Bol. Inst. Oceanog. Venez. 58(2): 38-53 (2019) 7 Figs., 2 Tabs.

VARIABILIDAD A CORTO PLAZO DEL MICRO Y MESOZOOPLANCTON EN LA BAHÍA DE MOCHIMA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA, DURANTE LA ÉPOCA DE SEQUÍA

Narváez-Ruiz Mariela[1], Márquez-Rojas Brightdoom[2], Troccoli-Ghinaglia Luís[3,4], Marín Baumar[2] & Díaz-Ramos José R.[2]

[1] *Laboratorio de Biología Pesquera, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. E-mail: mnarvaezruiz@gmail.com*

[2]*Laboratorio de Zooplancton, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente.*

[3] *Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Isla de Margarita, Venezuela.*

[4]*Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.*

Resumen: Se estudió la variación espacial y temporal del micro y mesozooplancton en la parte interna de la bahía de Mochima en época de sequía, se efectuaron muestreos diarios empleando una bomba de succión, a intervalos de 6 horas (04:00, 10:00, 16:00 y 22:00) durante una semana, a tres profundidades (0, 5 y 10 m). Se midieron variables hidrológicas e hidrobiológicas. Para poner a prueba la hipótesis nula de que no existieron diferencias entre los días, horas y profundidades de la densidad por grupo del micro y mesozooplancton se aplicó un PERMANOVA. Además, se realizó un análisis RELATE para determinar las correlaciones entre el zooplancton y los datos ambientales. La temperatura mostró valores superiores a los esperados para época de surgencia (>23ºC) y las concentraciones de nutrientes fueron altas. La densidad media del microzooplancton (36706 org.m^{-3}) fue mayor que del mesozooplancton (1359 org.m^{-3}). El microzooplancton estuvo representado por copépodos (62,74 %) y cladóceros (18,54 %), en el mesozooplancton dominaron los cladóceros (72,31 %) y los copépodos (19,09 %). Ambas tallas presentaron variaciones intradiarias; mientras el microzooplancton mostró diferencias con respecto a la profundidad por horas, presentando las mayores densidades en horas nocturnas (22:00 y 4:00 horas), evidenciándose el fenómeno de migración vertical diaria. Las variables hidrológicas fosfato y nitrito, parecen estar influenciadas por las descargas de la laguna de estabilización y por la actividad antropogénica de la zona.

Palabras clave: bahía de Mochima, bomba, mesozooplancton, microzooplancton, surgencia.

Abstract: In order to study temporal and spatial variations of micro and mesozooplankton in the internal part of Mochima Bay during upwelling period, daily samples were taken using a suction pump each six hours (04:00, 10:00, 16:00 and 22:00) during one week at three depths (0.5 and 10 meters). Hydrological data (temperature, oxygen, ammonium, nitrite and phosphate) and hydrobiological data (chlorophyll *a* and 300 µm mesozooplankton density) were also measured. A PERMANOVA analysis was applied in order to test the null hypothesis that there were no significant differences among simple days, hours and depths in terms of micro and mesozooplankton group densities. Also, a RELATE analysis was conducted in order to determine correlations between zooplankton and environmental data. Temperature shown higher values than those expected for upwelling season (>23°C). The nutrient concentrations were high (averages 0.16 and 0.24 µmol.l^{-1} for nitrite and phosphate, respectively). Zooplankton density average was 36706 org.m^{-3} for microzooplankton and 1359 org.m^{-3} for mesozooplankton. Microzooplankton was represented by copepods (62.74%) and cladocerans (18.54%), while mesozooplankton was dominated by cladocerans (72.31%) and copepods (19.09%). Something else to be inferred is the existence of vertical diel migrations owing to the evidence of highest zooplankton densities corresponding to night hours. Environmental factors such as nitrite and phosphate seemed to be affected by the discharge of the oxidation lagoon and by the anthropogenic nearby activities.

Keywords: Mochima Bay, pump, mesozooplankton, microzooplankton, upwelling.

INTRODUCCIÓN

El zooplancton marino desempeña funciones a muchos niveles en las tramas tróficas del océano, como consumidores y presas (Bathmann *et al.* 2001). La importancia del zooplancton radica principalmente en su rol de conductor del flujo de la energía, de los productores primarios a los consumidores de niveles tróficos superiores, siendo así un importante grupo responsable de la productividad secundaria costera (Selleslagh & Amara 2008; Beenamma & Yamakanamardi 2011) y también esencial en la regeneración de transporte y nutrientes por su alto metabolismo (RaphaëlN'doua *et al.* 2009; Jose *et al.* 2015). Además presenta gran importancia ecológica, ya que un cambio en las condiciones fisicoquímicas en el agua, ocasiona variaciones espaciales y temporales tanto en lo referente a su composición como en su biomasa; por lo tanto, puede ser utilizado como un indicador de

procesos en los ambientes acuáticos (Smitha *et al.* 2013; Bork *et al.* 2015).

Un fenómeno que guarda relación con la densidad y frecuencia de estos organismos es la surgencia costera, siendo conocida como afloramientos de aguas subsuperficiales, que generalmente provienen de aguas que se encuentran por debajo de la termoclina, y se genera por la acción del viento sobre las capas superficiales de la columna de agua y de los patrones de corrientes (Villegas *et al*. 2008). En ese sentido, es importante señalar que la zona costera oriental de Venezuela, se caracteriza por la influencia de la surgencia costera estacional (Fukuoka 1965; Alvera-Azcarate *et al.* 2009; Rueda-Roa & Muller-Karger 2013; Jury 2017).

En referencia a los estudios sobre el zooplancton, son varios los sistemas empleados para la colecta, pudiendo separarse en botellas de captación, redes y bombas (Sameoto *et al.* 2000). A pesar de las múltiples ventajas de las bombas con respecto a otros sistemas, son muy pocos los estudios zooplanctónicos a nivel mundial donde se les ha empleado. Entre ellos pueden citarse las investigaciones de Lenz (1972), quien evaluó la efectividad y ventajas de una bomba de succión en Alemania; Icamberry & Richardson (1973) y Taggart & Leggett (1984), analizaron la eficiencia de las capturas de las bombas en relación con las mallas de plancton; Mitsuka & Henry (2002) evaluaron los cambios en la estructura de las poblaciones de copépodos durante la estación lluviosa y seca en Brasil; Masson *et al*. (2004) compararon el método de bomba y dos tipos de mallas mediante la distribución vertical del zooplancton en tres lagos estratificados de Canadá; Perticarrari *et al.* (2004) contrastaron el comportamiento migratorio de los copépodos en diversos estadios entre dos investigaciones separadas en el tiempo por más de una década; Rawlinson *et al*. (2005) examinaron el intercambio de biomasa zooplanctónica entre una bahía en Irlanda y la zona costera adyacente, producto de los cambios en los niveles de la marea; Melo *et al.* (2007) efectuaron un estudio similar al anterior en Brasil, pero en lugar de una bahía, fue realizado en un estuario, mientras que Schwamborn *et al.* (2008) evaluaron los patrones dinámicos de transporte y migración de zooplancton en un estuario de Brasil, haciendo énfasis en larvas de crustáceos decápodos.

En Venezuela son pocas las investigaciones efectuadas con bombas, encontrando entre ellas los de Rodríguez (1978) y Morales *et al*. (2001). El primer autor determinó la distribución espacial del zooplancton en la Laguna costera de Tacarigua (estado Miranda). En el segundo trabajo fue evaluada la comunidad del zooplancton en la Laguna de Sinamaica (estado Zulia). Por su parte, en la costa nororiental, específicamente en la bahía de Mochima, algunos estudios han empleado bombas de succión para colecta del plancton; entre ellos cabe destacar los estudios de Rincones (2008), Rodríguez (2009), Salazar-Gómez *et al.* (2011) enfocados en el fitoplancton y Marcano *et al.* (2010), similar al presente estudio con la diferencia que fue realizado en época de lluvia. Dicho método de muestreo presenta ventajas como: (i) la captura organismos que por su tamaño pequeño no son atrapados por redes; (ii) se obtienen muestras más discretas; (iii) se evita el efecto de taponamiento característico en redes; (iv) se conoce con exactitud el volumen de agua filtrada; y (v) se puede calcular con mayor facilidad la profundidad muestreada, permitiendo así llevar a cabo investigaciones de estructuras finas en la distribución vertical y horizontal del plancton (Sameoto *et al.* 2000). Considerando las ventajas de este método de colecta, se planteó utilizarla en esta zona tranquila y somera de la bahía de Mochima.

