el presente estudio, la abundancia mayor de los foraminíferos en transición, se debió posiblemente a la menor competencia generada entre los grupos zooplanctónicos registrados en ese período, ya que ellos dominaron en más de un 50%, seguido de las larvas de bivalvos con un 39,2 % y posteriormente los radiolarios con un 8,1 %, mientras que los copépodos apenas representaron un 2 %.

Las especies *Globorotalia menardii*, *Hastigerina pelágica*, *Globigerina* sp₁ y *Globigerina* sp₂ constituyen la fauna de foraminíferos en el presente estudio y concuerda con lo reportado por BERMÚDEZ (1960), BERMÚDEZ & SEIGLIE (1963), SEIGLIE & BERMÚDEZ (1963), DE MIRO & MARVAL (1967) y DE MIRO (1971), quienes las describen como especies frecuentes en el Golfo de Venezuela, siendo conocidas para la ciencia y descritas en otros ambientes costeros como el Golfo de Cariaco, lo que permite afirmar que estas especies son de distribución cosmopolita. La presencia de estas especies viene dada a que son capaces de tolerar ciertos factores físico-químicos del medio pelágico (temperatura, nutrientes, oxigenación, luz, salinidad) y bióticos (ciclos de vida, simbioses algales, suplemento de alimento, depredación y demás relaciones interespecíficas) (BÉ *et al.* 1977; BOLTOVSKOY 1981; LOHMAN 1992; MOLINA 2004).

Encontrar la conexión de los cambios en la abundancia de las especies de foraminíferos con las variaciones de un factor ecológico/biológico particular es muy difícil debido a la complejidad en la interacción de los factores que los controlan (ARENILLAS 2011). A pesar de esto, la abundancia

