
VARIACIÓN TEMPORAL DE LA MEIOFAUNA EN SEDIMENTOS DEL SISTEMA LAGUNAR “LAGUNA DE RAYA”, ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA

Aleikar Vásquez-Suárez, Mayelys González, Oscar Díaz e Ildefonso Liñero Arana

RESUMEN

Sedimentos de dos estaciones y dos niveles de marea, del sistema marino-costero Laguna de Raya fueron analizados, bimensualmente, entre enero y noviembre de 2006 para evaluar la variación temporal del meiobento mediante el índice de Shannon-Weaver (H'). El índice nemátodos/copépodos harpacticoides (N/C_H) fue utilizado en conjunto con la materia orgánica (MO) y la granulometría sedimentaria a fin de estudiar el nivel de contaminación. La estación 1 presentó el menor valor del H' (0,4 bits/ind) en julio a nivel submareal (NSM), mientras que en la estación 2 se observaron índices máximos (3,49 bits/ind) en septiembre en el nivel de barrido de la ola (NBO). Los nemátodos representaron el grupo dominante y constante, seguido por los copépodos harpacticoides. La variación espacial y temporal en la

diversidad y abundancia meiobentónica analizada puede ser atribuida a modificaciones e interacciones entre factores bióticos y abióticos que caracterizan a cada ambiente. Los porcentajes de MO mostraron diferencias ($P < 0,05$) entre las estaciones, meses y niveles de barrido de ola, siendo la estación 1, en septiembre, la que presentó valores máximos ($12,8 \pm 0,11$ y $11,86 \pm 1,42\%$) en NBO y NSM, respectivamente. Los sedimentos superficiales se caracterizaron por predominio de arena fina en estación 1 con N/C_H máximo (25,75) durante julio en el NSM, y arena mediana-gruesa en la estación 2; registrando el mayor N/C_H durante marzo en el NSM. Basados en las características sedimentarias y el N/C_H de ambas estaciones, el sistema lagunar Laguna de Raya no reflejó indicios de contaminación de origen orgánico.

Introducción

Laguna de Raya es un sistema marino costero localizado en la costa sur de la Isla de Margarita, Venezuela, en el Mar Caribe. Presenta una longitud algo mayor de 1300m y se comunica con el mar por una boca o canal de 100m de largo y 40-60m de ancho, y con una profundidad de ~2,5m. Está rodeada por manglares de diferentes especies (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*). Carece de afluentes permanentes y sus drenajes naturales solo se evidencian en la época de lluvias. Las condiciones climáticas del área están separadas en un periodo seco, cuando ocurre la surgencia en el mar adyacente y uno lluvioso, cuando la velocidad del

viento es muy baja (Herrera y Febres, 1975); durante ambas estaciones la evaporación excede sustancialmente a la precipitación y la mezcla de sus aguas es más rápida durante la estación seca, debido en apariencia a la alta velocidad de los vientos (Troccoli *et al.*, 1999).

La fauna bentónica representa uno de los eslabones más importantes en el flujo de materia y energía en el ecosistema global. Dicha fauna es filéticamente más diversa que cualquier otro componente de la biota marina y la misma se puede dividir en macrofauna, meiofauna y microfauna. La meiofauna se define como aquellos organismos asociados con los sedimentos marinos que pasan a través de un tamiz de 500 pero que son retenidos en uno de 63 μ m. Este

intervalo de tallas separa un grupo discreto de organismos cuya morfología, fisiología y características de vida están influenciados por las características de los sedimentos marinos (Warwick, 1981).

El destino del material orgánico generado por la producción primaria que escapa de los procesos de degradación en la columna de agua y que alcanza los sedimentos, depende de una serie de procesos bentónicos en los que se involucra la presencia y función de la meiofauna metazoaria sublitoral, la cual ha sido objeto de investigación (Street *et al.*, 1998). La búsqueda de métodos efectivos para el estudio del impacto ambiental en zonas costeras tiene una larga historia, habiéndose utilizado desde especies indicadoras hasta las es-

tructuras de comunidades para evaluar la extensión y grado de contaminación antropogénica sobre ambientes acuáticos. Pearson y Rosenberg (1978) establecieron la relación existente entre la diversidad de las comunidades bentónicas y el grado de contaminación orgánica, basada en la respuesta de comunidades macrobentónicas de fondos blandos. Este modelo se sustenta en bajos valores de especies asociadas a áreas ricas en materia orgánica y con alta densidad de organismos de especies oportunistas. Se han propuesto diferentes modelos para las mediciones, siendo el índice de diversidad de Shannon (H' ; Shannon y Weaver, 1963) probablemente el aceptado mayoritariamente en contaminación ambiental (Warwick y Clarke, 1993). Este índice ha sido incorpo-

PALABRAS CLAVE / Diversidad / Granulometría del Sedimento / Laguna de Raya / Meiofauna /

Recibido: 02/03/2009. Modificado: 28/01/2010. Aceptado: 30/01/2010.

Aleikar Vásquez Suárez. Licenciado en Biología y M.Sc. en Ciencias Marinas, Universidad de Oriente (UDO), Venezuela. Profesor, UDO, Venezuela. Dirección: Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV), Planta baja.

Laboratorio 27, Av. Universidad, Cerro Colorado, Cumaná, Venezuela. e-mail: valeikar@yahoo.es
Mayelys González. Licenciada en Biología y estudiante del Postgrado en Biología Aplicada, UDO, Venezuela.

Oscar Díaz Díaz. Biólogo y M.Sc. en Ciencias Marinas, UDO, Venezuela. Profesor, Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV-UDO), Venezuela.

Ildefonso Liñero Arana. Biólogo y M.Sc. en Ciencias Marinas, UDO. Ph.D. en Oceanografía, Universidad de Québec, Canadá. Profesor, IOV-UDO, Venezuela.