Por otra parte, numerosos estudios han abordado el análisis de la abundancia y composición del zooplancton en el nororiente de Venezuela (Márquez-Rojas *et al.* 2006; Gómez & Hernández-Ávila 2008). En general, la mayoría de estos estudios se han caracterizado en realizar series de muestreos mensuales en una o varias localidades, con particular énfasis en la distinción de los periodos de surgencia y relajación; sin embargo, un aspecto interesante observado en algunos de estos estudios es la alta variabilidad en la abundancia entre meses sucesivos en una misma localidad, tanto en periodos caracterizados como 'surgencia' o 'relajación' y las diferencias en los patrones de abundancia entre localidades, igualmente se observa una estrecha diferencia existente entre los promedios de abundancia o biomasa entre dichos periodos (Peñuela 2000; Marín *et al.* 2004; Márquez-Rojas *et al.* 2007, 2008, 2011). Estos resultados sugieren que existe una variación importante a escalas temporales de meses, quincenas o escalas menores, y que ésta pudiera ser relativamente mayor a la observada entre periodos de surgencia y relajación. A pesar del gran interés por la variación temporal de la abundancia y la composición del zooplancton en el área, no se han determinado las escalas temporales menores (semanas, días, horas) en las que ocurre esta variación. Por lo tanto, El objetivo del presente trabajo es analizar

la variabilidad del micro y mesozooplancton a escalas temporales de horas en la parte interna de la bahía de Mochima, nororiente de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La bahía de Mochima está situada dentro del Parque Nacional Mochima (estado Sucre), en la vertiente norte de la cordillera de la costa nororiental del país (10°24'55"-10°20'02" N y 64°19'30"-64°22'30" W), con un área superficial aproximada de 29 km^2. En las adyacencias del punto de muestreo se localiza una laguna de estabilización que trata las aguas servidas del pueblo de Mochima y produce descargas al mar (Ver Marcano *et al.* 2010).

Diseño del muestreo: Se realizaron muestreos diarios durante una semana (del 01 al 08 febrero 2008), a intervalos de seis horas (04:00, 10:00, 16:00 y 22:00 h) en el muelle de la Estación Biológica Fundación IDEA del pueblo de Mochima, empleando una bomba de diafragma (marca Shurflo modelo 2088) con tres mangueras adaptadas a tres profundidades (0, 5 y 10 metros). Se colectaron dos muestras para cada profundidad, una de ellas fue filtrada con un tamiz de 100 µm (microzooplancton) y la otra con uno de 300 µm (mesozooplancton) filtrando un volumen de agua de 37 litros para cada una. Posteriormente, las muestras con el material biológico fueron colocadas en envases de plástico previamente etiquetados, a los cuales se les agregó formaldehido al 4 % neutralizado con bórax.

Se efectuaron además mediciones de las variables fisicoquímicas como temperatura del agua (con un termómetro ambiental ± 0,1 °C) y oxígeno disuelto por el método de Winkler descrito y mejorado por Strickland & Parsons (1972). Las concentraciones de clorofila *a* (Chl *a*) y de los nutrientes amonio, nitrito y fosfato fueron suministrados por el laboratorio de Fitoplancton y de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela, respectivamente; determinadas espectrofotométricamente, siguiendo la metodología de Strickland & Parsons (1972).

Para los cálculos de densidad se analizó cada muestra en su totalidad y la ubicación taxonómica de los organismos en grandes grupos se realizó con la ayuda de las claves de Smith (1977), Trégouboff & Rose (1978), Campos & Suárez (1994), Gasca & Suárez (1996) y Boltovskoy (1999).

Análisis de los datos: Luego de comprobar que no se cumplieron los supuestos del análisis paramétrico mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y homocedasticidad de Levene (Sheskin 2004), se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para las comparaciones de las variables ambientales y de la abundancia del micro y mesozooplancton entre los días, horas y profundidades.

Con los datos de zooplancton se construyeron matrices de disimilitud Bray-Curtis previamente transformados con raíz cuarta, mientras que los datos ambientales (temperatura, oxígeno disuelto, clorofila *a* y nutrientes) se normalizaron y se emplearon distancias Euclidianas para su construcción. Las matrices zooplanctónicas generadas se utilizaron para la construcción de los análisis MDS (multi dimentional scalling), donde se muestra la ordenación de las muestras en base a las características que le atribuyen sus variables (grupos taxonómicos).

Para determinar si existieron diferencias entre los días, horas y profundidades muestreadas en términos de densidad por grupo del micro y mesozooplancton, fue realizado un análisis de varianza (PERMANOVA) basado en permutaciones (Anderson 2001) considerando un diseño completamente ortogonal de tres factores fijos; día (8 niveles), hora (4 niveles: 04:00, 10:00, 16:00, 22:00 h) y profundidad (3 niveles: 0, 5, 10 m) tanto para el microzooplancton como para el mesozooplancton, excluyéndose automáticamente de los análisis el término de interacción día x profundidad x hora por no contar con réplicas en el nivel más bajo. En el caso particular del mesozooplancton fueron removidos del modelo los términos día x profundidad y profundidad x hora por mostrar ambos componentes de variación negativos, de acuerdo a las recomendaciones de Fletcher & Underwood (2002) para estas situaciones. También se aplicó un análisis RELATE (conocido también como prueba MANTEL) para establecer la correlación entre las matrices de densidad por grupo zooplanctónico y la matriz de variables ambientales (Clarke & Warwick 2001). Todas las pruebas anteriores se realizaron basadas en 9999 permutaciones, usando el software PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research; Clarke 1993; Clarke & Warwick 2001).

Para visualizar posibles relaciones entre variables, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) a partir de la matriz de correlación.

RESULTADOS

La concentración de oxígeno disuelto osciló entre 2,41 y 7,09 mg.L^{-1}. Esta variable fue disminuyendo hasta

el cuarto día, para luego aumentar nuevamente durante los últimos días de muestreo (Fig. 1A). La media más alta de esta variable se determinó a las 16:00 h (7,09 mg.L^{-1}), y las más baja (2,41 mg.L^{-1}) se detectó a las 22:00 h (Fig. 1B). Se encontraron diferencias significativas tanto para los días (KW= 0,013; p<0,05) como para las horas (KW= 0,001; p<0,05).

La temperatura varió entre los 23-29 °C, con los valores más altos (29 °C) durante el segundo y tercer día de muestreo (Fig. 1C) a las 10:00 y 16:00 horas, mientras que los más bajos (23 ºC) se presentaron durante el quinto día a las 22:00 h (Fig. 1D). En relación a las tres profundidades de muestreo, se observó un descenso progresivo de esta variable, causando estratificación térmica en la columna de agua, presentando los valores más altos (29 ºC) en la superficie (0 m) y los más bajos (23 ºC) en la capa de 10 m (Fig. 1E). Se detectaron diferencias significativas entre horas (KW= 0,001; p<0,05) y profundidades (KW= 0,001; p<0,05) pero no para los días de muestreo (KW= 0,196; p<0,05).

La Chl *a* presentó una media de 1,71 mg.m^{-3}, sin diferencias significativas entre los días y horas (KW= 0,309 y KW= 0,838; p < 0,05, respectivamente), determinándose la mayor concentración (3,36 mg.m^{-3}) en el día 3 a las 04:00 h (Figs. 1F, 1G). Con respecto a sus concentraciones en los tres estratos estudiados de la columna de agua, se aprecian diferencias significativas (KW= 0,001; p<0,05), con el valor más alto (3,36 mg.m^{-3}) a los 10 m (Fig. 1H).

La concentración de fosfato presentó una media de 0,24 µmol.L^{-1} observándose un aumento en su concentración durante los últimos días de muestreo, con una menor concentración en la superficie y mayor en el estrato profundo. Se encontraron diferencias significativas entre días y profundidades (KW= 0,001; KW= 0,009; p<0,05; respectivamente, Figs. 2A, 2C). A pesar que la mayor concentración de este nutriente se manifestó a las 10:00 y las 16:00 h, no se revelaron diferencias entre las horas de muestreo (KW= 0,376; p<0,05; Fig. 2B).

La media para el nitrito fue de 0,16 µmol.L^{-1} observándose la mayor concentración (0,57 µmol.L^{-1}) el segundo día de muestreo en el estrato más profundo de la columna de agua (Figs. 2D, 2F), registrando diferencias significativas entre los días (KW= 0,020; p<0,05) y entre las profundidades (KW= 0,034; p<0,05). No se detectaron diferencias significativas entre las horas (KW= 0,885; p<0,05; Fig. 2E).

La densidad del microzooplancton, mostró una media de 36689 org.m^{-3}. Con respecto a los días de muestreo, el día 2 se corresponde con el valor máximo (225250 org.m^{-3}), mientras que en el día 3 se encontró el más bajo (805 org.m^{-3}) (Fig. 3A). En cuanto a las horas, se hallaron las mayores densidades durante las 2200 y las 0400 h (Fig. 3B). La densidad microzooplanctónica disminuyó a medida que aumentó la profundidad (Fig. 3C). Por otro lado, la densidad media del mesozooplancton fue de 1359 org.m^{-3}, con un máximo de 5555 org.m^{-3} y un mínimo de 2 org.m^{-3}. La densidad de estos organismos aumentó progresivamente a partir del día 4 (cuando se apreció el valor más alto de 5555 org.m^{-3}) hasta los últimos días de muestreo (Fig. 3D). No se detectaron diferencias significativas en horas, con el valor más bajo (2 org.m^{-3}) para las 10:00 h y las 16:00 h (Fig. 3E).

En lo referente a las profundidades se observó la mayor densidad de organismos en el estrato superficial y la menor densidad en el estrato de los 10 metros (Fig. 3F).

