

Macroinvertebrados intermareales de las playas turísticas en Cartagena de Indias, Caribe colombiano y su uso potencial como bioindicadores de calidad ambiental

Juan Carlos Valdelamar Villegas*, Katherine Prada Sánchez** & Karla Gamarra Cabarcas***

Resumen

Macroinvertebrados intermareales de las playas turísticas en Cartagena de Indias, Caribe colombiano y su uso potencial como bioindicadores de calidad ambiental. Con el propósito de caracterizar la biodiversidad de macroinvertebrados intermareales en las playas turísticas de Cartagena (Colombia), como paso previo para la identificación de bioindicadores de calidad ambiental de dichas playas, se recolectaron y cuantificaron los ejemplares de macroinvertebrados presentes en la zona arenosa y rocosa artificial (espigones), de tres playas de esa ciudad. Asimismo, se midieron las variables fisicoquímicas, oxígeno disuelto, pH, conductividad, salinidad y sólidos suspendidos, y se consultaron los valores del nivel de marea y de la precipitación. Los resultados indican la existencia de una mayor riqueza de especies en el sustrato rocoso (16 especies), con respecto al arenoso (siete especies), predominando en ambos casos el grupo de los moluscos, el cual se caracterizó por presentar especies sensibles a los cambios de las condiciones ambientales, especialmente a la concentración de oxígeno disuelto, salinidad, pH del agua, y la variación de la marea.

Palabras clave: Biodiversidad, bioindicadores, espigones, mesolitoral arenoso, variables fisicoquímicas.

Abstract

Biodiversity of intertidal macroinvertebrates present in tourist beaches of Cartagena de Indias, Colombian Caribbean. Biodiversity of intertidal macroinvertebrates present in tourist beaches of Cartagena de Indias, Colombian Caribbean. In order to characterize the biodiversity of macroinvertebrates in intertidal area of touristic beaches at Cartagena (Colombia), with the aim of identifying bioindicators of environmental quality for touristic beaches, macroinvertebrates specimens were collected and quantified in the sandy and rocky intertidal (breakwaters) zones at three touristic beaches of this city; physicochemical variables were also measured and some environmental variables were consulted. The results indicated the existence of higher species richness in the bedrock (16 species), when compared to sandy areas (seven species), prevailing mollusks at both environments, this group of organisms was dominated by species sensitive to changes on environmental conditions, especially dissolved oxygen concentration, pH, and tide variation.

Key words: Biodiversity, bioindicators, physicochemical variables, rams, sandy foreshore.

Introducción

Los macroinvertebrados están constituidos por todos aquellos organismos invertebrados

caracterizados por alcanzar dimensiones que nos permiten observarlos a simple vista; de longitud superior a los 0.5 mm (Wallace &

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Grupo de Investigación Ambiental (GIA), Barrio España, Carrera 44D No. 30A-91.

* Autor para correspondencia, correo electrónico: juvaldelamar@gmail.com

** Correo electrónico: : ktmarps@hotmail.com

*** Correo electrónico: karlys219@hotmail.com

Webster 1996, Gray & Elliott 2010). Muchos macroinvertebrados marinos habitan en los litorales arenosos y rocosos, que constituyen un sustrato caracterizado por presentar un perfil poco regular, pero que sirve para el desarrollo de una gran diversidad de poblaciones, representadas en su mayoría por organismos sedentarios o sésiles (Aladro-Lubel *et al.* 1992, San Vicente *et al.* 2009, Giménez *et al.* 2010). Sin embargo, su distribución en estos sustratos también suele experimentar una diferenciación de carácter vertical, distinguiéndose tres zonas, de acuerdo a la permanencia del agua en cada una de estas: la primera conocida como infralitoral permanece constantemente sumergida; la segunda zona se ha denominado mesolitoral o intermareal, caracterizada por la permanencia intermedia del agua, con relación a la frecuencia en que se genera el oleaje o la marea; y la tercer zona, conocida como supralitoral, cuyo contacto con el agua solo se da por la salpicadura de la misma, en momentos en que se incrementa la fuerza del oleaje (Anónimo 1972, Anónimo 1997, Peyrer *et al.* 2007).

En cada una de estas zonas los organismos presentan patrones de zonación ampliamente relacionados con factores abióticos, como la pendiente, su orientación, presencia de olas y su frecuencia, ciclos de mareas, temperatura, salinidad, entre otros; además de estas, también existen otras de carácter biótico que afectan dicha zonación; entre ellas la alimentación, competencia por sustrato y la depredación (Bremec 1990, Mille-Pagaza 2002, Florez-Garza *et al.* 2007, Peyrer *et al.* 2007, Mendonça *et al.* 2008, Rufino *et al.* 2010).

Los estudios de biodiversidad de macroinvertebrados marinos como los crustáceos, poliquetos y moluscos, entre otros, demuestran que estos organismos no están circunscritos a los fondos profundos, sino que también se pueden localizar en áreas superficiales, como los litorales arenosos y rocosos, donde pueden ubicarse en una de las tres zonas que los comprenden: infra-, supra- o mesolitoral, destacándose la última, por presentar valores intermedios de diversidad, en algunos sitios del Caribe colombiano (Aladro-Lubel *et al.* 1992, Almanza *et al.* 2004, Escorcía & Galvis

2008); sin embargo, estos estudios se han limitado a la descripción de aspectos básicos de las poblaciones o comunidades, dejando a un lado la relación de algunos de estos aspectos con el comportamiento de las variables fisicoquímicas y/o ambientales de dichos ecosistemas, lo cual resulta relevante para la identificación de sus alteraciones ambientales (Gamboa *et al.* 2008), permitiendo una mayor frecuencia de monitoreos, los cuales actualmente resultan difíciles debido a los altos costos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Por lo antes expuesto, el presente estudio tuvo como objetivo identificar las principales especies de macroinvertebrados presentes en la zona intermareal arenosa y rocosa artificial (espigones), de tres playas turísticas en Cartagena de Indias, y la manera cómo algunas variables fisicoquímicas pueden afectar su abundancia y diversidad; lo cual servirá como información básica para la formulación de futuros proyectos en los que se pretenda evaluar la capacidad de estos organismos como posibles bioindicadores de calidad ambiental de playas turísticas en esta región del Caribe colombiano.