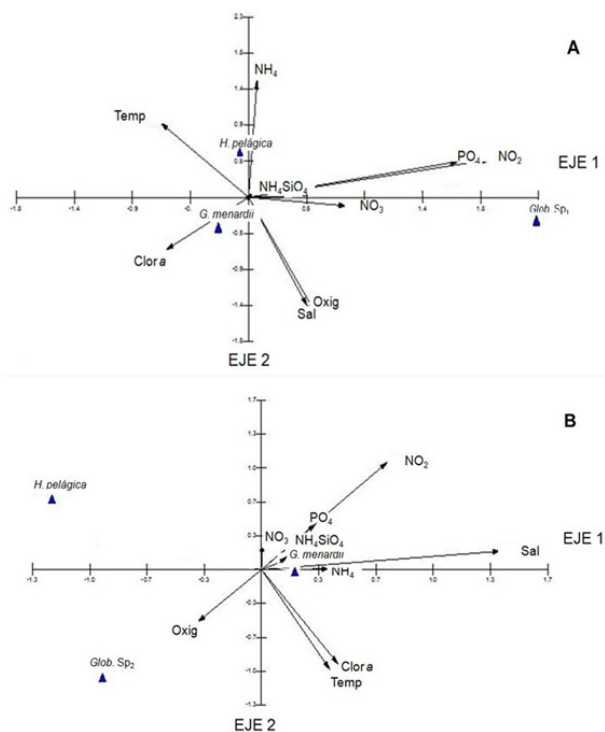
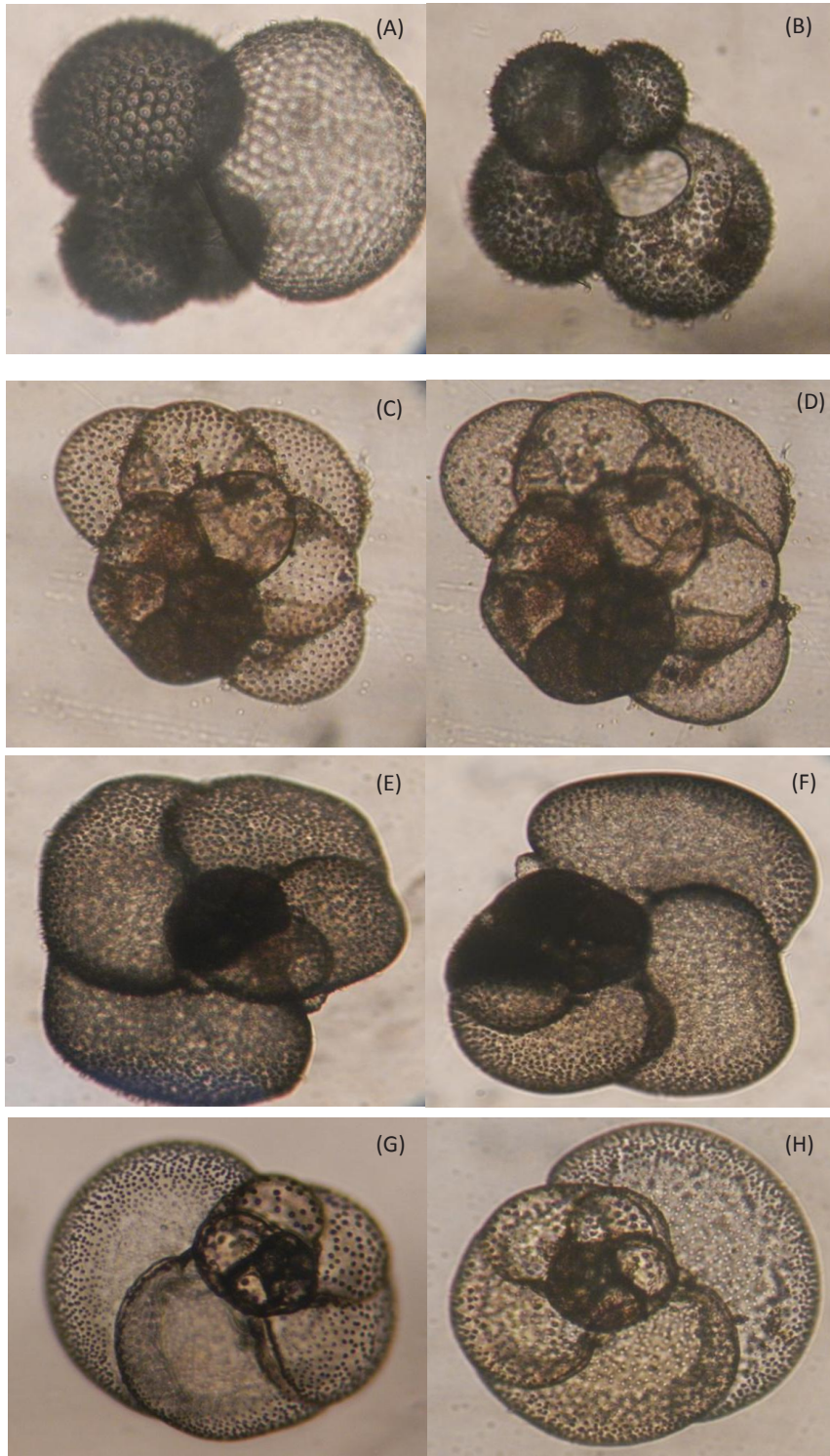


Fig. 4. Análisis de correspondencia canónica (ACC), donde se muestra la proyección ortogonal de los dos primeros componentes de las variables bióticas y abióticas y las especies de foraminíferos planctónicos de la Ensenada de Turpialito, durante el período de transición (A) y relajación (B). Leyenda: Temp: temperatura, Sal: salinidad, Oxig: concentración de oxígeno disuelto, Clora: concentración de clorofila *a*, NO₃: nitrato, NO₂: nitrito, NH₄: amonio, PO₄: fosfato, H₄SiO₄: silicato, Glob sp₁: *Globigerina* sp₁, Glob sp₂: *Globigerina* sp₂, G. menardii: *Globorotalia menardii*, H. pelágica: *Hastigerina pelágica*.



Cuadro 1. Fotografías del lado dorsal (A,C,E,G) y del lado ventral (B,D,F,H) de *Hastiger pelágica* (A, B); *Globigerina sp₂* (C,D), *Globigerina sp₁* (E,F) y *Globorotalia men* (G,H).

y composición de los foraminíferos en la Ensenada de Turpialito, en los periodos estudiados fue corroborada con el ACC, el cual demostró diferencias marcadas entre las variables y las especies dominantes en cada época. En este sentido, *Globigerina* sp₁ se relacionó con el impulso de nutrientes en el período de transición evidenciando ese segundo pulso de surgencia (RUEDA-ROA 2000; MARÍN *et al.* 2004; MÁRQUEZ *et al.* 2007), mientras que *H. pelagica* y *Globigerina* sp₂ se asociaron con la entrada de menor salinidad a la ensenada, durante el período de relajación. Por su parte, *G. menardii* se registró únicamente durante el período de surgencia.