El PERMANOVA (TABLA 1) detectó interacciones significativas para el microzooplancton entre los factores día y hora (F = 2,2585; p < 0,05) así como para profundidad y hora (F = 1,9408; p < 0,05) y para el mesozooplancton sólo entre día y hora (F = 1,3052; p < 0,05). Con relación a los componentes de variación, la mayor variación fue a nivel de los residuales (TABLA 2) en ambas tallas del zooplancton.

El microzooplancton, estuvo constituido por un total de 19 grupos, de los cuales, los copépodos representaron el 63,45% del total, seguido de los cladóceros con 19,03% y las larvas de crustáceos como el tercer grupo de mayor representación con 14,48%, luego continuaron las larvas de moluscos y anélidos con 1,61 y 0,86%, respectivamente (Fig. 4A). El grupo “otros” en el microzooplancton estuvo integrado por organismos con baja representatividad: pterópodos, heterópodos, foraminíferos, radiolarios, medusas, quetognatos, larvas de equinodermos y huevos de peces. A diferencia del mesozooplancton estuvo conformado por menos grupos (11), de los cuales el 91,4% estuvo repartido entre los cladóceros (72,31 %) y copépodos (19,09%); las larvas de crustáceos, anélidos y equinodermos, huevos de peces, apendiculados y quetognatos representaron el 8,09%, mientras que el grupo “otros” lo conformaron los anfípodos, heterópodos, larvas de peces y larvas de bivalvos con porcentajes inferiores al 0,5% (Fig. 4B).

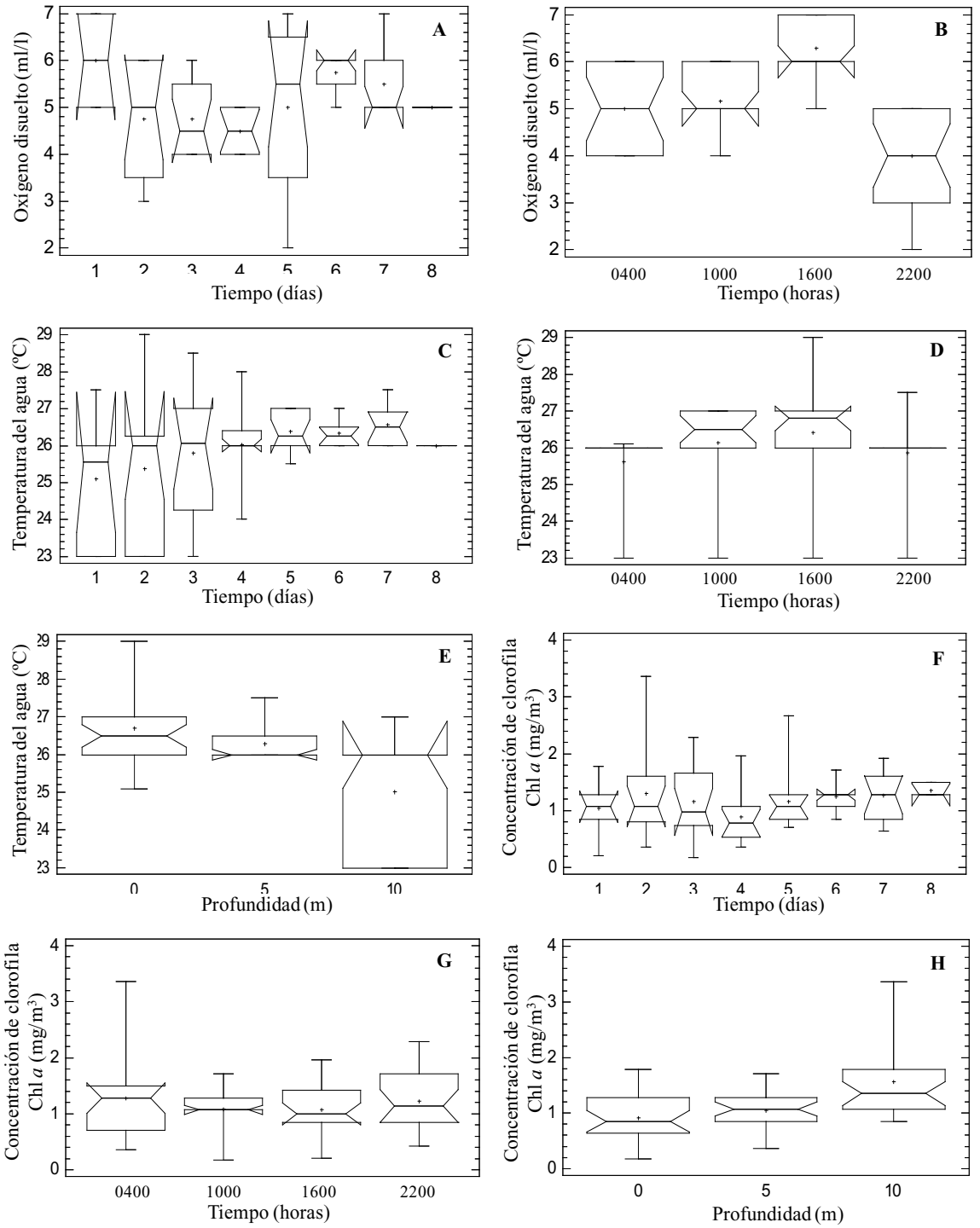


Fig. 1. Variación del oxígeno (A: tiempo en días, B: tiempo en horas), temperatura (C: tiempo en días, D: tiempo en horas, E: profundidades) y Clorofila *a* (F: tiempo en días, G: tiempo en horas, H: profundidades) en la parte interna de la bahía de Mochima, en época de sequía. +: mediana, ─: media, ⊤: valor mínimo y ⊥: valor máximo.

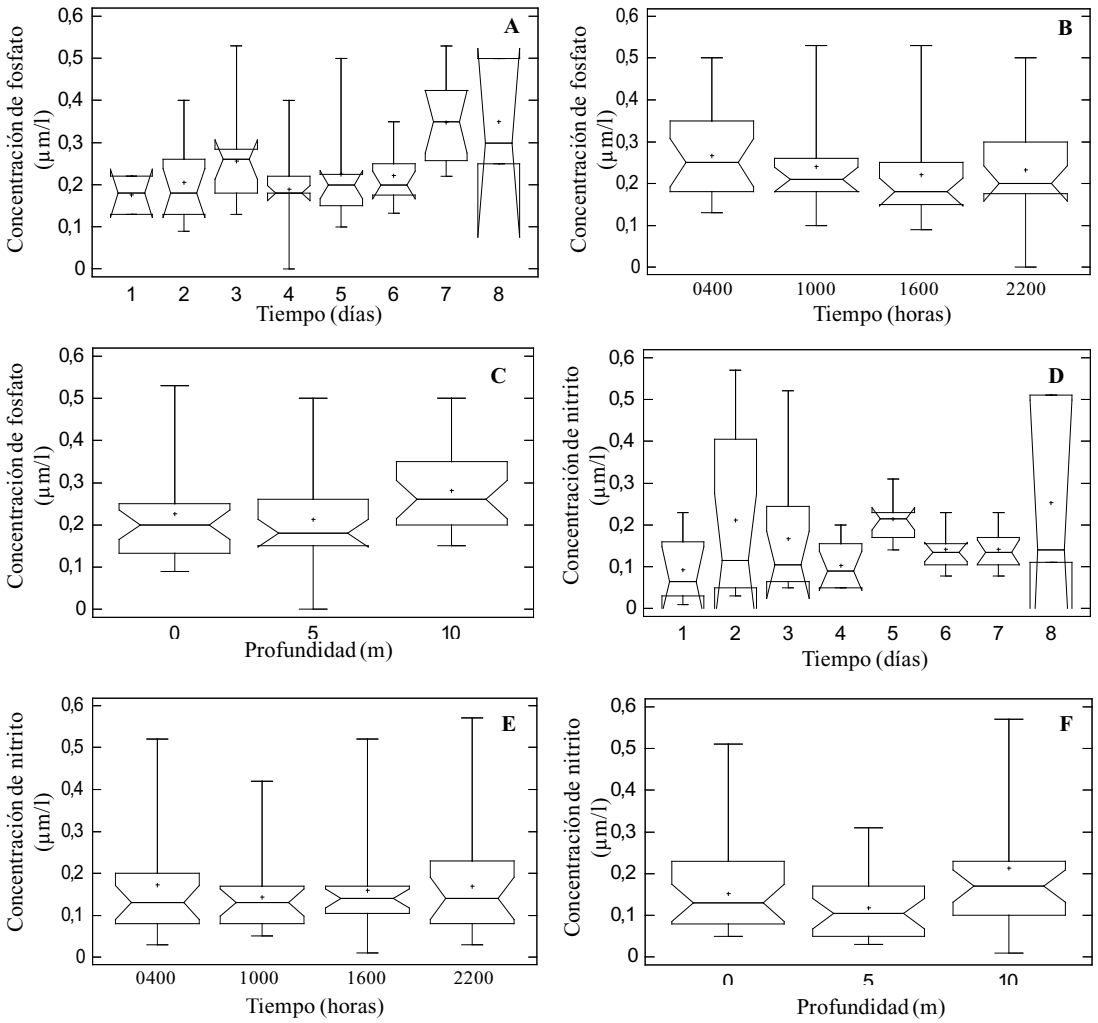


Fig. 2. Variación de los nutrientes fosfato (A: tiempo en días, B: tiempo en horas, C: profundidades) y nitrito (D: tiempo en días, E: tiempo en horas, F: profundidades) en la parte interna de la bahía de Mochima, en época de sequía. +: mediana, −: media, ⊤: valor mínimo y ⊥: valor máximo.