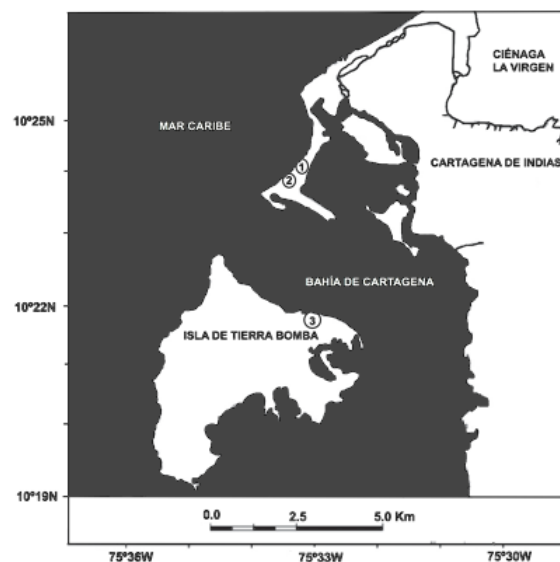


Figura 1. Localización del área de estudio en Cartagena, Colombia. Playas de Bocagrande y la Isla de Tierra Bomba. 1) Costa del Sol, 2) Caribe, 3) Punta Arena.

Área de estudio

El presente estudio se desarrolló en tres playas de la ciudad de Cartagena de Indias; dos en el sector de Bocagrande, siendo la primera la playa frente al hotel Costa del Sol (10°24'13.4"N, 75°33'22"O); la segunda playa está frente al hotel Caribe (10°28'56.7"N, 75°33'41.0"O); la tercer playa, Punta Arena, se ubica en la isla de Tierra Bomba (10°21'57.3"N, 75°33'27.6"O) (Fig. 1). La selección de estas playas se hizo por ser éstas unas de las mas frecuentadas por los turistas que visitan la ciudad (Yepes 2006) y tener influencia de la bahía de Cartagena, cuya calidad ambiental se ha visto deteriorada en los últimos años (Vivas-Aguas 2010).

La zona de estudio además se caracteriza por presentar dos períodos climáticos; uno lluvioso comprendido entre los meses de abril a noviembre. El otro período se denomina seco y se presenta desde el mes de diciembre hasta abril; sin embargo, también existe un período de transición entre los meses de junio a julio, conocido como veranillo de San Juan (Suárez & Franco 2007). El promedio anual de la precipitación es de 51.4 mm, con una temperatura que oscila entre 28 y 30°C (Afanador *et al.* 2008).

Materiales y métodos

Fase de campo: El muestreo de individuos se realizó durante los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2011. Cada mes, en la zona mesolitoral del sustrato rocoso (espigones), presente en las playas de Cartagena, se ubicaron cuadrantes de muestreo de 0.25 m², intercalados a lo largo de un transecto lineal de 12 m de longitud, a partir de los cuales se contabilizo el número total de especímenes presentes. La captura de los organismos incrustantes se hizo con ayuda de pinzas metálicas.

Para el muestreo del sustrato arenoso, en cada playa se emplearon seis transectos lineales de 6 m, estos se ubicaron en la franja intermareal, de forma perpendicular a la línea de costa; en cada transecto se tomaron tres muestras de arena, con un muestreador tipo Hobe modificado, el cual se construyó con un tubo de

PVC, de 25 cm de longitud y 10 cm de diámetro (Zaixso 2002); los macroinvertebrados presentes en la arena se separaron mediante lavado con agua del sitio a través de un tamiz con luz de malla de 500 μ . La identificación de los ejemplares se realizó in situ, y aquellos que no se pudieron determinar de esta forma, se fijaron con formalina al 10%, hasta su posterior identificación taxonómica, mediante el uso de claves y catálogos taxonómicos de Yidi Daccarett & Sarmiento Bosio (2011) y Díaz & Puyana (1994) para moluscos, así como los de Salazar-Vallejo *et al.* (1988) para poliquetos. Los ejemplares identificados se depositaron en el laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco.

Las variables fisicoquímicas, pH, temperatura (°C), sólidos suspendidos (SS= mg/L), salinidad (ppt), conductividad (Cond= μ S/cm) y oxígeno disuelto (OD= mg/L), se midieron mensualmente con una sonda multiparamétrica marca Hanna, modelo HI 9828; siguiendo las recomendaciones de la Asociación Americana de Salud Pública (Anónimo 2005). La información relacionada con los valores máximo y mínimo de marea (m), así como la precipitación total (mm), de la zona de estudio, se obtuvo de los boletines emitidos por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (Anónimo 2011).

Procesamiento y análisis de los datos: Los datos recolectados se tabularon en hojas del programa Excel, para posteriormente realizar los cálculos estadísticos descriptivos. Para identificar patrones espaciales o temporales de las variables fisicoquímicas, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) (Johnson 2000). Se calcularon los valores de diversidad mediante el índice de Shannon-Wiener (Moreno 2001) con ayuda del programa computacional Biodiversity Pro; los valores obtenidos se compararon mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA), de dos vías (playa y mes de muestreo), mediante el uso del paquete estadístico Statgraphic Centurion XV. Previo a este análisis se verificaron los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia de los residuos (Llinás 2006).