TEMPORAL VARIATION IN SEDIMENTARY MEIOFAUNA OF THE LACUNAE SYSTEM "LAGUNA DE RAYA", NUEVA ESPARTA STATE, VENEZUELA

Aleikar Vásquez-Suárez, Mayelys González, Oscar Díaz and Ildefonso Liñero Arana

SUMMARY

Sediments from two stations and two tidal levels of the marine-coast system Laguna de Raya were analyzed bimonthly between January and November 2006, in order to evaluate the meiobenthic temporal variation with the Shannon-Weaver index (H'). The nematode/harpacticoid copepods index (N/C_H) was used together with organic matter (OM) and sedimentary granulometry to study the pollution level. Minimum values of H' were observed in station 1 (0.4 bits/ind) for July at subtidal level (STL), whereas in station 2 it was maximal (3.49 bits/ind) in September at the wave sweep level (WSL). Nematodes were the constant and dominant group, followed by harpacticoid copepods. The spatial and temporal variation in abundance and meiobenthic diversity observed

could be the consequence of changes and interactions between abiotic and biotic factors that characterize each environment. The percentage of OM showed differences ($P < 0.05$) between stations, months and tidal levels, being in September when station 1 presented maximum values (12.8 ± 0.11 and $11.86 \pm 1.42\%$) at WSL and STL, respectively. Predominance of fine sand in surface layer sediments of station 1 was observed with N/C_H maximum (25.75) during July at STL, while heterogeneous median-gross sand on station 2 registered a larger N/C_H in March at STL. Based on the sedimentary characteristics and the N/C_H determined for both stations, the lagoon system Laguna de Raya does not indicate the presence of organic pollution.

VARIAÇÃO TEMPORAL DA MEIOFAUNA EM SEDIMENTOS DO SISTEMA LAGUNAR "LAGUNA DE RAYA", ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA

Aleikar Vásquez-Suárez, Mayelys González, Oscar Díaz e Ildefonso Liñero Arana

RESUMO

Sedimentos de duas estações e dois níveis de maré, do sistema marinho-costeiro Laguna de Raya foram analisados, bimensualmente, entre janeiro e novembro de 2006 para avaliar a variação temporal do meiobento mediante o índice de Shannon-Weaver (H'). O índice nemátodos/copépodos harpacticoides (N/C_H) foi utilizado em conjunto com a matéria orgânica (MO) e a granulometria sedimentária com o fim de estudar o nível de contaminação. A estação 1 apresentou o menor valor de H' (0,4 bits/ind) em julho a nível submareal (NSM), enquanto que na estação 2 se observaram índices máximos (3,49 bits/ind) em setembro no nível de barrido da onda (NBO). Os nemátodos representaram o grupo dominante e constante, seguido pelos copépodos harpacticoides. A variação espacial e tempo-

ral na diversidade e abundância meiobentônica analisada pode ser atribuída a modificações e interações entre fatores bióticos e abióticos que caracterizam a cada ambiente. As porcentagens de MO mostraram diferenças ($P < 0,05$) entre as estações, meses e níveis de barrido de onda, sendo a estação 1, em setembro, a que apresentou valores máximos ($12,8 \pm 0,11$ e $11,86 \pm 1,42\%$) em NBO e NSM, respectivamente. Os sedimentos superficiais se caracterizaram por predomínio de areia fina na estação 1 com N/C_H máximo (25,75) durante julho no NSM, e areia média-grossa na estação 2; registrando o maior N/C_H durante março no NSM. Baseados nas características sedimentárias e o N/C_H de ambas estações, o sistema lagunar Laguna de Raya não refletiu indícios de contaminação de origem orgânico.

rado en algunos programas de investigación ecológica (Plymouth Marine Laboratory, 1994) a tal punto que, en Noruega, forma parte de la legislación ambiental para la clasificación de la calidad de sedimentos (Gray, 2000).

Otro método, propuesto por Rafaelli y Mason (1981) es el índice nemátodo/copépodos harpacticoides (índice N/C_H), especies mayoritariamente abundantes de la meiofauna. Dicho método se estructura en dos principios; el primero indicaría que los copépodos son más sensibles a contaminación y a la hipoxia (Murrell y Fleeger, 1989), y el segundo que los nemátodos sedimentívoros responden con aumentos en su abundancia ante el

aporte de materia orgánica. Por ello, este índice está asociado a la estrecha interacción entre la meiofauna con el tipo de sedimento, e implica la influencia que tienen los cambios químicos y físicos de los intersticios en la abundancia meiofaunal y en su diversidad.

Basados en la ventaja que posee la meiofauna de reflejar en su composición los cambios más sutiles del medio acuático (Warwick *et al.*, 1990) y tomando en cuenta los escasos estudios realizados en Laguna de Raya, la cual reviste importancia por representar un reservorio de innumerables especies de invertebrados y vertebrados marinos (Zabala, 1982), se planteó llevar a cabo la eva-

luación del sedimento de este sistema marino costero, como un aporte al conocimiento y a la preservación de ese ecosistema lagunar.

Materiales y Métodos

Se realizaron muestreos bimensuales, entre enero y noviembre de 2006, para obtener muestras en dos puntos de la zona intermareal denominados nivel submareal (NSM) y nivel de barrido de la ola (NBO) en dos estaciones del sistema marino costero Laguna de Raya, municipio Tubores, isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela. La primera estación, de 50m de longitud, se encuentra ubicada dentro del sistema lagunar,

mientras que la segunda, de 100m de longitud, está localizada en la "boca" de la laguna, la cual comunica con mar abierto (Figura 1).