El MDS mostró separación entre las muestras de microzooplancton de los 0 y 5 metros con respecto a las de 10 metros de profundidad (Fig. 5A), mientras que en el mesozooplancton no se apreció distinción de los grupos seleccionados (en este caso horas de muestreo) (Fig. 5B).

Se encontró correlación significativa entre la matriz de densidad del microzooplancton por grupos y la de variables ambientales ($\rho = 0,13$; $p < 0,05$) así como para la del mesozooplancton ($\rho = 0,17$; $p < 0,01$).

Dentro del microzooplancton, se evidenció la migración vertical de los tres principales grupos: copépodos, cladóceros y larvas de crustáceos (Figs. 6A-6C). Dicha migración vertical fue más marcada en los copépodos, registrando las mayores abundancias en la superficie (0 m) a las 22:00 y 4:00 hora; este mismo comportamiento, se presentó en los cladóceros y las larvas de crustáceos.

ACP para el microzooplancton presentó una varianza acumulada para los primeros 3 componentes de 60,97%, mientras que para el mesozooplancton fue de 61,39% (Figs. 7A -7B). En ambas figuras se aprecian posibles relaciones entre el nitrito y la clorofila *a* y de éstas con la temperatura para el primer componente. En el segundo

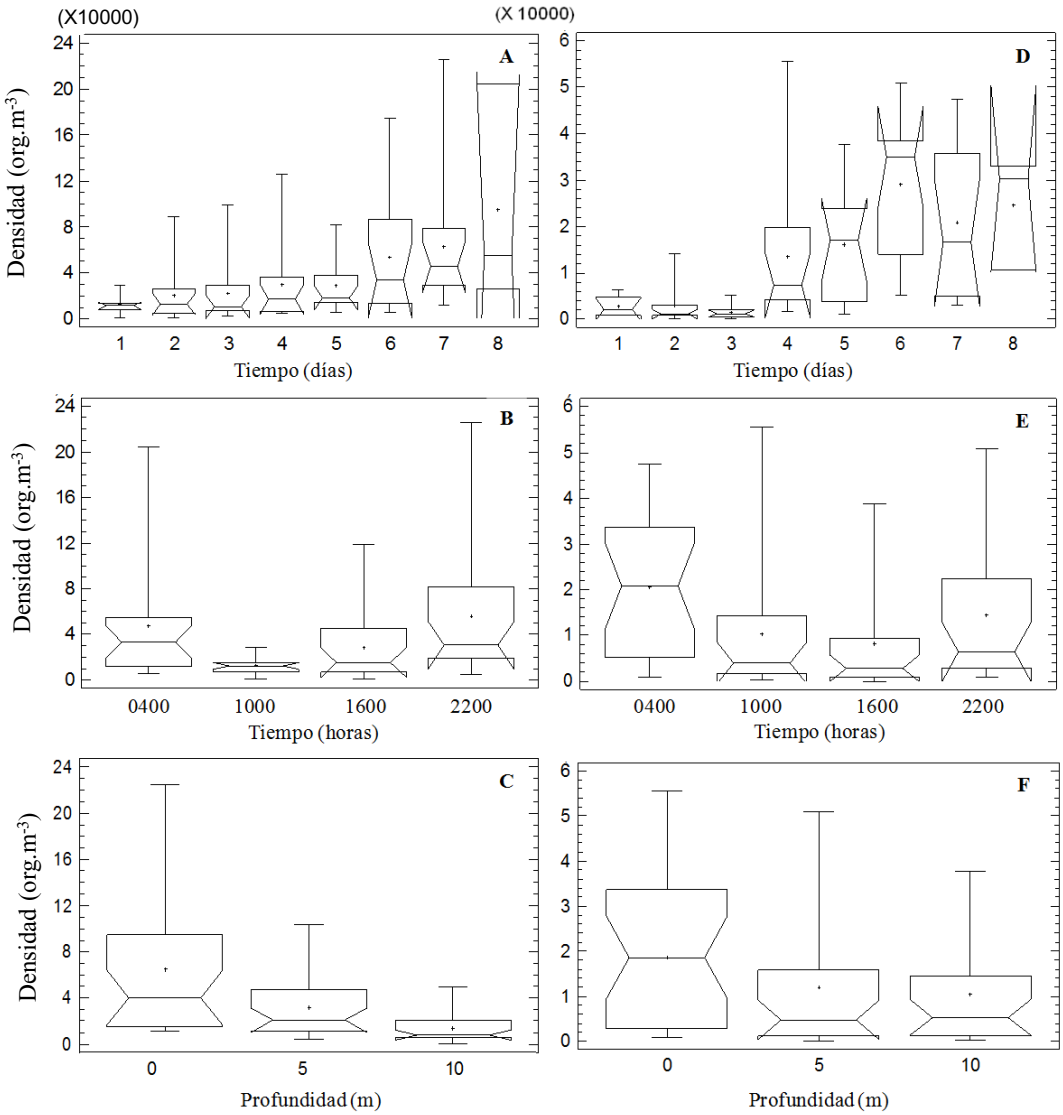


Fig. 3. Variación de la densidad zooplanctónica (Microzooplancton: A tiempo en días, B tiempo en horas, C profundidades. Mesozooplancton: D tiempo en días, E tiempo en horas, F profundidades) en la parte interna de la bahía de Mochima, en época de sequía. +: mediana, −: media, ⊤: valor mínimo y ⊥: valor máximo.

componente se visualiza una relación inversa entre el microzooplancton y el oxígeno disuelto, mientras que para el mesozooplancton se aprecia una asociación positiva con el oxígeno disuelto.

DISCUSIÓN

Los valores de las variables fisicoquímicas mostraron marcadas variaciones intradiarias, aunque no corresponden a intervalos característicos del período de surgencia costera, como ha sido señalada para la región nororiental del país (Fukuoka 1965; Alvera-Azcarate *et al.* 2009; Rueda-Roa & Muller-Karger 2013, Jury 2017). La variación temporal de la temperatura del agua mostró una ligera estratificación térmica entre la superficie y los 10 metros de profundidad. Sin embargo, estos resultados no coinciden con los valores típicos de la surgencia costera del nororiente venezolano, caracterizada por aguas de menor temperatura (< 23 °C) y estratificación de la columna de agua, como ha sido señalado específicamente para la bahía de Mochima

Tabla 1. PERMANOVA en base a las disimilitudes de Bray-Curtis (con transformación raíz cuarta) de los datos multivariados, (a) microzooplancton y (b) mesozooplancton considerando como factores fijos ortogonales día, hora y profundidad. FV: Fuente de variación. GL: Grados de libertad. SC: Suma de cuadrados. CM: Cuadrados medios. *F*: Pseudo-F. P (perm): Probabilidad calculada por permutaciones, *interacciones significativas.

FV	G L	SC	CM	*F*	P (perm)
(a)					
Día	7	13887	1983,8	6,3956	0,0001
Profundidad	2	11856	5927,8	19,111	0,0001
Hora	3	7390,9	2463,6	7,9425	0,0001
Día x Profundidad	14	4424,1	316	1,0188	0,4577
Día x Hora	16	11209	700,55	2,2585	0,0001*
Profundidad x Hora	6	3612,1	602,02	1,9408	0,0073*
Residuales	32	9925,8	310,18		
Total	80	67212			
(b)					
Día	7	35374	5053,4	4,9092	0,0001
Profundidad	2	3302,8	1651,4	1,6043	0,106
Hora	3	8531,3	2843,8	2,7626	0,0002
Día x Hora	16	21497	1343,6	1,3052	0,0565*
Removido	52	53527	1029,4		
Total	80	$1,231E^5$			

Tabla 2. Estimados de los componentes de variación mostrados en la prueba PERMANOVA para el micro y mesozooplancton.

Fuente	Estimado	Raíz cuadrada
(a)		
Día	169,79	13,03
Profundidad	270,64	16,451
Hora	113,34	10,646
Día x Profundidad	1,7717	1,3311
Día x Hora	130,12	11,407
Profundidad x Hora	46,079	6,7882
Residuales	310,18	17,612
(b)		
Día	408,24	20,205
Profundidad	23,038	4,7998
Hora	95,495	9,7722
Día x Hora	104,74	10,234
Residual	1029,4	32,084

por Okuda *et al*. (1978) y González *et al*. (2006). Estos mayores valores en los registros de temperatura, pueden deberse a la topografía de la bahía, debido a que posiblemente aguas estancadas en regiones cercanas al área de estudio, pudieron desplazarse hacia el muelle de la estación por acción del viento, enmascarando el fenómeno de surgencia costera (Rodríguez, 2009). Por otro lado, las descargas de aguas de la laguna de

estabilización adyacente a la zona de muestreo, pueden influenciar la temperatura puesto que los valores de las aguas de dicha laguna son de 30 ºC aproximadamente (Expósito & Zoppi 1999).