Resultados

Comportamiento espacio temporal de las variables fisicoquímicas

Las variables fisicoquímicas suelen tener un efecto significativo en el desarrollo de las comunidades de macroinvertebrados, por ello su medición es de gran relevancia cuando se implementan estudios orientados al conocimiento de la estructura y composición de las especies presentes en un determinado ecosistema, ya que estas últimas pueden experimentar variaciones de tipo espacial o temporal. Esta condición es evidente en el presente estudio, donde el promedio de la salinidad del periodo evaluado fue inferior en la playa Punta Arena (27.99 ± 5.65 ppt), con respecto a la de Costa del Sol y Hotel Caribe (32.15 ± 4.68 ppt y 37.76 ± 3.7 ppt respectivamente). Para el caso de los SS, Costa del sol, fue el lugar que presentó el mayor promedio (44.16 ± 2.24 mg/L), frente al encontrado en las playas del Hotel Caribe y Punta Arena, (23.35 ± 2.24 mg/L y 23.78 ± 11.78 mg/L, respectivamente) (Tabla I). El análisis temporal de las mismas variables fisicoquímicas, permitió identificar el mes de diciembre como el de mayor valor en casi todas las variables, a excepción de la temperatura (Tabla II).

Al analizar las variables fisicoquímicas en conjunto, mediante el ACP, éste mostró que los dos primeros componentes extraídos, explicaban un 71.14% de la variabilidad de los datos; destacándose el primero por contener el 52.61% de esta variabilidad, mientras que el dos explica el 18.53%. De las variables que poseen mayor peso en el componente uno se destaca la salinidad, OD y el pH; presentando

los SS y la conductividad, pesos intermedios, siendo la temperatura, la de más bajo peso (Fig. 2). Sin embargo, al momento de analizar espacialmente los componentes principales, no se apreció ningún patrón de distribución de las playas con respecto a la variables analizadas, pero fue evidente el patrón de distribución temporal, donde el mes de diciembre se caracterizó por presentar los mayores valores, en la mayoría de variables analizadas (Fig. 3a-b).

Comportamiento espacio-temporal de la diversidad de macroinvertebrados

Los muestreos efectuados en el sustrato arenoso permitieron identificar siete especies de macroinvertebrados, de las cuales el grupo de los poliquetos comprendió el 42%, seguido de los moluscos y crustáceos con 29% para ambos (Tabla III). En el caso de los espigones, la mayor frecuencia fue de los moluscos con 81%, seguidos de los crustáceos y poliquetos con 13% y 6%, respectivamente (Tabla IV), lo cual denota dominancia total de estos tres grupos en los dos sustratos estudiados.

Al analizar la distribución de la abundancia de cada especie por sustrato, para el caso del arenoso, la especie *Donax denticulatus* (Linnaeus 1758), se distinguió por ser la más abundante, con 893 ejemplares, seguida del poliqueto *Magelona* sp. con 519; siendo la menos abundante el crustáceo *Emerita* sp., con solo tres ejemplares (Fig. 4a).

En el sustrato rocoso, *Littorina angustior* (Morch 1876), se caracterizó por ser la dominante, con 506 ejemplares, seguida por *L. interrupta* (Philippi 1847), con 450, siendo menos abundantes las especies *Nodilittorina* sp. y

| Variable | Costa del Sol | | Caribe | | Punta Arena | |
|----------------------------|---------------|------|--------|-------|-------------|-------|
| | Prom | Desv | Prom | Desv | Prom | Desv |
| pH | 8.07 | 0.55 | 8.04 | 0.4 | 7.83 | 0.6 |
| Temperatura (mg/l) | 29.83 | 0.78 | 30.02 | 0.78 | 31.74 | 10.5 |
| Oxígeno disuelto (mg/l) | 2.18 | 1.96 | 2.23 | 2.41 | 1.73 | 1.86 |
| Salinidad (ppt) | 32.15 | 4.68 | 37.76 | 3.7 | 27.99 | 5.65 |
| Conductividad (mS/cm) | 52.08 | 8.38 | 54.9 | 10.93 | 39.83 | 12.01 |
| Sólidos suspendidos (mg/l) | 44.16 | 2.24 | 23.35 | 2.24 | 23.78 | 11.78 |

Tabla I. Promedio de las variables fisicoquímicas del agua en las playas de Cartagena de Indias, Caribe colombiano. Prom= promedio; Desv= Desviación estandar.

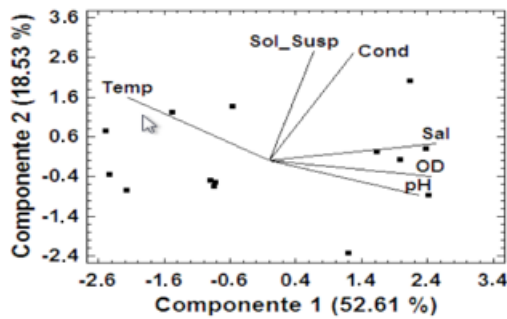


Figura 2. Análisis de componentes principales de las variables fisicoquímicas de tres playas turísticas en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia

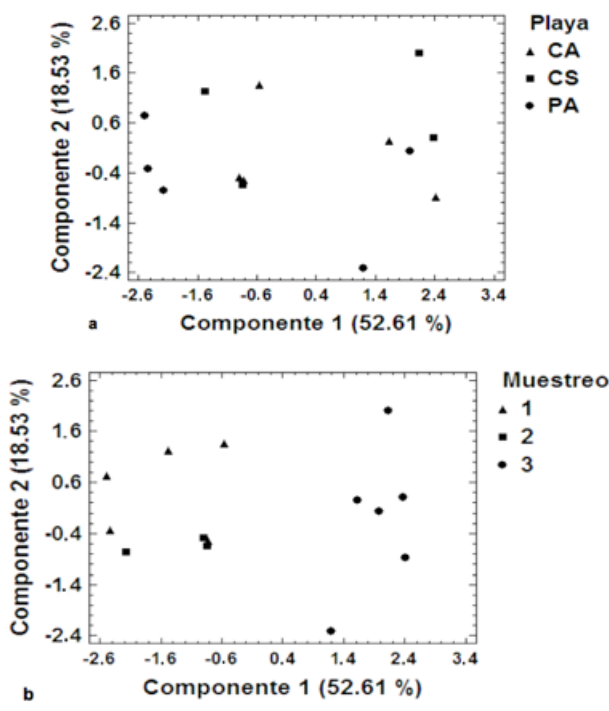


Figura 3. Análisis de componentes principales para las variables fisicoquímicas por playa (a), (CA= Caribe, CS= Costa del Sol y PA= Punta Arena), y mes de muestreo (b), (1= septiembre, 2= octubre y 3= diciembre).