Toma de muestras

Se tomaron muestras para estudio granulométrico y determinación de materia orgánica con ayuda de nucleadores PVC de 5cm de diámetro interno por 20cm de longitud. La granulometría sedimentaria de las zonas estudiadas, fueron evaluadas en enero, mayo, julio y noviembre del 2006 mediante el procesamiento seco (Alfonso-Pérez y López-Cánovas, 2006). Los datos de peso obtenidos por tamiz en cada muestra fueron

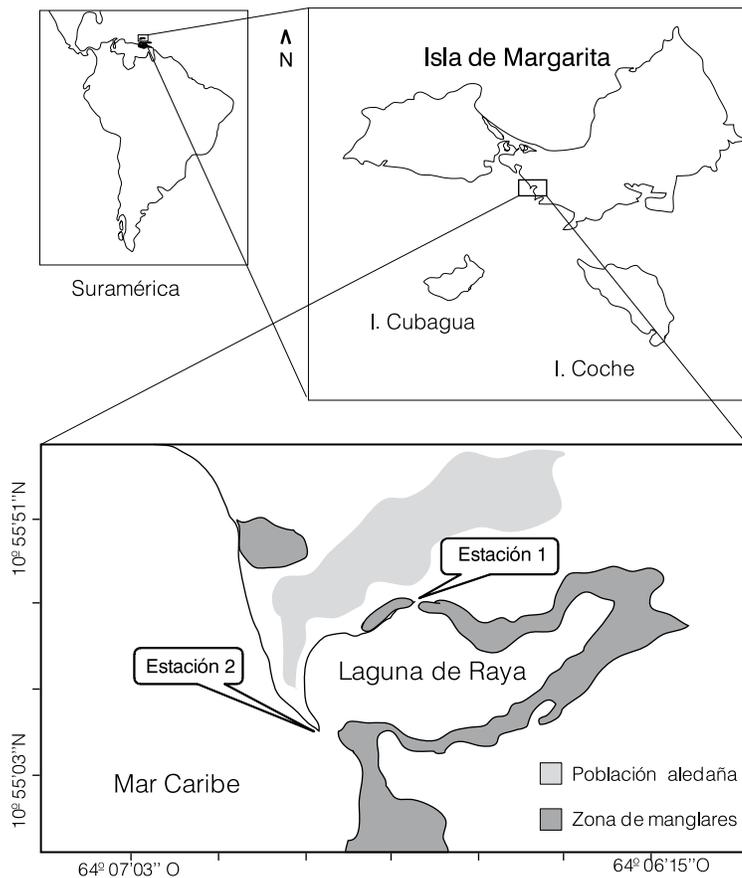


Figura 1. Localización del área de estudio.

utilizados para la clasificación de los sedimentos según Buchanan (1984), mientras que la materia orgánica (MO) se determinó por gravimetría (López-Jamar y Cal, 1990).

Para la cuantificación de las especies meiofaunales presentes en el sedimento se recolectaron muestras por triplicado, mediante la metodología descrita por Fleeger *et al.* (1988). Se utilizó una jeringa plástica de 2,5cm de diámetro interno, la cual se introdujo verticalmente hasta 4cm de profundidad en los sedimentos correspondientes al NBO y NSM con profundidades de 0 y 80cm, respectivamente. Las muestras se conservaron en envases de vidrio con tapas, contentivos de 5ml de formalina 8%, coloreada con rosa de bengala. Una vez en el laboratorio, dichas muestras se procesaron siguiendo la metodología descrita por McIntyre (1969); pos-

teriormente fueron lavadas y pasadas a través de dos tamices de 64 y 500µm de apertura. La muestra retenida en el tamiz de 64µm se continuó lavando con abundante agua y luego se pasó a una cámara

de Bogorov para identificación a nivel de taxa y en algunos casos, hasta nivel de especie (Higgins y Thiel, 1988).

La cuantificación de las densidades y número de especies determinadas (algunas no identificadas) en cada muestra fueron utilizadas para la estimación de la riqueza específica e índice de Shannon (H' ; Shannon y Weaver, 1963). Las densidades obtenidas de nemátodos (N) y copépodos harpacticoides (C_H) se utilizaron en la determinación del índice nemátodos/copépodos harpacticoides (N/C_H) propuesto por Raffaelli y Mason (1981) considerando el planteamiento de Warwick (1981).

Análisis Estadísticos

Se aplicaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis (Sokal y Rohlf, 1995) para la determinación de diferencias significativas entre las densidades meiofaunales, contenido de MO y modificaciones en los porcentajes de la composición granulométrica de sedimentos en cada estación y en ambos niveles de barrido de la ola en función del tiempo.

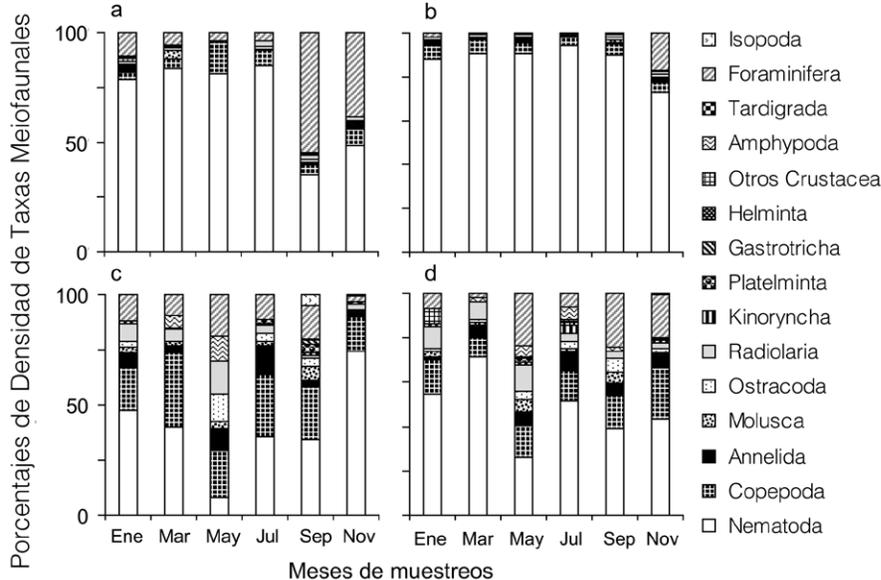


Figura 3. Representación porcentual de los taxa meiofaunales presentes en el NBO (a) y NSM (b) en la estación 1, y en el NBO (c) y NSM (d) de la estación 2 de Laguna de Raya entre enero y noviembre de 2006.