Los mayores registros de oxígeno disuelto se corresponden con el período de luz, por lo que podría asociarse con procesos fotosintéticos y con la facilidad de intercambio gaseoso océano-atmósfera cuando la temperatura es más alta producto de la irradiancia. Al respecto, Quintero *et al.* (2004) sostienen que el contenido de oxígeno disuelto proviene principalmente de la interacción atmósfera-océano por absorción y en menor proporción de la fotosíntesis.

En cuanto a la Chl *a,* González (2002) obtuvo resultados similares (1,08 mg.m^{-3}) en la boca del río Manzanares (estado Sucre, Venezuela) durante la época de sequía; sin embargo, Marcano *et al.* (2010) para el mismo estudio realizado en la época de lluvia, obtuvieron valores más altos (2,05 mg chl *a* m^{-3}). Esta diferencia puede ser explicada por Costa *et al.* (2007), quienes señalan que el aumento de la biomasa fitoplanctónica en el período lluvioso en los ambientes costeros está asociado al incremento de la concentración de nutrientes por el drenaje terrestre. Con respecto a la profundidad, los mayores registros de Chl *a*, se detectaron a los 10 m, lo cual coincide con las mayores concentraciones de nutrientes (nitrito y fosfato). Resultados similares fueron señalados por Rodríguez (1995) y Expósito & Zoppi (1999) quienes encontraron la mayor concentración de biomasa fitoplanctónica entre los 5 y 10 metros en la parte interna de la bahía de Mochima, atribuyéndolo a un mayor suministro de nutrientes a 10 m, combinado con la fotoinhibición en la columna de agua superior.

Las variaciones en la concentración de fosfato durante el período de estudio, posiblemente estén asociadas a un aumento en las descargas de aguas servidas como producto de un incremento de la población del pueblo

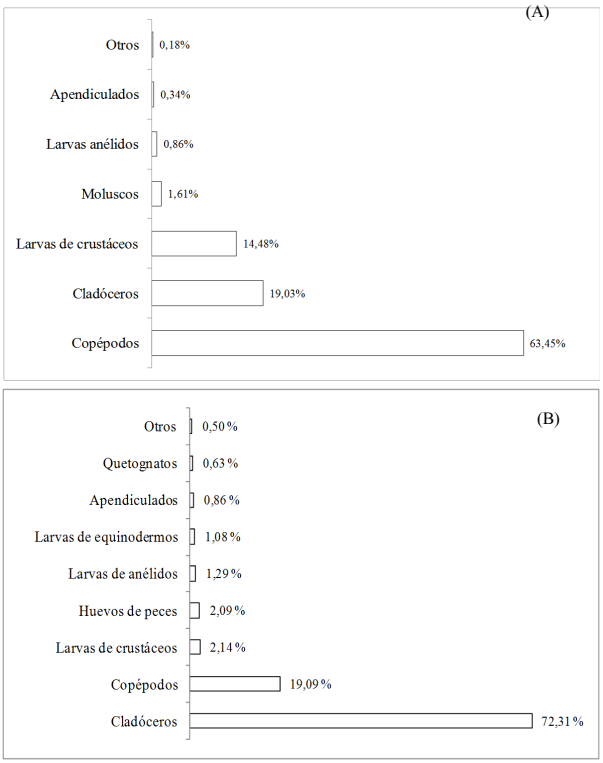


Fig. 4. (A) Composición porcentual del microzooplancton (100 µm), y (B) del mesozooplancton (300 µm), en la parte interna de la bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela, en época de sequía

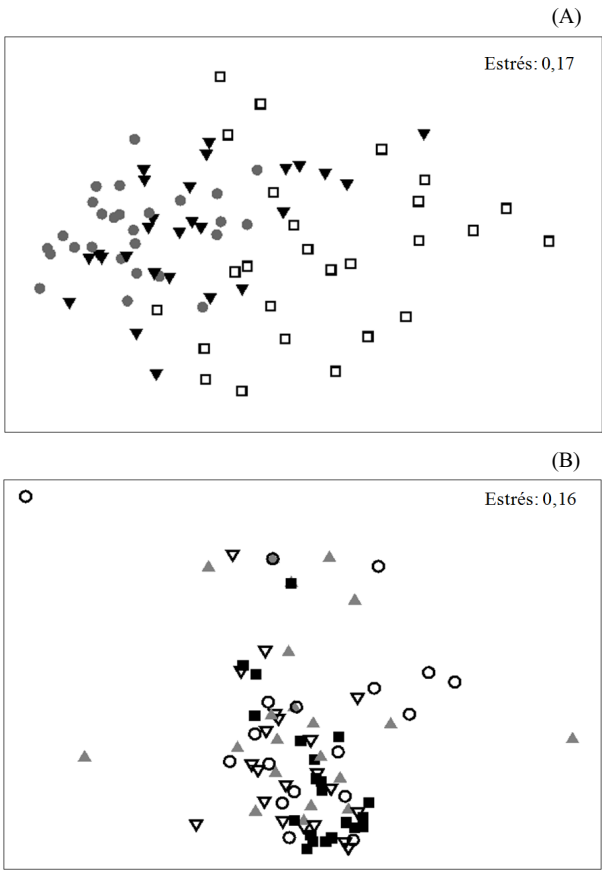


Fig. 5. (A) Ordenación multivariada (MDS) de las muestras de microzooplancton de 0 (●), 5 (▾) y 10 (□) metros de profundidad y (B) de las muestras de mesozooplancton de las 04:00 (■), 10:00 (○), 16:00 (▲) y 22:00 (▽) horas, en la parte interna de la bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela, en época de sequía.

de Mochima por coincidir los valores más altos de dicho nutriente, con la mayor incidencia de turistas en el pueblo los días 4 y 5 (temporada de Carnaval). Se sabe que estos compuestos son utilizados en los detergentes, los cuales están presentes en altas cantidades en las aguas de desechos domésticos e industriales (Márquez-Rojas *et al*. 2007). Expósito & Zoppi (1999) señalan en su estudio sobre el efecto de la laguna de estabilización de Mochima sobre el fitoplancton marino, que las más altas concentraciones de fosfatos se hallaron en la zona interna de la bahía, cercana a las descargas de ese cuerpo de agua, en comparación con las zonas más alejadas de ésta.

Para el nitrito los valores fueron más bajos que los reflejados por Quintero *et al.* (2004), los cuales obtuvieron valores superiores de nitrito, en la misma bahía (0,1 a 0,6 µm l^{-1}), mientras que Pirela *et al.* (2007) señalaron valores promedios similares en agosto, para la bahía de Charagato (Isla de Cubagua). Salazar-Gómez *et al* (2011) indica que la oxidación del nitrito podría ser más lenta a los 10 metros, ya que a esta profundidad hay menor temperatura y posiblemente menos oxígeno disuelto, lo cual se corresponde con los resultados del presente trabajo.

La densidad media del microzooplancton fue mayor que la del mesozooplancton. Esto se corrobora con lo señalado por Freón *et al.* (1989) quienes mencionaron que los ambientes marinos están compuestos en su mayoría por los organismos planctónicos de menor talla. De igual manera, Miloslavić *et al.* (2012) reportaron mayores densidades a nivel costero de microzooplancton que de mesozooplancton en un estudio comparativo de la región costera y mar abierto frente Albania (Mar Adriático). Por su parte, Schmoker *et al* (2016) en dos estaciones costeras de la isla Jurong, Singapur, reportaron mayores concentraciones del

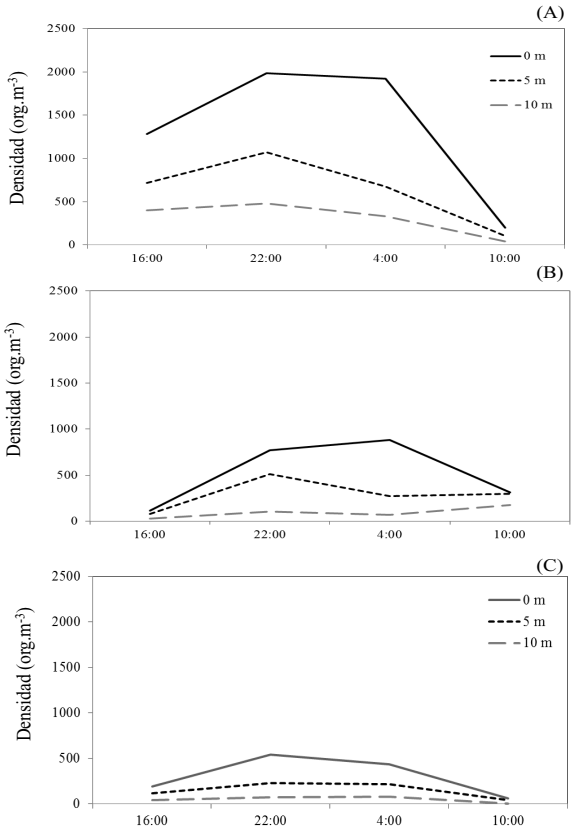


Fig. 6. Variación nictimeral de los copépodos, cladóceros y las larvas de crustáceos en la parte interna de la bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela, en época de sequía.