Con respecto a la ausencia de diferencias significativas entre la abundancia de los foraminíferos y las profundidades estudiadas, se deba posiblemente a la poca diferencia entre ellas. Es bien conocido que los organismos zooplanctónicos realizan migraciones verticales diarias (DVM) (WEN-TENG *et al.* 2004; VILLABONA-GONZÁLEZ *et al.* 2007) desde varios metros hasta cientos de kilómetros, en tal sentido, es posible que los rangos de profundidad para las migraciones verticales de estos zooplanctobiontes, sean superiores a los 16 m. Por su parte, SEIGLIE (1963) y ARENILLAS *et al.* (2000) indicaron que la abundancia de estos organismos aumenta con las profundidades.

La existencia de diferencias semanales en la mayoría de las variables hidrológicas e hidrobiológicas, así como en la abundancia de foraminíferos, indican que este diseño muestral, utilizando pequeñas escalas espaciales, es adecuado para mostrar las variaciones en la comunidad microzooplanctónica. Por lo que la ausencia de diferencias significativas entre la abundancia de los foraminíferos y las profundidades, se debe posiblemente a los rangos de profundidades para las migraciones verticales de estos organismos, los cuales sean superiores a los 16 m. No obstante, en aquellas variables que no se encontraron diferencias pudieran estar involucrados procesos que ocurren a diferentes escalas y que no fueron tomados en cuenta en este trabajo. El análisis de los procesos físicos a pequeña escala (circulación local, profundidad) y los procesos biológicos, tanto dentro de la comunidad microzooplanctónica como las asociaciones con otros organismos, son aspectos importantes de considerar en estudios posteriores en la misma área de estudio.

AGRADECIMIENTO

Los autores quieren expresar sus más sinceros agradecimientos a la Estación Hidrológica de Turpialito, a través del Proyecto “Estación Hidrológica Turpialito

del Instituto Oceanográfico de Venezuela como centro de monitoreo ambiental y producción de semillas de moluscos bivalvos”, bajo el número 201100299, a cargo del profesor Cesar Lodeiros, financiado por el Fondo Nacional para la Ciencia, Innovación y Tecnología (FONACIT), por toda la colaboración brindada, tanto en el apoyo logístico como en el suministro de los datos ambientales.

BILIOGRAFÍA

ALVERA-AZCÁRATE A, BARTH A & WEISBERG R. H. 2009. A nested model of the Cariaco Basin (Venezuela): description of the basin's interior hydrography and interactions with the open ocean. *Ocean Dynamics* 59 (1): 97-120.

ALVERA-AZCÁRATE A, BARTH A, WEISBERG RH, CASTAÑEDA JJ, VANDENBULCKE L. & BECKERS J. M. 2011. Thermocline characterisation in the Cariaco basin: A modelling study of the thermocline annual variation and its relation with winds and chlorophyll-a concentration. *Continental Shelf Res.* 31 (1): 73-84.

ANDERSON, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol.* 26: 32-46.

AÑEZ, T. 1983. Distribución y abundancia del zooplancton (excepto copépodos), entre Boca del Río (Isla de Margarita) y la Isla de Cubagua (edo. Nueva Esparta). Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Boca del Río, Venezuela, 95 pp.

ARENILLAS, I. 2011. Análisis paleoecológico de foraminíferos planctónicos del tránsito Daniense-Selandiense en el Tetis y sus implicaciones taxonómicas. *Rev. Española Micropaleontol.* 43 (1-2): 55-108

ARENILLAS, I.; ALEGRET, L.; ARZ, J. & MOLINA, E. 2000. El uso didáctico de los foraminíferos en la enseñanza de ciencias de la tierra. *Enseñ. Ccs. Tierra.* 8: 108-118.