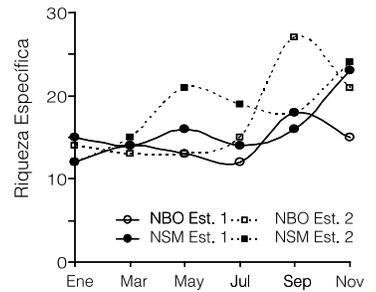


Figura 2. Riqueza específica de los sedimentos en dos estaciones a dos niveles de barrido de la ola del sistema marino costero Laguna de Raya entre enero y noviembre de 2006.

Resultados

Diversidad y densidad de taxones

La riqueza específica varió entre 12 y 27, observándose la mayor diversidad en septiembre, en el NBO de la estación 2 (Figura 2). Durante el estudio se pudo observar la presencia y dominio del grupo de los nemátodos en todos los niveles (Figura 3a-d) exceptuando la estación 2 en mayo, la cual presentó densidades de 8 org/10cm² que representó el 8,33% de la meiofauna total y de 42 org/10cm² (25,93%) en el NBO y NSM, respectivamente (Figura 3c y d). Las mayores densidades de nemátodos fueron encontradas en el NSM de la estación 1, que presentó un promedio anual de 1209 org/10cm² (87,13%) mostrando sus valores máximos (3167 org/10cm²; 94,14%) en julio y mínimos (518 org/10cm²; 72,55%) en noviembre (Figura 3b). Se detectaron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre las densidades poblacionales dentro de este grupo de metazoarios (N° org/10cm²), en el sedimento de las dos estaciones y entre los meses muestreados.

Los nemátodos, al igual que los copépodos harpacticoides, fueron los taxa constantes en ambas estaciones y en los dos niveles, durante todo el estudio (Figura 3a-d). Por otro lado, los copépodos harpacticoides fueron el segundo grupo dominante, siendo mayoritariamente representados por *Euterpina acutifrons*, evidenciándose diferencias significativas ($P < 0,05$) en las densidades poblacionales de dicha especie, entre las dos estaciones y entre los meses muestreados.

El resto de los taxones encontrados con menores densidades fueron: Anélidos, Ostrácodos, Moluscos, Foraminíferos, Tardígrados, Helmintos, Gastrotricos, Radiolarios, Platelminios, Kinorinchos, Isópodos, Anfípodos y otros crustáceos (Figura 3); resaltando también las densidades poblacionales considerables de foraminíferos, aunque no de forma constante, y la mayor diversidad de poliquetos hallados en los sedimentos de la estación 2.

Las densidades totales de las especies meiofaunales registradas en ambos niveles de la estación 1 no siguieron un comportamiento claro, caracterizándose por máxima abundancia durante mayo en el NBO y julio en el NSM (Figuras 4a y b), mientras que en el NBO y NSM de la estación 2 se evidenciaron máximos en los meses de noviembre y marzo, respectivamente (Figuras 4c y d).

Índice N/C_H

En la estación 1, los mayores valores del índice nemátodos/copépodos harpacticoides (Figura 5a y b), fueron observados durante marzo (24,12) y julio (25,75), en el NBO y NSM, respectivamente, mientras que la estación 2 (Figura 5c y d), los máximos índices se evidenciaron en marzo para NSM (8,23) y noviembre para el NBO (4,9), presentando diferencias significativas

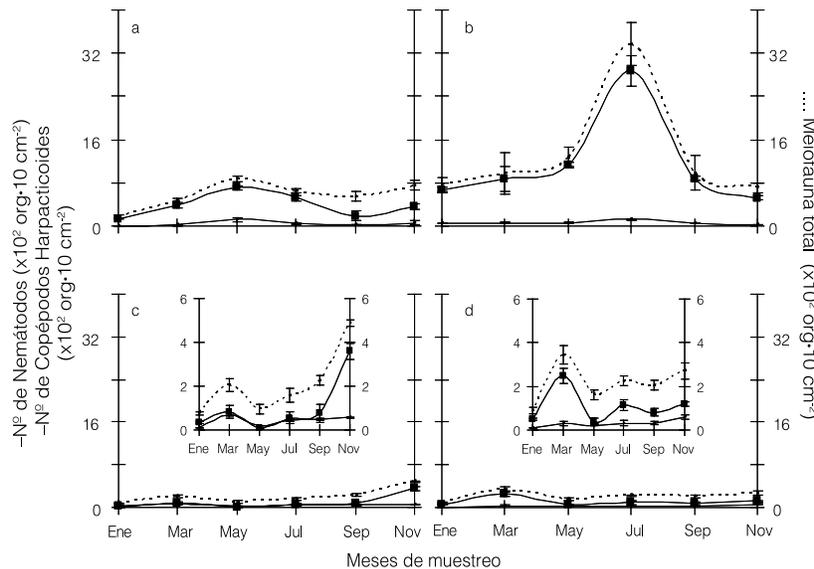


Figura 4. Variación espacio-temporal en la densidad de los mayores componentes de la meiofauna en sedimento del NBO y NSM en la estación 1, y del NBO (c) y NSM (d) de la estación 2 de Laguna de Raya entre enero y noviembre de 2006. El inserto en c y d permite una mejor comparación entre los niveles de la estación 2.

($P < 0,05$) entre las estaciones, niveles de marea y los meses de estudio. De forma general se pudo observar la tendencia a encontrar los mayores valores del índice N/C_H en los niveles submareales de ambas estaciones (Figuras 5b y d).