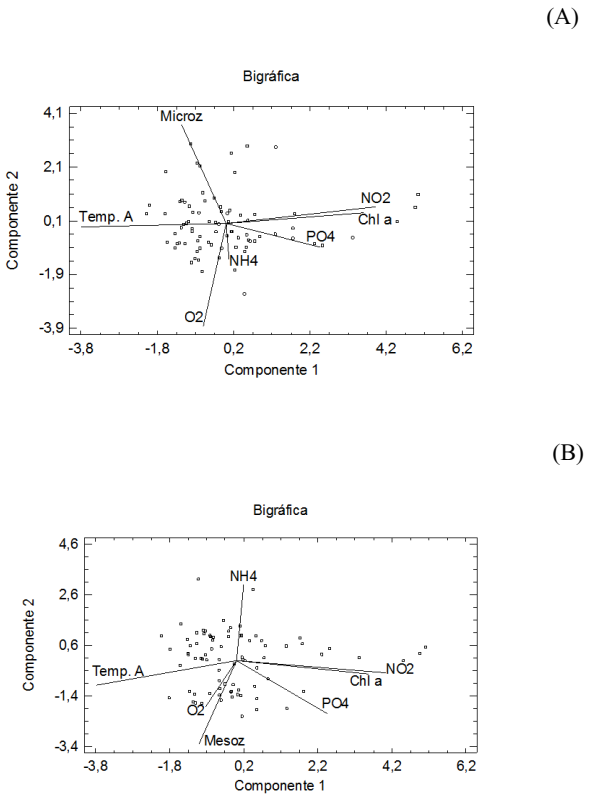


Fig. 7. (A) Proyección ortogonal de los dos primeros componentes de las variables hidrológicas e hidrobiológicas del microzooplancton (100µm) y (B) del mesozooplancton (300 µm) en la parte interna de la bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela, en época de sequía.

microzooplancton. En Venezuela, Marcano *et al.* (2010), en un estudio similar a la presente investigación, pero en época de lluvia, también obtuvieron mayores valores de microzoplancton, aunque con un promedio mucho más bajo (19 128 org.m^{-3}), lo cual era de esperarse debido a que la presente investigación se efectuó durante la época de sequía, señalado por Rueda-Roa & Muller-Karger (2013) como un proceso que sostiene ecosistemas altamente productivos en la región sur del Caribe (Jury 2017). Es importante destacar, que no sólo el efecto de la surgencia puede explicar la mayor densidad encontrada en el presente trabajo, sino también podría deberse a las variaciones temporales en la comunidad planctónica, así como al aporte de nutrientes de origen antrópico, los cuales pueden variar en ciertas temporadas (Expósito & Zoppi 1999).

La mayor abundancia zooplanctónica se observó en horas de la noche (22:00 y 04:00 h) para ambas tallas, apreciándose además en el caso del microzooplancton, altas densidades en el estrato superficial de la columna de agua. Esto también fue registrado por Wen-Tseng *et al*. (2004) en una zona de surgencia, al norte de Taiwán, donde evidenciaron las mayores concentraciones de copépodos sobre los 200 m de profundidad a las 21:00 horas y una densidad mayor aún a las 02:00 horas a nivel superficial (0 a 1 m). Resultados similares también fueron referidos por Schwamborn *et al.* (2008) en el estuario Catuama (Brasil) y por Marcano *et al.* (2010) en la bahía de Mochima. El hecho de que las densidades para ambas tallas estudiadas, hayan sido mayores durante las horas de la noche, podría atribuirse a los fenómenos de migración vertical que afectan la distribución de algunos grupos zooplanctónicos a lo largo de la columna de agua (Wen-Tseng *et al*. 2004; Schwamborn *et al*. 2008); sin embargo, es importante destacar que durante el día no se observó un aumento considerable de los organismos en las capas profundas, posiblemente porque el zooplancton se difunde hacia la zona demersal epibentónica, no necesariamente se concentra a 10 m, y al llegar la noche vuelve a migrar aumentando todas las profundidades estudiadas.

La composición de los organismos del microzooplancton mostró el mayor porcentaje para los copépodos, seguidos por los cladóceros, lo cual es común en la mayoría de los estudios referentes a las comunidades zooplanctónicas (Gasca & Suárez 1996), mientras que en el mesozooplancton el grupo más abundante correspondió a los cladóceros, seguido por los copépodos, larvas de crustáceos y huevos de peces. En ese sentido, Márquez-Rojas *et al.* (2008) y Márquez-Rojas (2018) reportaron a los cladóceros como el grupo más abundante en el mesozooplancton, en la parte interna de la bahía de Mochima y en el eje costero Arapo-Arapito, ambos en el estado Sucre (Venezuela) respectivamente, en los meses de surgencia costera. En adición a lo anterior, Marazzo & Valentin (2004) establecen que los cladóceros en muchas áreas pueden competir con los copépodos en abundancia numérica.

La separación de las muestras del estrato superficial (0 y 5 m) con respecto al estrato más profundo (10 m) en la ordenación multivariada de la matriz del microzooplancton permitió visualizar la posible existencia de patrones que diferencian a los estratos evaluados de la columna de agua, con base a la densidad por grupos taxonómicos encontrados, no observándose lo mismo para la ordenación del mesozooplancton, donde no se distinguió patrón evidente de agrupación.

Lo anterior, es resaltado por el PERMANOVA, donde las interacciones significativas indican que el efecto del factor día sobre la densidad por grupos es diferente a lo largo de las horas (para micro y mesozooplancton) y que el efecto del factor profundidad tampoco es el mismo para cada uno de las horas estudiadas (sólo en el caso del microzooplancton). Lo primero es un reflejo del gran dinamismo diario e intradiario de los organismos del plancton (Messie & Chavez 2017) y lo segundo pone en evidencia los patrones de migración vertical de los organismos evaluados.

Por su condición de presa y/o depredador y por la influencia de factores abióticos (Horppila *et al.* 2000), los organismos zooplanctónicos han desarrollado diferentes patrones de distribución vertical, que van desde un patrón de migración normal, permanencia en la superficie en horas de oscuridad y descenso al estrato afótico durante el día (Perticarrari *et al.* 2004), hasta la migración inversa (Gavilán-Díaz 2000) y crepuscular (Torres-Orozco & Estrada-Hernández 1997), que son comportamientos más inusuales en el zooplancton. En la presente investigación la conducta migratoria normal fue muy clara en los copépodos, cladóceros y las larvas de crustáceos del microzooplancton, registrando las abundancias mayores durante las horas de oscuridad. Gómez-Aguirre (2001) estudió el comportamiento de migración vertical de *Acartia tonsa* y *A. lilljeborgii,* durante un eclipse del sol, a nivel superficial y a 10 m

de profundidad, reportando un incremento durante el eclipse y declinando al restablecerse la luminosidad, para luego aumentar ambas especies al anochecer. De igual manera, López-Peralta (2012) reportó un incremento en la abundancia general de los copépodos en el Pacífico Tropical Oriental durante la noche y en cuarto menguante lunar. Por su parte, Torres-Orozco & Estrada Hernández (1997), indican que la mayoría de los crustáceos realizan migraciones nocturnas. Tal afirmación queda demostrada en la presente investigación, confirmando además que los copépodos presentaron la máxima amplitud de migración. Del mismo modo, Castellano-Osorio & Suárez-Morales (1997) también reportaron presencia y mayor abundancia de larvas de crustáceos decápodos durante las horas nocturnas en el arrecife de Mahahual (México).

La correlación positiva entre ambos grupos zooplanctónicos, posiblemente sea observada por pertenecer éstos a un mismo componente (el zooplancton). Adicionalmente, dentro del mesozooplancton se encuentran depredadores (algunas especies de copépodos, quetognatos, larvas de peces) del microzooplancton. La asociación positiva entre la densidad de organismos de esta última talla con la temperatura puede deberse al incremento de la tasa metabólica de los individuos con el aumento de la temperatura, según lo señalado por Curtis & Barnes (2006) e Isla *et al*. (2015).

Con respecto a la correlación positiva entre la temperatura y el oxígeno disuelto, Quintero *et al.* (2004) indican que las variaciones que tienen lugar en el contenido de esta segunda variable se deben esencialmente a las variaciones térmicas. Por otro lado, la asociación negativa entre temperatura y Chl *a*, quizás sea un indicativo del fenómeno de surgencia la cual según Molinet *et al*. (2008) se presenta como una masa de agua de características diferentes a la superficial circundante (de menor temperatura y mayor contenido de sales nutrientes). En el caso del nitrito y el fosfato, su asociación es de esperarse para la época de surgencia por ser éstos algunos de los nutrientes que son re-suspendidos producto del afloramiento de aguas subsuperficiales, además de su incremento por las aguas servidas.