Diodora sayi (Dall 1889), con cinco ejemplares cada una (Fig. 4b).

La distribución espacio-temporal del número de especies en el sustrato arenoso de cada playa, mostró de forma general que la playa del Hotel Caribe, fue quien presentó la mayor riqueza de especies, seguida de Punta Arena y Costa del Sol (Fig. 5a). Mientras que el muestreo del sustrato rocoso, reveló que la playa de Costa del Sol, fue el sitio con mayor riqueza

de especies asociadas a los espigones, durante el periodo de estudio (Fig. 5b).

Como complemento al análisis anterior, el cálculo del índice diversidad de Shannon-Wiener (H'), para el sustrato arenoso, al ser comparado mediante el ANDEVA de dos vías (playas y meses), mostró que no existían diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), entre las playas, pero si entre los meses de muestreo ($p < 0.05$), como se observa en la Tabla V; siendo diciembre (0.47 ± 0.04 bits) y octubre (0.41 ± 0.04 bits), los meses con valores más altos, con respecto a septiembre (0.13 ± 0.05 bits), como se observa en la Figura 6, en

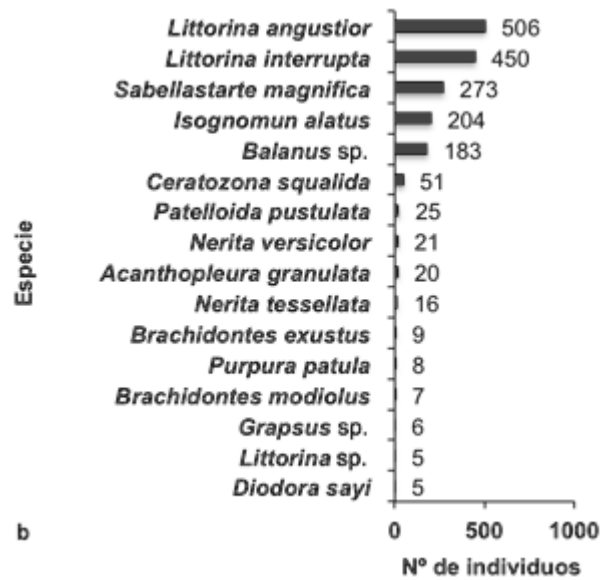
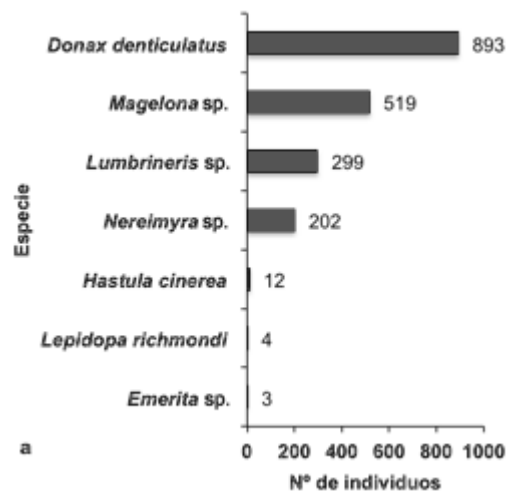


Figura 4. Abundancia de especies encontradas en el sustrato intermareal arenoso (a) y rocoso artificial (b), en las inmediaciones de las playas estudiadas

| Variable | Septiembre | | Octubre | | Diciembre | |
|----------------------------|------------|-------|---------|------|-----------|-------|
| | Prom | Desv | Prom | Desv | Prom | Desv |
| pH | 7.71 | 0.37 | 7.56 | 0.31 | 8.46 | 0.23 |
| Temperatura (mg/l) | 35.06 | 9.22 | 29.12 | 2.19 | 28.02 | 3.63 |
| Oxígeno disuelto (mg/l) | 2.43 | 0.04 | 3.06 | 0.05 | 4.28 | 0.55 |
| Salinidad (ppt) | 27.31 | 3.71 | 27.49 | 3.21 | 35.55 | 1.39 |
| Conductividad (mS/cm) | 47.41 | 13.07 | 42.48 | 3.99 | 52.67 | 13.90 |
| Sólidos suspendidos (mg/l) | 31.38 | 13.06 | 17.79 | 7.06 | 34.66 | 15.19 |

Tabla II. Promedio de las variables fisicoquímicas del agua durante cada mes de muestreo, en las playas de Cartagena de Indias, Caribe colombiano. Prom= promedio; Desv= Desviación estándar

| Phylum | Clase | Especie |
|------------|------------|--|
| Mollusca | Bivalvia | <i>Donax denticulatus</i> (Linnaeus, 1758) |
| | Gastropoda | <i>Hastula cinerea</i> (Born, 1778) |
| Arthropoda | Crustacea | <i>Lepidopa richmondi</i> (Benedict, 1903) |
| | | <i>Emerita</i> sp. |
| Annelida | Polychaeta | <i>Magelona</i> sp. |
| | | <i>Lumbrineris</i> sp. |
| | | <i>Nereimyra</i> sp. |

Tabla III. Especies de macroinvertebrados encontradas en el sustrato arenoso de tres playas turísticas en Cartagena de Indias, Caribe colombiano.

la que también se destacan los altos valores que tiene Punta Arena, en los meses de octubre y diciembre.