ARENILLAS, I. & ARZ, J. 2013. New evidence on the origin of nonspinose pitted-cancellate species of the early Danian planktonic foraminifera. *Geol. Carpathica*, 64: 237-251.

BE, A. W. H. & HUTSON, W. H. 1977. Ecology of planktonic foraminifera and biogeographic patterns of life and fossil assemblages in the Indian Ocean. *Micropaleontology*, 23: 369-414.

BELFORD, D. J. 1962. Miocene and Pliocene planktonic Foraminifera, Papua-New Guinea. *Bull. Bur. Miner. Resour. Geol. Geophys. Aust.* 62:1-51.

- BERMÚDEZ, P. 1960. Foraminíferos planctónicos del Golfo de Venezuela. *Mem. Soc. Cie. Nat. La Salle*, 20: 905-928.
- _____. & SEIGLIE, G. 1963. Estudio sistemático de los foraminíferos del Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 2: 3-267.
- BOLLI, H. M., 1957. The genera *Globigerina* and *Globorotalia* in the Paleocene-Lower Eocene lizard Springs Formation of Trinidad, BWI. 6-81.
- BOLTOVSKOY, E. 1976. Distribution of recent foraminifera of the South American region. *Foraminifera*, 2, 171-236.
- BOLTOVSKOY, D. 1974. Foraminíferos planctónicos epipelágicos de la parte Este del Pacífico Tropical. *Rev. Hidr. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, Tomo IV, n°3. Argentina.
- BOLTOVSKOY, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP, Mar de Plata, Argentina.
- _____. 1999. South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden the Netherlands. Vol. I y II. 1706 pp.
- BOLTOVSKOY, E. & BOLTOVSKOY, D. 1970. Foraminíferos planctónicos vivos del Mar de la Flota (Antártica). *Rev. Esp. Micropal.* 2: 27-44.
- COLOMA, C. MARCHANT, M. & HEBBELN, D. 2005. Foraminíferos planctónicos durante el niño 1997-98 del área de Coquimbo (30°S; 73°W), Chile. *Gayana*, 69: 48-77.
- CALONGE, A.; CAUS, E. & GARCÍA, J. 2001. Los foraminíferos: presente y pasado. *Enseñ. Ccs. Tierra*. 9: 144-150.
- CASTELLANOS P, VARELA R, MULLER-KARGER F. 2002. Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinadas con el sensor infrarrojo AVHRR. *Mem. Fund. La Salle Cien Nat.* 154: 55-76.
- CASANOVA, E.; ZOPPI, E. & MONTIEL, E. 2007. Caracterización espacial y temporal del zooplancton en el Archipiélago los Roques, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 46: 51-65.
- CHAVANICH, S. & Y WILSON, K. 2000. Rocky intertidal zonation of Gammaridean Amphipods in Long island sound, Connecticut. *Crustaceana*, 73: 835-846.
- CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18: 117-143.
- CORTINA, G. 2012. Impacto de los cambios climáticos y del nivel del mar en el margen continental del Golfo de León (Mediterráneo Occidental) desde 133 ka a 400 ka. Trab. Doctoral. Universidad de Salamanca. España.
- DE MIRO, M. & MARVAL, J. 1967. Foraminíferos planctónicos vivos de la fosa de Cariaco y del talud continental de Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 27: 11-34.
- _____. 1971. Los foraminíferos planctónicos vivos y sedimentos del margen continental de Venezuela. *Act. Geol. Hispánica*, 4: 102-108.
- FIGUEROA, D. 2002. Zooplancton de formaciones coralinas: composición y distribución espacial de los ambientes neríticos. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, 102 pp.
- FERNÁNDEZ, L. 2010. Foraminíferos (Protozoa: Foraminiferida) del estuario del río Contaco (40°33' S; 73°43' O), Chile. *Bol. Biodiver. Chile*, (4): 18-62.
- GAJARDO, M. & GONZÁLEZ, H. 2013. Characterization of event El Niño, La Niña and Normal Conditions by planktonic foraminifera (2006-2007) in central southern Chile. *Ccs. Mar.* 39: 239-252.
- GADE, H.G. 1961. Further hydrographic observations in the south eastern Caribbean Sea and the adjacent Atlantic Ocean with special reference to the influence of the Orinoco River. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 1(2): 359-395.
- GARCÍA, D. 2013. Distribución vertical y temporal del zooplancton con sistema de filtración por bomba en la Ensenada de Turpialito, estado Sucre, Venezuela. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, 98 pp.
- GÓMEZ, A. 1996. Causa de la fertilidad en el Nororiente de Venezuela. *Interciencia*, 21: 140-146.
- HAYWARD, B.W.; CEDHAGEN, T.; KAMINSKI, M. & GROSS, O. 2017. World Foraminifera Database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/foraminifera> on 2017-03-19
- HEMLEBEN, C.; SPINDLER, M. & ANDERSON, O. R. 1989. Modern Planktonic Foraminifera. Springer-Verlag, New York Inc., USA, 363 pp.
- JANNOU, G. 2009. Microfósiles marinos del eoceno inferior, Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina: bioestratigrafía, paleoambiente y paleobiogeografía. Trab. Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- LANGER, M. R. 2008. Assessing the contribution of foraminiferal protists to global ocean carbonate production. *J. Eukaryot. Microbiol.* 55:163-169.