Índice de diversidad

Los índices de diversidad de Shannon-Weaver presen-

taron amplio margen de variación (Figuras 5a-d). El mínimo (0,4) fue observado durante julio en el NSM de la estación 1, mientras que el máximo (3,49) se evidenció en el NBO de la estación 2 en setiembre. La estación 1 siempre presentó los menores índices de diversidad manteniendo un promedio anual de 1,55 y 0,86 en el NBO y NSM, respectivamente. La

estación 2 se caracterizó por ser más diversa en su meiofauna, presentando promedios anuales de 2,66 en NBO y 2,63 en NSM. Estos datos permitieron detectar la existencia de diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los índices de diversidad de las dos estaciones, mientras que entre niveles de marea, solo se encontraron diferencias para la estación 1.

Materia orgánica

Los porcentajes de MO presentes en los sedimentos de las muestras analizadas, mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las estaciones y entre los meses de estudio. Los mayores valores de esta variable estuvieron asociados a la fracción de sedimento constituido por partículas de arena fina. En setiembre la estación 1 presentó los máximos porcentajes, que fueron $12,8 \pm 0,11$ y $11,86 \pm 1,42$ para el NBO y NSM, respectivamente (Figuras 5a y b), mientras que en la estación 2 el máximo valor se registró en el NSM ($7,61 \pm 0,74$) en mayo (Figura 5d).

Granulometría sedimentaria

Los resultados del análisis granulométrico demuestran que las características de los sedimentos variaron entre las dos estaciones, desde arena muy gruesa hasta arena fina (Figura 6a-d). En la primera estación se observó el predominio de granos de arena retenidos en el tamiz de $125\mu\text{m}$, con promedios entre $63,28 \pm 2,09$ y $83,58 \pm 2,47\%$ en los dos niveles de marea (Figura 6a y b). No hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) durante los meses muestreados para esta variable. La segunda estación estuvo representada, mayoritariamente, por granos de arena retenidos en el tamiz de $250\mu\text{m}$, con promedios entre $14,43 \pm 0,9$ y $75,76 \pm 1,67\%$, significativamente diferentes ($P < 0,05$) en el tamaño del grano de arena durante los

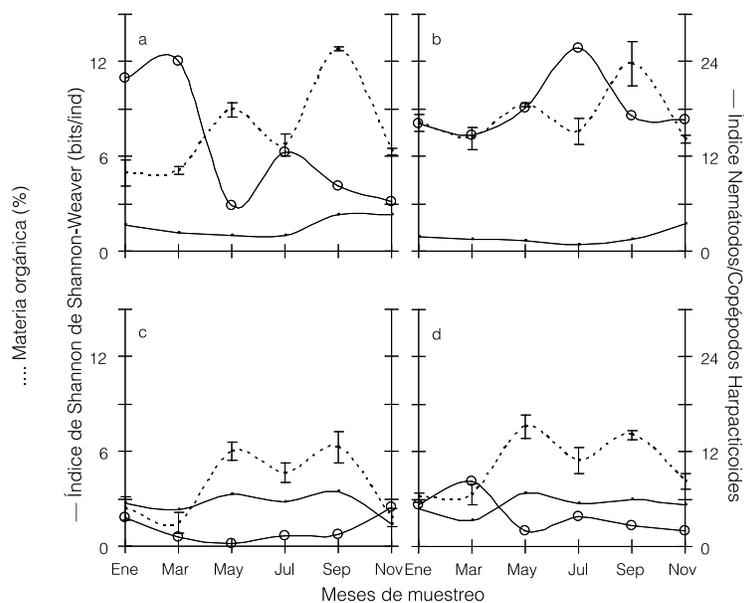


Figura 5. Índice Nemátodos/Copépodos Harpacticoides (N/C_H), porcentajes de materia orgánica (MO) e índice de Shannon-Weaver (H') en sedimentos del NBO (a) y NSM (b) en la estación 1, y del NBO (c) y NSM (d) en la estación 2 de Laguna de Raya entre enero y noviembre de 2006.

meses estudiados. Cabe señalar que en el NSM de la segunda estación se encontraron porcentajes considerables de granos de arena con tamaños $>500\mu\text{m}$ (Figura 6d); similarmente, esta tendencia fue evidenciada en el NBO de dicha estación, aunque en menor grado (Figura 6c).

Discusión

La meiofauna presente en las muestras analizadas mostró un patrón de diversidad y abundancia en función del tipo de sedimento, siendo más diversa en los sedimentos constituidos mayoritariamente por arena mediana y gruesa (estación 2), mientras que en sedimentos areno-fangosos (estación 1) las taxa establecidas fueron más abundantes.

La dominancia de los nemátodos de vida libre y copépodos harpacticoides fue evidenciada por Sellanes *et al.* (2003), quienes encontraron un 95 y 2%, respectivamente, del grupo meiofaunístico; mientras que Coull (1999) informó que los copépodos harpacticoides pueden presentar un margen de variación entre 10 y 40% del total de la meiofauna. En el presente estudio, dicho grupo presentó un margen de variación entre 6 org/10cm² observado en el NBO de la estación 1 durante enero (Figura 4a) y 69 org/10cm² en el NBO de la estación 2 durante marzo (Figura 4c), lo cual representa entre 3,33 y 32,83% del total de la densidad poblacional meiofaunística (Figuras 3a-d), posiblemente atribuido a diferencias en las condiciones ambientales de cada estación, las cuales podrían limitar o incrementar la disponibilidad de microhábitats así como la estructura de éstos, permitiendo la permanencia de las especies mejores adaptadas (Raes *et al.*, 2007).