Para el caso de los espigones, el cálculo de la diversidad, mediante el índice de Shannon-Wiener, mostró que existían diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), entre las playas y entre los meses de muestreo (Tabla VI), caracterizándose la playa Costa del Sol, por su mayor promedio (0.64 ± 0.021 bits), comparado con el de los espigones del Hotel Caribe, cuyo promedio fue $0.33 (\pm 0.02)$ bits, como se observa en la Figura 7; en la que también se aprecia que durante septiembre se presentó el mayor promedio del índice de Shannon-Wiener, (0.63 ± 0.03 bits), seguido de octubre (0.50 ± 0.03 bits) y diciembre (0.33 ± 0.02 bits).

Comportamiento de la precipitación y la marea
El comportamiento mensual de las variables, precipitación y nivel de marea en la zona de

| Phylum | Clase | Especie |
|------------|----------------|---|
| Mollusca | Bivalvia | <i>Brachidontes modiolus</i> (Linnaeus, 1767) |
| | | <i>Brachidontes exustus</i> (Linnaeus, 1758) |
| | | <i>Isognomum alatus</i> (Gmelin, 1791) |
| | Gastropoda | <i>Diodora sayi</i> (Dall, 1889) |
| | | <i>Patelloida pustulata</i> (Helbling, 1779) |
| | | <i>Purpura patula</i> (Linnaeus, 1758) |
| | | <i>Littorina interrupta</i> (Philippi, 1847) |
| | | <i>Littorina angustior</i> (Mörch, 1876) |
| | | <i>Lilittorina</i> sp. |
| | | <i>Nerita tessellata</i> (Gmelin, 1791) |
| | Polyplacophora | <i>Ceratozona squalida</i> (C.B. Adams, 1845) |
| | | <i>Acanthopleura granulata</i> (Gmelin, 1791) |
| | | |
| Arthropoda | Maxillopoda | <i>Balanus</i> sp. |
| | Malacostraca | <i>Grapsus</i> sp. |
| Annelida | Polychaeta | <i>Sabellastarte magnifica</i> (Shaw, 1800) |

Tabla IV. Especies de macroinvertebrados encontradas en el sustrato rocoso (espigones), de tres playas turísticas en Cartagena de Indias, Caribe colombiano

estudio se muestran en las figuras 8 y 9, donde se observa que octubre fue el mes de mayor precipitación, (579.9 mm), seguido de septiembre (242 mm), y diciembre, mes durante el cual la precipitación no superó los 143 mm. Igualmente se aprecia que el mes de octubre

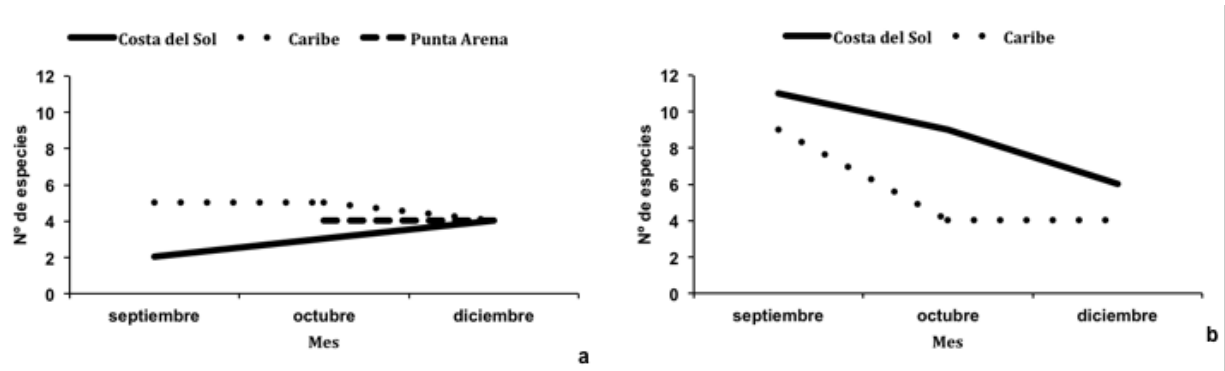


Figura 5. Comportamiento espacio-temporal del número de especies encontradas en el sustrato intermareal a) arenoso y b) rocoso artificial, en las inmediaciones de tres playas turísticas en Cartagena de Indias, Colombia.

fue el que presentó el mayor valor máximo de marea con 0.76 m, seguido de diciembre con 0.74 m y septiembre con 0.65 m. El análisis del intervalo de variación mensual de esta variable, mostró que septiembre fue el mes de menor variación de la marea (0.41 m), con respecto a diciembre, cuando el intervalo de variación alcanzó los 0.6 m (Fig. 9).

Discusión

El análisis espacial de las variables fisicoquímicas medidas en el agua, mostró poca variabilidad entre las playas estudiadas, contrario a lo ocurrido entre los meses, cuya diferencia en los valores de las variables pudo estar asociado a los cambios en algunos aspectos meteorológicos, como la precipitación, que ejerce un papel importante en los ecosistemas

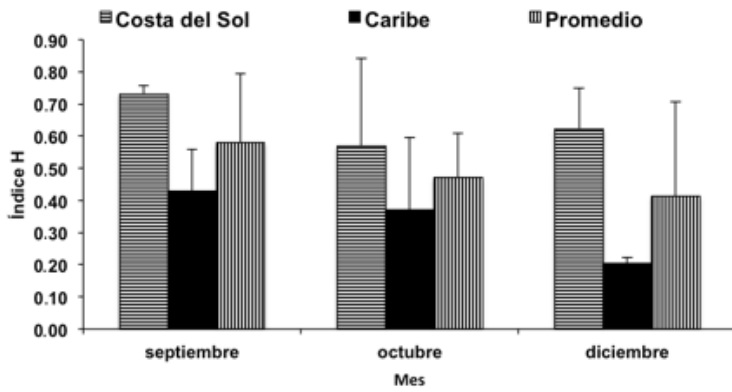
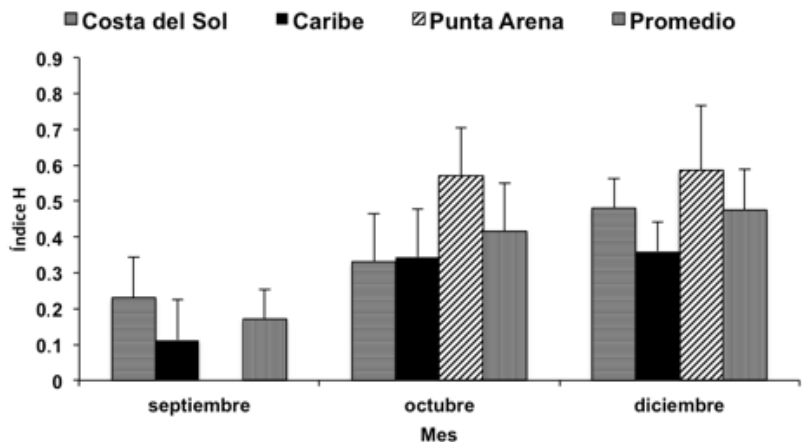