- LEE, J.J.; PAWLOWSKI, J.; DEBENAY, J. P.; WHITTAKER, J.; BANNER, F.; GOODAY, A. J.; TENDAL, O.; HAYNES, J. & FABER, W.W. 2000. *Phylum Granuloreticulosa*. In: Lee, J. J., Leedale, G. F., Bradbury, P. (Eds.): The illustrated guide of the Protozoa. second ed. Society of Protozoologists, Allen Press, Laurence, 872-951.
- LEGARÉ H. & ZOPPI E. 1961. Notas sobre abundancia y distribución de Chaetognata en las aguas del oriente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr Venezuela*, 1 (1): 149-71.
- LODEIROS, C. & HIMMELMAN, J. 1994. Relations among environmental conditions and growth in the tropical *Euvola (Peten) ziczac (L.)* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, 119: 345-353.
- LOHMANN, G. P. 1992. Increasing seasonal upwelling in the subtropical South Atlantic over the past 700,000 yrs: Evidence from deep-living planktonic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, 19: 1-12.
- LUZURIAGA DE CRUZ, M. 1992. Notas hidrológicas en aguas superficiales ecuatorianas según indicadores biológicos: foraminíferos planctónicos. *Acta Oceanogr. Pacífico INOCAR*. Ecuador 7(1): 29-39.
- LUZURIAGA DE CRUZ, M. 2014. Foraminíferos planctónicos vivos en el mar ecuatoriano: taxonomía y distribución. *Acta Oceanogr. Pacífico*, 19: 399-439.
- MARCHANT, M. 1997. Rezente y spätquartäre sedimentation planktischer foraminiferenim Peru-Chile strom. Trab. Doctoral, Sonder for schungsbereich 261, Univ.
- MARCHANT, M. & GAJARDO, N. 2010. Foraminíferos planctónicos recientes (Foraminifera). Bibliografía sobre biodiversidad acuática de Chile. Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso, 37-42.
- MARGALEF, R. 1965. Composición y distribución del fitoplancton. *Mem. Soc. Ciencias. Nat. La Salle*, 25: 141-205.
- MARÍN, B.; LODEIROS, C.; FIGUEROA, D. & MÁRQUEZ, B. 2004. Distribución vertical y abundancia estacional del microzooplancton y su relación con los factores ambientales en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Cient. FCV-LUZ*, 14: 133-139.
- MÁRQUEZ B, MARÍN B, ZOPPI E. & MORENO C. 2006. Zooplancton del Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 45 (1): 61-78.
- MÁRQUEZ, B.; MARÍN, B.; DÍAZ, J.; TROCCOLI, L. & SUBERO, S. 2007. Variación estacional y vertical de la biomasa del macrozooplancton en la bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela, durante 1997 – 1998. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr. Venezuela*, 42: 241-52.
- MÁRQUEZ, B.; DÍAZ, J.; TROCCOLI, L.; MARÍN, B. & VARELA, R. 2009. Densidad, biomasa y composición del zooplancton, en el estrato superficial de la cuenca de Cariaco, Venezuela. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr. Venezuela*. 44: 737-749
- MÁRQUEZ, B.; L. TROCCOLI; L. MARCANO; J. MORALES, T. ALLEN; B. MARÍN & R. DÍAZ. 2011. Estructura comunitaria del zooplancton en dos localidades del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 45: 61 – 78.
- MÁRQUEZ-ROJAS, B., M. BENÍTEZ-BRITO & TROCCOLI. 2016. Hidrografía y cambios estructurales del mesozooplancton en el golfo de Cariaco, en dos períodos contrastantes. *Rev. Biodivers. Neotrop.* 6 (2): 135-46
- MARTÍNEZ, J. & BEDOYA, G. 2001. Recent planktonic foraminifera from deep-sea sediments from y the eastern equatorial pacific: proxies of the equatorial front in the late quaternary. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 30: 151-176.
- MILLER, C.B. 2004. Biological Oceanography. Wiley-Blackwell. 402 pp.
- MIRO, M.D. 1971. Los foraminíferos planctónicos vivos y sedimentados del margen continental de Venezuela. *Acta Geol. Hisp.* 6(4). 102-108.
- MOLINA, E. 2004. Foraminíferos planctónicos: *Globigerinina*. *Micropaleontología*. 127-158.
- NAÑEZ, C. & MALUMIÁN, N. 2008. *Foraminífera*. En Camacho, Horacio H. ed.; Longobucco, M. ed. Los invertebrados fósiles. Buenos Aires, Universidad Maimónides. Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 65-100 pp.
- OKUDA, T.; J. ÁLVAREZ; J. BONILLA, & G. CEDEÑO. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 17: 69-88.
- RAMÍREZ, A. 2013. Densidad y distribución vertical del zooplancton durante tres períodos del año, en Turpialito, Golfo de Cariaco Venezuela. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 123pp.
- RICHARDS, F. 1960. Some chemical and hydrographic observations along the north coast of South America. I. Cabo Tres Puntas to Curacao including the Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco. *Deep-Sea Res.* 7: 163-182.