El dominio de los nemátodos permite sugerir el éxi-

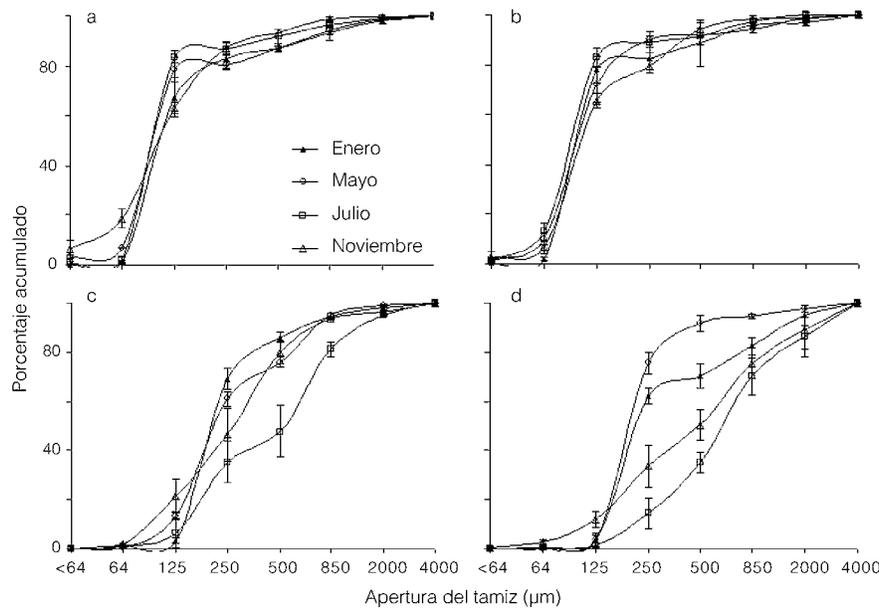


Figura 6. Granulometría del sedimento en el NBO (a) y NSM (b) en la estación 1 y en el NBO (c) y NSM (d) en la estación 2 de Laguna de Raya entre enero y noviembre de 2006.

to de sobrevivencia de este grupo en sedimentos orgánicamente ricos y deficientes en O₂ (Cook *et al.*, 2000), mientras que bajo estas condiciones ambientales, grupos tales como los crustáceos (que en algún momento llegan a formar parte de la meiofauna) quedan excluidos o muy reducidos (Neira *et al.*, 2001). En el caso de los foraminíferos, la biología de muchas especies de éstos les ha permitido adaptarse a diferentes ambientes, incluyendo condiciones de hipoxia (Páez *et al.*, 2001). La combinación de la baja riqueza en taxa y alta abundancia de la meiofauna metazoaria en zonas de mínimo puede ser explicada por el efecto indirecto positivo del O₂ a través de la exclusión de predadores y competidores (Neira *et al.*, 2001), y también en términos de maximización del aprovechamiento de la energía. Esto último conlleva a una comunidad con una organización simple, poco madura en términos sucesionales, constituida principalmente por organismos de pequeño tamaño corporal y con una alta tasa de recambio. Este tipo de organización permite la rápida recuperación luego de eventos catastróficos, tales como la hipoxia severa (Sellanes *et al.*, 2003). Por otra parte, las

cantidades de materia orgánica presentes en las muestras analizadas son inferiores a los presentados por Salazar *et al.* (2003) en sedimentos del sistema lagunar La Restinga, adyacente al área estudiada. Estos autores consideraron sus valores como relativamente elevados, debido al aporte por parte de las algas, manglares y material particulado producto de la excreción del plancton y de niveles tróficos superiores que sedimentan. Esta explicación podría ser aplicada al sistema lagunar estudiado en este trabajo, ya que Laguna de Raya no presenta ningún tipo de descarga directa de aguas servidas; tan solo durante los periodos lluviosos se ve influenciada por descargas de las aguas de escurrientías que llevan consigo material de origen terrígeno.

Las diferencias en las concentraciones de materia orgánica con las presentes en sedimentos analizados en algunos estudios, como el de Fernández *et al.* (2007) en el Golfo de San Jorge, Argentina, pueden obedecer a las condiciones hidrogeoquímicas que caracterizan a cada sistema marino. En estos sedimentos, se llevan a cabo una serie de procesos microbiológicos aeróbicos y anaeróbicos que degradan (mineralizan) la ma-

teria orgánica. A su vez, esa tasa de mineralización se encuentra influenciada, en gran parte, por la calidad (contenido de proteínas, celulosa, lignina entre otros), estado de descomposición y evolución de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en dichos sedimentos (Fenchel *et al.*, 1998). La geodinámica tipificada por la geomorfología, textura y tipo de grano sedimentario, marca un rol determinante en el contenido y evolución de la materia orgánica que puede prevalecer en los sedimentos como indicador de la ferti-

lidad orgánica de los mismos (Bonilla *et al.*, 2003). Salazar *et al.* (2003) mencionan sobre la fuerte relación entre la materia orgánica y la fracción de limo sedimentario, característico de sedimentos como el de Laguna de Raya (Zabala, 1982), en parte atribuido a la activa descomposición del bacterioplancton, el cual representa, en apariencia, la principal fuente de materia orgánica (Riquelme y Avenaño-Herrera, 2003).

La ubicación de la estación 2 en las adyacencias del único canal de circulación de agua (Figura 1), puede explicar la presencia de sedimentos de textura gruesa en esa zona, a consecuencia de los constantes flujos de marea, mientras que el predominio de granos de arena finos en la estación 1 pueden ser producto de las débiles corrientes que favorecen la deposición de material particulado presente en la columna de agua, coincidiendo con lo expuesto por Zabala (1982), quien reportó que los sedimentos del sistema marino-costero de Laguna de Raya son de textura areno-limosa en la zona interna de la laguna. Por su parte Salazar *et al.* (2003) mencionaron que el grado de clasificación de los sedimentos del sistema lagunar La Restinga es muy pobre

o mal escogido, tal como se encontró en la estación interna de Laguna de Raya en ambos niveles de marea.