Figura 6. Comportamiento temporal del promedio del índice de diversidad (H'), por mes de muestreo, en el sustrato arenoso de tres playas turísticas en Cartagena de Indias, Colombia.

Figura 7. Comportamiento espacio-temporal del promedio del índice de diversidad (H'), por mes de muestreo, en espigones de dos playas turísticas en Cartagena de Indias, Colombia.



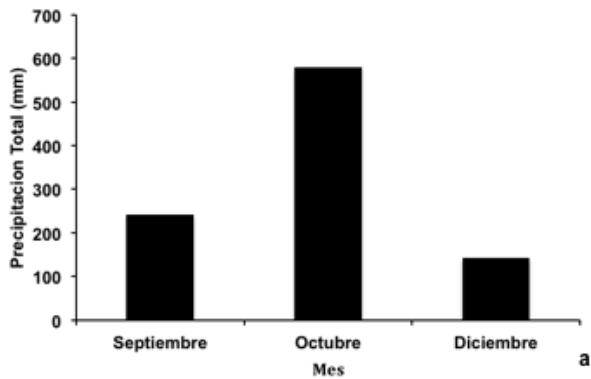


Figura 8. Valores mensuales de precipitación total en la zona de estudio. Fuente: Anónimo (2011).

marinos, debido a que genera aumento en la concentración de sólidos suspendidos y reduce la salinidad; factores que pueden alterar la estructura de algunas comunidades de macroinvertebrados presentes en la zonas intermareales (Libes 1992).

Los resultados del presente estudio, indican que la precipitación ejerció un efecto significativo sobre el comportamiento de las variables fisicoquímicas, ya que durante diciembre (mes de menor precipitación), fue cuando se presentaron los mayores valores de dichas variables, a excepción de la temperatura. El hecho de que en el mes de diciembre se presentaran los mayores valores de variables como la salinidad, favoreció el incremento de la diversidad en el sustrato arenoso, sobre todo por que durante este, se capturó la mayor cantidad de

poliquetos, los cuales no se hicieron tan evidentes en septiembre y octubre, ya que muy probablemente durante esos meses se afectaron algunos de sus aspectos fisiológicos, tales como su ritmo de respiración, equilibrio osmótico, y la viabilidad de sus larvas, lo cual suele presentarse en organismos de este grupo cuando se ven expuestos a reducciones de la salinidad del agua (Kristensen 1983, Pechenik *et al.* 2000, Bergamino *et al.* 2009).

Contrario a lo que ocurrió con los poliquetos, el bivalvo *Donax denticulatus*, estuvo presente todo el periodo de estudio, ya que este tolera un amplio intervalo de variación salina, que pueden oscilar entre 1.25 y 35 ppt (García *et al.* 2003, Marcano *et al.* 2003). Contrario al comportamiento de esa especie, otras como *Lepidopa richmondi* y *Emerita sp.*, de mayor sensibilidad a los cambios en las condiciones ambientales (Subramoniam & Gunamalai 2003, Veloso *et al.* 2006), solo aparecieron cuando aumentó la salinidad en el mes de diciembre.

El comportamiento temporal de la diversidad en el sustrato rocoso (espigones), fue diferente al encontrado en el arenoso, siendo la diversidad más baja en diciembre; situación que puede estar asociada a la evolución del nivel de marea, cuyo intervalo de variación se hizo más pronunciado hacia ese mes, afectando de manera negativa principalmente a aquellos organismos con movilidad restringida en este tipo de sustrato, como son los bivalvos *Isognomon alatus*, *Brachidontes exustus* y *B.*

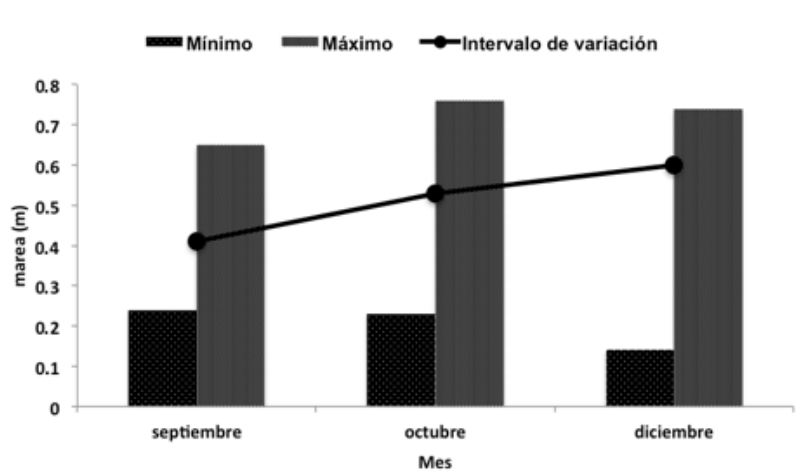


Figura 9. Valores mínimos, máximos e Intervalo de variación mensual del nivel de marea, en la zona de estudio, durante el periodo septiembre-diciembre de 2011. Tomado y modificado de Anónimo (2011).