En un estudio comparativo realizado por Johannsson *et al*. (1993), empleando redes de zooplancton y sistema de bomba, observaron que el sistema de bomba muestreaba más eficientemente algunas especies que el de las redes; sin embargo, en sus muestras los volúmenes fueron similares para cada dispositivo. No obstante, Masson *et al*. (2004), realizaron un estudio parecido, pero filtraron diferentes volúmenes de agua, por lo que las diferencias en la abundancia de los diferentes taxa fue difícil de explicar.

Estas discrepancias deben ser consideradas cuando se trata de comparar el rendimiento de los dispositivos de muestreo. En especial la heterogeneidad podría estar en el origen de estas diferencias, porque muchos estudios han demostrado la distribución a microescala del zooplancton en relación con diferentes factores bióticos y abióticos (Maar *et al*. 2003; Masson *et al.* 2004). Sin embargo, el sistema de bombeo ha demostrado ser útil en zonas costeras protegidas, poniendo de manifiesto la eficiencia del método, ya que la mortalidad por el paso a través de las mangueras es relativamente baja, así como las turbulencias son mínimas y se disminuye la probabilidad de causar la muerte y lesiones a los organismos durante el proceso de la toma de la muestra (Icamberry & Richardson 1973; Paggi 1985; Masson *et al.* 2004; Mauro de Melo *et al.* 2007). El uso de bombas también ha sido utilizado como alternativa al uso de las redes en el muestreo de aguas de lastre (Hernández *et al.* 2017) y además ha sido empleado en algunos estudios en la costa venezolana (Marcano *et al.* 2010; García 2013; Soto *el at.* 2015).

Existe un consenso general en la comunidad científica de que los patrones de migración se deben a una combinación de factores debido a la complejidad que afecta al zooplancton en la columna de agua como depredación, fuentes de alimentos, temperatura y luz (Folt & Burns 1999; Rusconi-Rodrigues 2016). No obstante, en la presente investigación se observó una correlación directa del microzooplancton entre la profundidad de disponibilidad de alimentos y el momento de la migración del zooplancton, pero no se observó un patrón entre la temperatura y los movimientos; tampoco se encontró ninguna relación con el mesozooplancton. Por lo que un estudio a largo plazo y con mayor profundidad sería más adecuado para vincular los patrones de migración intradiarios que experimenta el zooplancton.

REFERENCIAS

Alvera-Azcárate, A., A. Barth & R. H. Weisberg. 2009. A nested model of the Cariaco Basin (Venezuela): description of the basin's interior hydrography and

interactions with the open ocean. *Ocean Dyn.* 59(1): 97-120.

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

Bathmann, U., M. Bundy & M. Clarke. 2001. Future marine zooplankton research a perspective. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 222: 297-308.

Beenamma, J. & S. M. Yamakanamardi. 2011. Monthly Changes in the Abundance and Biomass of Zooplankton and Water Quality Parameters in Kukkarahalli Lake of Mysore, India. *J. Env. Biol.* 32: 551-7.

Boltovskoy, D. 1999. *South Atlantic zooplankton*. Backhuys Publishers, Leiden, Vol. I y II. Argentina. 868 pp.

Bork, P., C. Bowler, C. de Vargas, G. Gorsky, E. Karsenti & P. Wincker. 2015. Tara Oceans studies plankton at planetary scale. *Science.* 348 (6237): 873-873.

Campos, A. & E. Suárez. 1994. *Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe. I. Biología y Sistemática*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO)/ CONACYT, México. 360 pp.

Castellanos-Osorio, I. & E. Suárez-Morales. 1997. Observaciones sobre el zooplancton de la zona arrecifal de Mahahual, Quintana Roo (Mar Caribe Mexicano). *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.* 68(2): 237-252.

Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.,* 18: 117–143. Doi:10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x

Clarke, K. & R. Warwick. 2001. *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. PRIMER-E Ltd., Plymouth. 82 pp.

Costa, V., E. Sousa & L. Pereira. 2007. *Variaçao espaço"temporal da concentraçao de clorofila aem uma praia do litoral norte brasileiro (Bragança, Pará)*. En: *XII Congreso Latino-Americano de Ciencias del Mar (COLACMAR)*.Florianópolis, Brasil. 642 p.

Curtis, H. & N. Barnes. 2006. *Biología*. Editorial Medica Panamericana, Buenos Aires. 1160 pp.

Expósito, N. & E. Zoppi. 1999. Efectos de las descargas de una laguna de estabilización sobre el ecosistema marino. Libro de Resúmenes Ampliados del VIII Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar (COLACMAR), Perú, Tomo II: 845-847.

Fletcher, D. J. & A. J. Underwood. 2002. How to cope with negative estimates of components of variance in ecological field studies. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 273: 89-95.

Folt C. & C.W. Burns. 1999. Biological drivers of zooplankton patchiness. *Trends Ecol. Evol.* 14: 300-305.

Freón, M., M. El Khattabi, J. Mendoza & R. Guzmán. 1989. Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* of the coast of Venezuela. *Mar. Biol.* 128: 363-372.

Fukuoka, J. 1965. Coastal upwelling near Venezuela. (I) Year to year change of upwelling. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 4(2): 223-233.

Gasca, R. & M. Suárez. 1996. *Introducción al estudio del zooplancton marino.* El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. 711 pp.

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, Venezuela, 73 pp.

Gavilán-Díaz, R. 2000. Análisis de la diversidad en ciénagas del Magdalena Medio Santandereano (Neotrópico) con énfasis en la Comunidad zooplanctónica y el ciclo hidrológico regional. Fase I y II. Informe Convenio UIS-Cormagdalena. 353 pp.

Gómez-Aguirre, S. 2001. Migración vertical de *Acartia tonsa* y *A. lilljeborgii* (Crustacea: Copepoda) durante un eclipse de sol. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.* 72(2): 167 – 175.

Gómez, A. & I. Hernández-Ávila. 2008. Abundancia interanual del zooplancton nocturno en la costa Este de isla Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez*. 47: 91-102

González, L. 2002. *Ecología de la desembocadura del río Manzanares, Cumaná, Estado Sucre.* Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 120 pp.

González, F.; Zoppi, E. & E. Montiel. 2006. Productividad primaria del fitoplancton en la bahía de Mochima, Venezuela. *Invest. Mar*. 34(2): 37-45.

Hernández, M. R., M. L. Johansson, Y. Xiao, M. A. Lewis & H. J. Mac Isaac. 2017. Modeling sampling strategies for determination of zooplankton abundance in ballast water. *Mar. Pollut. Bull.* 115(1-2): 80-85.

Horppila, J., T. Malinen, L. Nurminen, P. Tallberg & M. Vinni. 2000. A metalimnetic oxygen minimum indirectly contributing to the low biomass of cladocerans in Lake Hiidenvesia diurnal study on the refuge effect. *Hydrobiologia.* 436: 81–90.

Icamberry, J. & R. Richardson. 1973. Quantitative sampling of live zooplankton with a filter-pump system. *Limnol. Oceanogr.* 18: 333-335.

Isla, A., R. Scharek & M. Latasa. 2015. Zooplankton diel vertical migration and contribution to deep active carbon flux in the NW Mediterranean. *J. Marine Syst.* 143: 86-97.

Johannsson, O. E., M. A. Shaw & N.D. Yan. 1993. Comparison of freshwater zooplankton sampling gear: nets, traps and submersible pump. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*1894: 29.

Jose, E. C., E. F. Furio, V. M. Borja, N.C. Gatdula & M. D. Santos. 2015. Zooplankton composition and abundance and its relationship with physico-chemical parameters in Manila Bay. *Oceanography.* 3: 136. Doi:10.4172/2332-2632.1000136.

Jury, M. R. 2017. Eastern Venezuela coastal upwelling in context of regional weather and climate variability. *Reg. Stud. Mar. Sci*. Doi.org/10.1016/j.rsma.2017.10.010

Lenz, J. 1972. A new type of plankton pump on the vacuum principle. *Deep-Sea Res.* 19: 453-459.

López-Peralta, R. H. 2012. Distribución y abundancia de copépodos pelágicos en el pacífico colombiano. *Revista Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada*. 8 (1): 108-131.

Maar, M., T. G. Nielsen & A. Stips. 2003. Microscale distribution of zooplankton in relation to turbulent diffusion. *Limnol. Oceanogr*. 48: 1312–1325.

Marazzo, A. & J. L. Valentin. 2004. Population dynamics of *Pseudevadne tergestina* (Branchiopoda: Onychopoda) in Guanabara Bay, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol*. 47: 713–723.

Marcano, Y., B. Márquez, J. R. Díaz-Ramos, L. Troccoli, B. Marín, I. Salazar & K. Rincones. 2010. Variables fisicoquímicas que influyen a corto plazo en el zooplancton de la bahía de Mochima, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 49(2): 129-145.

Marín, B., C. Lodeiros, D. Figueroa & B. Márquez. 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-Rojas, B., Marín, B., Zoppi, E. & C. Moreno .2006. Zooplancton del golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 45: 61-78.

Márquez-Rojas, B., Marín, B., Díaz, J., Troccoli, I. & S. Subero. 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*. 42(3): 241-252.

Márquez-Rojas, B., B. Marín, J.R. Díaz-Ramos & L. Troccoli. 2008. Biomasa, densidad y composición zooplanctónica de la bahía de Mochima, Venezuela. *Gayana.* 72 (1): 52-67.