Raes *et al.* (2007) mencionaron que los sedimentos superficiales constituidos por granos de arena fina se encuentran en zonas tranquilas y se caracterizan por la alta deposición de alimento y elevado potencial redox, mientras que bentos con sedimentos más gruesos son hallados en áreas sometidas a fuerte estrés hidrodinámico, originando remoción del fitodetritus en la superficie sedimentaria con mayor oxigenación.

Existen estudios donde se han relacionado la abundancia de una especie en particular o la disminución en la diversidad meiofaunal con los elevados porcentajes de materia orgánica (Albertelli *et al.*, 1999 y Cartes *et al.*, 2002). Sin embargo, esto depende en gran medida de la interacción con otros factores, tales como granulometría del sedimento, disponibilidad de O₂ y calidad de materia orgánica, mostrando esta última fluctuaciones estacionales marcadas, principalmente en los ecosistemas bentónicos costeros (Sellanes y Neira, 2006). En la estación 2, el aumento de la diversidad durante mayo y setiembre podría estar relacionado con los porcentajes de materia orgánica (Figura 5c y d), lo cual podría incrementar la disponibilidad de alimento. Esa disposición de materia orgánica, en conjunto con la presencia de microhábitats a causa del mayor tamaño de los granos de arena, en comparación con los de la estación 1, además de la posible disponibilidad en las concentraciones de O₂, pueden promover las condiciones necesarias para el establecimiento de mayores números de especies. Sin embargo, en la estación 1 la NBO (Figura 5a), a pesar de observarse el mismo incremento de materia orgánica, el aumento de la diversidad solo se observó en setiembre y noviembre, lo cual permite sugerir la interacción de otros factores adicionales, entre ellos las condiciones

prolongadas de pleamar. En setiembre el NBO estuvo bajo la influencia de mareas altas durante tiempos prolongados, lo que condiciona el medio para el establecimiento de mayor número de especies, pudiendo explicar el aumento en la diversidad.

Utilizando la propuesta de Raffaelli y Mason (1981) para decidir el grado de contaminación de las muestras estudiadas, podría inferirse que hasta el momento del estudio, las estaciones establecidas en Laguna de Raya no presentaron ningún grado de contaminación de origen orgánico, ya que los valores encontrados fueron <50 en todos los niveles de barrido de la ola (Figura 5a-d). Igualmente, tomando en cuenta la granulometría del sedimento, no se evidenció índices de contaminación en ninguna de las dos estaciones durante los meses muestreados. La modificación de Warwick (1981) menciona que índices N/C_H con valores <40 en sedimentos finos o <10 para sedimentos gruesos, indicarían un sedimento libre de contaminación orgánica. Los índices N/C_H hallados en este estudio no superaron estos valores. Resultados contrarios reportó Ojeda (1998) en algunos meses de su estudio, a pesar de realizarlo en un sistema costero abierto, donde la alta actividad de marea mantiene parte de la materia orgánica suspendida en la columna de agua; sin embargo, el continuo aporte de material orgánico en estos sistemas activos puede acumularse sobre la superficie y entre los espacios intersticiales de los granos de arena, promoviendo el crecimiento bacteriano.

Finalmente, es posible que la disminución o incremento en las densidades de algunos grupos meiofaunales guarde relación con la competencia intra e interespecífica. Riquelme y Avendaño-Herrera (2003) señalaron que en algunos sistemas el reconocimiento, la interacción y la variabilidad de conductas en respuesta al tiempo de encuentro entre especies, juegan

un rol para el establecimiento y mantenimiento de patrones de coexistencia. Por lo tanto, el estudio del comportamiento, las interacciones específicas e historia natural de la meiofauna permitiría plantear nuevas hipótesis para la realización de próximos experimentos de campo. Por otro lado, se hace necesario incrementar los muestreos de campo en tiempo y escala, a fin de obtener mayor conocimiento en los ciclos de variación estacional e interanual de la fauna meio-bentónica del área estudiada.

Conclusiones

En función de las proporciones de los granos de arena que constituyeron los sedimentos de las estaciones analizadas en Laguna de Raya, la capa superficial sedimentaria de la estación 1 está formada mayoritariamente (>80%) por arena muy fina, mientras que en la estación 2 fue más heterogénea, con mayor proporción de arena mediana y gruesa.

La abundancia de los diferentes taxa meiofaunales se vio influenciada por variables espaciales y temporales. Los sedimentos de la estación 2, presentaron características de ambientes de alta energía, alto porcentaje de arena y bajos contenidos de materia orgánica, coincidiendo con mayores valores de diversidad meiofaunística, mientras que los sedimentos de la estación 1 mostraron comportamientos comunes con ambientes de alta carga de materia orgánica; caracterizados por baja diversidad y alta dominancia de algunas especies.

Los grupos meiofaunísticos se encontraron influenciados, en gran medida, por cambios en los niveles de marea, por las características granulométricas y por el contenido de materia orgánica presente en los sedimentos del sistema marino-costero estudiado.

Basados en las características sedimentarias y el N/C_H determinado para ambas estaciones durante este estudio, el sistema lagunar Laguna de Raya no re-

flejó indicios de contaminación de origen orgánico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al personal del Laboratorio de Zooplankton, Departamento de Biología Marina, del Instituto Oceanográfico de Venezuela, por su colaboración en parte de las identificaciones taxonómicas, a Andrés Eloy Vásquez S. del Centro Ecológico Laguna de Raya por el apoyo logístico, y a Leonardo De Sousa por la lectura crítica del manuscrito.