| Fuente: Efectos principales | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Razón F | Valor-P |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|---------------|
| A: Playa | 0.00529 | 2 | 0.02649 | 6.23 | 0.0855 |
| B: Mes | 0.13421 | 2 | 0.06710 | 15.78 | 0.0256 |
| Residuos | 0.01760 | 3 | 0.00425 | | |
| Total corregido | 0.28458 | 7 | | | |

Tabla V. Análisis de varianza para los valores del índice de diversidad (H') de Shannon-Wiener, para el sustrato arenoso, por playa y mes de muestreo.

| Fuente: Efectos principales | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Razón F | Valor-P |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|---------------|
| A: Playa | 0.2799 | 1 | 0.2799 | 40.65 | 0.0002 |
| B: Mes | 0.1858 | 2 | 0.0929 | 13.49 | 0.0027 |
| Residuos | 0.0551 | 8 | 0.0069 | | |
| Total corregido | 0.5209 | 11 | | | |

Tabla VI. Análisis de varianza para los valores del índice de diversidad (H') de Shannon-Wiener, para los espigones, por playa y mes de muestreo.

modiolus, quienes requieren del agua circundante para obtener oxígeno y alimento (material orgánico suspendido); esta situación se hizo evidente sobre todo en el mes de diciembre, cuando se observó una gran cantidad de valvas vacías de estos organismos. Además de las anteriores implicaciones, la variación de la salinidad, el pH y la marea también pueden afectar de forma negativa la disponibilidad de alimento para otras poblaciones de macroinvertebrados que habitan la zona intermareal rocosa, ya que estas variables inciden de manera directa sobre el crecimiento del perifitón, conjunto de bacterias, algas y protozoos, que favorecen la creación de microhábitats que son aprovechados por muchas especies de macroinvertebrados registrados en el presente estudio (Almanza *et al.* 2004, Hernández *et al.* 2010).

Además de los efectos que pueden ejercer sobre el sustrato arenoso o rocoso las variables ambientales antes mencionadas, también se debe tener en cuenta el efecto del hombre sobre estos, ya que los turistas visitan las playas se ubican preferencialmente en estos espacios, donde realizan actividades recreativas o de esparcimiento, que alteran el sustrato, y con ello la diversidad de macroinvertebrados que habitan las zonas impactadas (Schlacher & Thompson 2012); esta situación pone de manifiesto la importancia de incrementar los estudios de calidad ambiental asociados con algunos parámetros ecológicos de

los poliquetos *Magelona sp.*, *Lumbrineris sp.* y *Nereimyra sp.*; los moluscos gasterópodos, *Diodora sayi*, *Nerita tessellata*, *N. versicolor* y los bivalvos *Brachidontes modiolus*, *B. exustus*, que fueron quienes presentaron mayor afectación de sus poblaciones por el efecto de las variables analizadas, y muy probablemente por el de otras variables determinantes de la calidad ambiental que no se contemplaron en el presente estudio, como lo es la presencia de coliformes termotolerantes, cuyos registros en zonas cercanas (<200NMP/100mL) han superado las concentraciones máximas permisibles en la legislación nacional (Vivas *et al.* 2011).

Conclusiones

Los resultados del presente trabajo, permitieron afirmar que durante el mes de diciembre se presentaron los valores más altos en la mayoría de las variables fisicoquímicas analizadas en el agua (oxígeno disuelto, salinidad, conductividad, pH y sólidos suspendidos), a excepción de la temperatura. Contrario a este resultado el comportamiento de las mismas variables se mostró uniforme entre las playas estudiadas.

El componente biológico, a diferencia del anterior, mostró diferencias entre los meses y los sitios de muestreo, destacándose el sustrato arenoso por sus bajos valores de diversidad, siendo dominante la especie *D. denticulatus*, que posee adaptaciones especiales para

soportar aquellas condiciones extremas a las que suelen estar expuestos los organismos de esta zona, que no pueden ser soportadas por otros, como los poliquetos (*Magelona* sp., *Lumbrineris* sp. y *Nereimyra* sp.), que ven comprometidos algunos de sus aspectos fisiológicos, lo que finalmente conduce a la reducción de sus poblaciones.

El sustrato rocoso, al ofrecer mayor estabilidad, permitió el surgimiento de una mayor diversidad de especies de macroinvertebrados, entre los cuales dominaron los moluscos, quienes al poseer estructuras como la concha y el pie reptante, se les facilita la adecuación a estos medios; sin embargo, algunas especies de este grupo, como *D. sayi*, *N. tessellata*, *N. versicolor*, *B. modiolus* y *B. exustus*, experimentan fluctuaciones en sus poblaciones a causa de cambios en la condiciones ambientales, que pueden ser de origen natural o antrópico.

La información obtenida sobre las especies presentes en los diferentes sustratos, así como su comportamiento con respecto a las condiciones ambientales imperantes en el periodo de estudio, permite afirmar, de manera preliminar, que en las playas turísticas de Cartagena de Indias existen especies de macroinvertebrados con potencial bioindicador de calidad ambiental para aguas marino-costeras; sin embargo, se hace necesario ampliar el ámbito de estudio de manera temporal y hacia otras zonas del Caribe colombiano, con el propósito de obtener mayor cantidad de información que permita construir índices de calidad ambiental de playas, los cuales se están requiriendo en la actualidad para el proceso de certificación de playas turísticas.

Agradecimientos

A la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, por la financiación del presente estudio. Igualmente a Víctor Sarmiento y Nadya Martínez, por su colaboración durante la identificación taxonómica de algunas especies y a los evaluadores del manuscrito, por sus comentarios acertados.