Márquez-Rojas, B., L. Troccoli, L. Marcano, M. Morales, T. Allen, B. Marín & J. R. Díaz-Ramos. 2011. Estructura comunitaria del zooplancton en dos localidades del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 50: 103-119.

Márquez-Rojas, B., L. Troccoli, B. Marín & J. R. Díaz-Ramos. 2018. Abundancia y distribución del zooplancton superficial de la zona costera Arapito – Santa Fé, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Invest. Mar. Cost*. 47 (2): 111-133

Masson, S., B. Pinel-Alloul, G. Methot & N. Richard. 2004. Comparison of nets and pump sampling gears to assess zooplankton vertical distribution in stratified lakes. *J. Plankton Res.* 26(10): 1199-1206.

Mauro De Melo, J., M. Nogueira, R. Schwamborn, S. Neumann & W. Ekau. 2007. Fluxes of zooplankton biomass between a tidal estuary and the sea in northeastern Brazil. *Braz. J. Oceanogr.* 55(4): 239-249.

Melo, M., M. Nogueira, S. Schwamborn, S. Neumann & W. Ekau. 2007. Fluxes of zooplankton biomass

between a tidal estuary and the sea in northeastern Brazil. *Braz. J. Oceanogr.* 55(4): 239-249.

Messié, M. & F. P. Chavez. 2017. Nutrient supply, surface currents, and plankton dynamics predict zooplankton hotspots in coastal upwelling systems. *Geophys. Res. Lett.* 44(17): 8979-8986.

Miloslavić, M., D. Lučić, J. Njire, B. Gangai, I. Onofri, R. Garić, M. Žarić, F. M. Osmani, B. Pestorić, E. Nikleka & S. Shumka. 2012. Dinamika zooplanktona u zatvorenim morskim ekosustavima (Mljetska Jezera, Np „Mljet"): sezonske i dugoročne. *Acta Adriatica.* 53(2): 163 – 178.

Mitsuka, P. & R. Henry. 2002. The fate of copepod populations in the Paranapanema River (Sao Paolo, Brazil), downstream from the Jurumirim Dam. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 45(4): 479-490.

Molinet, R., F. Arocha & J. Cárdenas. 2008. *Evaluación de los recursos pesqueros en el oriente venezolano.* Petróleos de Venezuela, S. A. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. 175 pp.

Morales, N., Ledo, H. & G. Godoy. 2001. Estudio de la comunidad del zooplancton en la Laguna de Sinamaica. *Ciencia.* 9(3): 313-327.

Okuda, T., J. Álvarez, J. Bonilla & G. Cedeño. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente.* 17(1&2): 69-88.

Paggi, J. 1985. Distribución vertical del zooplancton en el río Paraná medio (km 603). *Rev. Hydrobiol. Trop.* 18(1): 13-21.

Peñuela, M. 2000. *Análisis cuantitativo y cualitativo del zooplancton superficial de la Fosa de Cariaco, Venezuela.* Trab. Grad. Lic. Biología. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 100 pp.

Perticarrari, A., M. Arcifa & R. Rodrigues. 2004. Diel vertical migration of copepod in a Brazilian lake: A mechanism for decreasing risk of *Chaoborus* predation? *Braz. J. Biol.* 64(2): 289-298.

Pirela, E., L. Troccoli & I. Hernández. 2007. Hidrografía y microfitoplancton de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela, durante el período mayo 2003 – junio 2004. XII Congresso Latino-Americano sobre las Ciencias del Mar (XII COLACMAR), Tomo I, Florianópolis, Brasil.

Quintero, A., J. Bonilla, L. Serrano, M. Amaro, B. Rodríguez, G. Terrejova & Y. Figueroa. 2004. Características ambientales de la Bahía de Mochima y adyacencias de la Cuenca de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente.* 43(1&2): 49-64.

RaphaëlN'doua, E., A. M. Kouassi & A. MaryseN'guessan. 2009. Spatio-Temporal Variations of the Zooplankton Abundance and Composition in a West African Tropical Coastal Lagoon (Grand-Lahou, Côte d'Ivoire). *Hydrobiologia.* 624: 171-189.

Rawlinson, K., J. Davenport & D. Barnes. 2005. Tidal exchange of zooplankton between Lough Hyne and the adjacent coast. *Estuar. Coast. Shelf S.* 62: 205-215.

Rincones, K. 2008. *Variabilidad diaria del fitoplancton en la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela, durante el periodo lluvioso (03/08 – 10/08/2006).* Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 98 pp.

Rodríguez, A. 1995. *Fitoplancton de la bahía de Mochima, Estado Sucre: abundancia y biomasa en el canal central*. Trab. Grad. Lic. Biología. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 112 pp.

Rodríguez, F. 2009. *Cambios a corto plazo de la biomasa fitoplanctónica en la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela, en época de surgencia*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 78 pp.

Rodríguez, J. 1978. Distribución espacial del zooplancton en pequeña escala, en la laguna costera de Tacarigua, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente.* 17(1&2): 55-68.

Rueda-Roa, D. & F. Muller-Karger. 2013. The southern Caribbean upwelling system: Sea surface temperature, wind forcing and chlorophyll concentration patterns. *Deep-Sea Res.* I. Disponible en http//dx.doi.org/10.1016/j.dsr.2013.04.008i (revisada marzo 2019).

Rusconi-Rodrigues, G. 2016. Understanding Diurnal Vertical Migration of Zooplankton in Perialpine Freshwater Lakes. Spring. https://nature.berkeley.edu/classes/es196/projects/2016final/Rusconi-RodriguesG_2016.pdf (revisada mayo 2019).

Salazar-Gómez, I., J. R. Díaz-Ramos, K. Rincones-Reyes, L. Charzeddine, S. Subero-Pino, L. Troccoli-

Ghinaglia, B. Márquez, B. Marin, A. Márquez & D. Hernández. 2011. Cambios diarios de la biomasa fitoplanctónica en la Bahía de Mochima, Venezuela, durante la época de lluvias. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. 50* (1): 69-77.

Sameoto, D., P. Wiebe, J. Runge, L. Postel, J. Dunn, C. Miller & S. Coombs. 2000. *Collecting zooplankton*. En: *Zooplankton methodology manual.* Harris, P., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H. & M. Hunthey. (eds). Academic Press, San Diego, USA. 55-81.

Schmoker, C., F. Russo, G. Drillet, A. Trottet, M. S. Mahjoub, S. H. Hsiao & A. Calbet. 2016. Effects of eutrophication on the planktonic food web dynamics of marine coastal ecosystems: The case study of two tropical inlets. *Mar. Environ. Res.* 119: 176-188.

Schwamborn, R., J. Mauro, S. Leitão, W. Ekau & M. Nogueira. 2008. Dynamic patterns of zooplankton transport and migration in Catuama Inlet (Pernambuco, Brazil), with emphasis on the decapod crustacean larvae. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 36(1): 109-113.

Selleslagh, J. & R. Amara. 2008. Environmental factors structuring fish composition and assemblages in a small macrotidal estuary (eastern English Channel). *Estuar. Coast. Shelf Sci.,* 79: 507 - 517.

Sheskin, D. 2004. *Parametric and nonparametric statistical procedures*. Chapman & Hall. Boca Ratón.

Smith, D. 1977. *A Guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae*. Kendall/Hunt Publishing Company, USA. 221 pp.

Smitha, P., A. Shivashankar & G. Venkataramana. 2013. Zooplankton diversity of Chikkadevarayana Canal in relation to physic-chemical characteristics. *J. Env. Biol.* 34: 819-24.

Soto, P. G., L. Troccoli, J. R. Díaz, G. Martínez & R. Crescini. 2015. Variabilidad a corto plazo de la hidrografía y fitoplancton, en la ensenada de Turpialito, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 54(2): 125-137.

Strickland, J. & T. Parsons. 1972. A practical handbook of sea water analysis. *J. Fish. Res. Board Can.* 167: 1-310.

Taggart, C. T. & W. C. Leggertt. 1984. Efficiency of large-volume plankton pumps, and evaluation of a design suitable for deployment from small boats. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1428-1435.

Torres-Orozco, R. & M. Estrada-Hernández. 1997. Patrones de migración vertical en el plancton de un lago tropical. *Hidrobiológica.* 7: 33-40.

Trégouboff, G. & M. Rose. 1978. *Manuel de planctologie meiditerranéenne*. I y II. Editions du centre de la recherche scientifique, Paris. 587 pp.

Villegas, N., Malikov, I. & D. Díaz. 2008. Descripción de los ciclos de ascenso de las aguas de la Cuenca Pacífico Colombiano durante el año y su relación con factores metereológicos asociados a la zona de convergencia intertropical. *Rev. Inst. Univ. Tecnol. Chocó.* 27: 200-206.

Wen-Tseng, L., C. Chia-Lu & S. Chang-Tai. 2004. Seasonal distribution of copepods in Tapong Bay, Southwestern Taiwan. *Zool. Stud*. 43(2):464-474.

Recibido: Noviembre 2019

Aceptado: Mayo 2020