REFERENCIAS

- Albertelli G, Covazzi-Harriague A, Danovaro R, Fabiano M, Fraschetti S, Pusceddu A (1999) Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): role of food availability. *J. Sea Res.* 42: 11-26.
- Alfonso-Pérez H, López-Cánovas C (2006) Distribución espacio-temporal de la meiofauna bética en cuatro playas del Litoral Norte de la Habana. *Rev. Biol. Trop.* 54: 985-995.
- Bonilla J, Moya J, Quintero A (2003) Contenido orgánico y parámetros reductores de sedimentos del Archipiélago de los Roques, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venez. Univ. Orient.* 42: 47-63.
- Buchanan JB (1984) Sediment analysis. En Holme NA, McIntyre AD (Eds.) *Methods for the Study of Marine Benthos*. Blackwell. Oxford, RU. pp. 41-65.
- Cartes JE, Grémare A, Maynou F, Villora-Moreno S, Dinet A (2002) Bathymetric changes in the distributions of particulate organic matter and associated fauna along a deep-sea transect from the catalan sea slope (Northwestern Mediterranean). *Progr. Oceanogr.* 53: 29-56.
- Cook AA, Lamshead PJ, Hawkins LE, Mitchell N, Levin LA (2000) Nematode abundance at the oxygen minimum zone in the Arabian Sea. *Deep-Sea Res. II* 47: 75-85.
- Coull B (1999) Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Aust. J. Ecol.* 24: 327-343
- Fenchel T, King GM, Blackburn TH (1998) *Bacterial Biogeochemistry: The Ecophysiology of Mineral Cycling*. Academic Press. San Diego, CA, EEUU. 307 pp.

- Fernández M, Cucchi-Colleoni D, Roux A, Marcos A, Fernández E (2007) Caracterización físico-química del sistema bentónico en el sector sur del Golfo San Jorge, Argentina. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 42: 177-192.
- Fleeger JW, Thistle D, Thiel H (1988) Sampling equipment. En Higgins RP, Thiel H (Eds.) *Introduction to the Study of Meiofauna*. Smithsonian Institution. Washington, DC, EEUU. pp. 115-125.
- Gray JS (2000) The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 250: 23-49.
- Herrera L, Febres G (1975) Procesos de surgencia y renovación de aguas en la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 14: 31-44.
- Higgins R, Thiel H (1988) *Introduction to the Study of Meiofauna*. Smithsonian Institution. Washington, DC, EEUU. 488 pp.
- López-Jamar E, Cal R (1990) El sistema bentónico de la zona submareal de la Ría de Vigo. Macrofauna y microbiología del sedimento. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 6: 49-60.
- McIntyre A (1969) Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev.* 44: 245-290.
- Murrell MC, Fleeger JW (1989) Meiofauna abundance on the Gulf of Mexico continental shelf affected by hypoxia. *Cont. Shelf Res.* 9: 1049-1062.
- Neira C, Sellanes J, Levin LA, Arntz WE (2001) Meiofaunal distributions on the Peru margin: relationship to oxygen and organic matter availability. *Deep-Sea Res.* 1 48: 2453-2472.
- Ojeda CS (1998) *Variación Espacio Temporal de la Meiofauna en la Playa San Luis, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela*. Tesis. Instituto Oceanográfico de Venezuela. 127 pp.
- Páez M, Zúñiga O, Valdés J, Ortlieb L (2001) Foraminíferos bentónicos recientes en sedimentos micróxicos de la bahía Mejillones del Sur (23° S), Chile. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 36: 129-139.
- Pearson TH, Rosenberg R (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 16: 229-311.
- Plymouth Marine Laboratory (1994) *PRIMER - Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research*. Plymouth, RU. Versión preparada para Taller del Laboratorio Costero San José, Callao, Perú, Abril 1997. 51 pp.
- Raes M, De Troch M, Ndaró SGM, Muthumbi A, Guilini K, Vanreusel A (2007) The structuring role of microhabitat type in coral degradation zones: a case study with marine nematodes from Kenya and Zanzibar. *Coral Reefs* 26: 113-126.
- Raffaelli D, Mason C (1981) Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. *Mar. Pollut. Bull.* 12: 158-163.
- Riquelme C, Avendaño-Herrera R (2003) Interacción bacteria-microalga en el ambiente marino y uso potencial en acuicultura. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76: 725-736.
- Salazar J, Rosas J, Rodríguez J (2003) Condiciones sedimentológicas de La Laguna la Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Inter ciencia* 28: 44-50.
- Sellanes J, Neira C (2006) ENSO as a natural experiment to understand environmental control of meiofaunal community structure. *Mar. Ecol.* 27: 31-43
- Sellanes J, Neira C, Quiroga E (2003) Composición, estructura y flujo energético del meiobentos frente a Chile central. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76: 401-415
- Shannon CE, Weaver W (1963) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 117 pp.
- Sokal R, Rohlf F (1995) *Biometry*. 3ª ed. Freeman. Nueva York, NY, EEUU. 887 pp.
- Street G, Coull B, Chandler G, Sanger D (1998) Predation on Meiofauna by Juvenile Spot *Leiostomus xanthurus* (Pisces) in Contaminated Sediments from Charleston Harbor, South Carolina, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 170: 261-268.
- Trocchi L, Herrera-Silveira JA, Salazar JC (1999) Laguna de La Restinga, Venezuela. En Smith SV, Marshall JI, Crossland CJ (Eds.) *Mexican and Central American Coastal Lagoon Systems: Carbon, Nitrogen and Phosphorus fluxes*. LOICZ Reports & Studies N° 13. LOICZ IPO, Texel, Holanda. 115 pp.
- Warwick RM (1981) The nematode/copepod ratio and its use in pollution ecology. *Mar. Pollut. Bull.* 12: 329-333.
- Warwick RM, Platt HM, Clarke KR, Agard J, Gobin J (1990) Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138: 119-142.
- Warwick RM, Clarke KR (1993) Increased variability as a symptom of stress in marine communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 172: 215-226.
- Zabala R (1982) *Contribución al Estudio Sedimentológico de la Laguna de Raya, Isla de Margarita, Venezuela*. Tesis. Fundación La Salle de Ciencias Naturales IUTEMAR. Punta de Piedras, Venezuela. 112 pp.