ROA, T. & UROSA, L. 1974. Ecología del zooplancton en el golfo de Cariaco. Parte I variabilidad de la biomasa del zooplancton durante el periodo de agosto a noviembre de 1973. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 13 (1-2): 67-78.

RUEDA-ROA, D. 2000. Variación temporal de la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la depresión oriental de la cuenca de Cariaco y sus relaciones con los aspectos hidrográficos del estrato superficial (1996-1998). Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 154 pp.

RUEDA-ROA, D. 2012. On the spatial and temporal variability of upwelling in the Southern Caribbean Sea and its influence on the ecology of phytoplankton and of the panish sardine (*Sardinella aurita*). Ph. D. Thesis. University of South Florida, Miami, USA.

RUEDA-ROA D. & MULLER-KARGER F. 2013. The Southern Caribbean upwelling system: Sea surface temperature, wind forcing and chlorophyll concentration patterns. *Deep-Sea Research I*. 78: 102-14.

SEIGLIE, G. 1963. Una nueva especie del género *Globigerina* del reciente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 2: 89-93.

_____. & BERMÚDEZ, P. 1963. Distribución de los foraminíferos del Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 2: 149-193.

SERRANO, R. 2015. Variación espacial y temporal en dos ambientes neríticos del nororiente de Venezuela. Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 124 pp.

SIMPSON, J. & GRIFFITHS, R. 1972. Afloramiento y otras características oceanográficas de aguas costeras del nordeste de Venezuela. *MAC. Ser. Rec. Exp. Pesq.* 2: 2-53.

UROSA, L. 1980. Nauplii Balanomorfos y variación diurna de la temperatura en la Ensenada de Turpialito, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 19 (1-2): 73- 91.

VILLABONA-GONZÁLEZ, S., R. A. GAVILÁN-DÍAZ & A. L. ESTRADA-POSADA. 2007. Cambios nictemerales en la distribución vertical de algunos microcrustáceos en un lago artificial del Neotrópico (Colombia). *Limnetica*, 26: 75-88.

WEN-TSENG, L.; CHIA-LU, C. & CHANG-TAI, S. 2004. Seasonal distribution of copepods in Tapong Bay, Southwestern Taiwan. *Zoological Studies*, 43: 464- 474.

RECIBIDO: JUNIO 2016.

ACEPTADO: NOVIEMBRE 2016.