Referencias

- Afanador, F., F. Orozco, J. C. Gómez & A. Carvajal. 2008. Ortofotografía digital y datos Lidar, para el control y administración del litoral en la isla de Tierra Bomba, Caribe Colombiano. *Boletín Científico CIOH* (26): 86-103.
- Aladro-Lubel, M.A., M.E. Martínez-Murillo, I.E. Lira-Galera & V.E. Rojas-Ruiz. 1992. Guía práctica de campo de protozoarios e invertebrados estuarinos y marinos. AGT Editor, México, D.F., 101 pp.
- Almanza, L., F. Bolívar, S. Borrero, I. Caiafa, K. de las Salas, M.G. Luque & J. Valdelamar J. 2004. Estudio preliminar de la comunidad macrobentónica del mesolitoral rocoso de bahía Concha (Parque Nacional Natural Tayrona, Magdalena, Colombia) en agosto de 2002. *Acta Biológica Colombiana* 9(1): 3-9.
- Anónimo. 1972. *Ecología marina*. Dossat, La Salle, Fundación de Ciencias Naturales, Caracas, 11 pp.
- Anónimo. 1997. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad. Colombia. Elfi Chávez, M. & N. Arango (eds.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, PNUMA, Ministerio del Medio Ambiente, Santa Fe de Bogotá, 3, 477 pp.
- Anónimo. 2005. Standard methods for the examination of water and waster water. 21 ed., American Public Health Association, Washinton, D.C., 1200 pp.
- Anónimo. 2011. Boletín meteomarinero mensual del Caribe Colombiano. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Boletines 194, 195 y 197. Consultado el 12 de diciembre de 2012 en: www.cioh.org.co/meteorologia/ResumenClimatologico.php
- Bergamino L., P. Muniz & O. Defeo. 2008. Effects of a freshwater canal discharge on polychaete assemblages inhabiting an exposed Sandy beach in Uruguay. *Ecological Indicators* 9: 584-587.
- Bremec, C. 1990. Macrobentos del área de bahía Blanca (Argentina). Distribución espacial de la fauna. *Boletim do Instituto Oceanográfico, Sao Paulo*, 38(2): 99-110.
- Díaz, J. & M. Puyana. 1994. Moluscos del Caribe colombiano: Un catálogo ilustrado. Colciencias, Fundación Natura, Invemar. Santa Fé de Bogotá, Colombia, 291 pp.
- Escorcia R. & O. Galvis. 2008. Determinación de la abundancia, riqueza y distribución de la macrobiota presente en el mesolitoral e infralitoral arenoso, de Bahía Concha, Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT). Resúmenes del XXIII Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. San Andrés Isla, 124 pp.
- Florez-Garza, R., P. Flores-Rodríguez, S. García-Ibáñez & A. Valdés-González. 2007. Demografía del caracol *Plicopurpura pansa* (*Neotaenioglossa: Muricidae*) y constitución de la comunidad malacológica asociada en Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*. 55: 3-4.
- Gamboa M., R. Reyes & J. Arrivillaga. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y*

- Salud Ambiental, 48(2): 109-120.
- García, N., A. Prieto, R. Alzola & C. Lodeiros. 2003. Crecimiento y distribución de tallas de *Donax denticulatus* (Mollusca: Donacidae) en la playa Brava, península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Revista Científica FCV-LUZ* 13(6): 464-47.
- Giménez, L., A. Borthagara, M. Rodríguez, A. Brazeiro & A. Carranza. 2010. Rocky intertidal macrobenthic communities across a large-scale estuarine gradient. *Scientia Marina* 74(1): 87-100.
- Gray, J.S. & M. Elliot. 2010. *Ecology of marine sediments*. 2a ed., Oxford University Press, Nueva York, 225 pp.
- Hernández, C., F. Álvarez & J.L. Villalobos. 2010. Crustáceos asociados a sustrato duro en la zona intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 81: 141-151.
- Kristensen, E. 1983. Ventilation and oxygen uptake by three species of *Nereis* (Annelida: Polychaeta). II. Effects of temperatura and salinity changes. *Marine Ecology Progress Series*. 12: 299-306.
- Johnson, D.E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores, México D.F. 566 pp.
- Llinás Solano, H. 2006. *Estadística inferencial*. Uninorte, Barranquilla, Colombia, 441 pp.
- Libes, S.M. 1992. *An introduction to marine biogeochemistry*. John Wiley and Sons, Nueva York, 732 pp.
- Marcano, J.S., A. Prieto, A. Lárez & H. Salazar. 2003. Crecimiento de *Donax denticulatus* (Linné 1758) (Bivalvia: Donacidae) en la ensenada La Guardia, isla de Margarita, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 21(3): 237-259.
- Mendonça Vanda, D.R., P. Boyle & S. Hoskins. 2008. Spatial and temporal characteristics of benthic invertebrate communities at Culbin Sands lagoon, Moray Firth, NE Scotland, and impacts of the disturbance of cockle harvesting. *Scientia Marina* 72(2): 265-278.
- Mille-Pagaza, S., J. Carrillo-Laguna, A. Pérez-Chi & M. Sánchez-Salazar. 2002. Abundancia y diversidad de los invertebrados litorales de isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. *Revista de Biología Tropical*. 50(1): 97-105.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1. Manuales y tesis. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España, 78 pp.
- Pechenik, J., R. Berard & L. Kerr. 2000. Effects of reduced salinity on survival, growth, reproductive success, and energetics of the euryhaline polychaete *Capitella* sp. I. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 254: 19-35.
- Peyrer, L., P. De Sá Rodrigues & C.E. Bemvenuti. 2007. Zonation of benthic macrofauna on Cassino beach, southernmost Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*. 55(4): 293-307.
- Rufino, M., M. Gaspar, A. Pereira, F. Maynou & C. Monteiro. 2010. Ecology of megabenthic bivalve communities from sandy beaches on the south coast of Portugal. *Scientia Marina* 74(1): 163-178.
- Salazar-Vallejo, S.I., J.A. de León-González & H. Salices-Polanco. 1988. *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Libros Universitarios, La Paz, Baja California Sur, 212 pp.
- San Vicente, C., T. Munilla, J. Corbera, J.C. Sorbe & A. Ramos. 2009. Suprabenthic fauna from the Bellingshausen Sea and western Antarctic Peninsula: spatial distribution and community structure. *Scientia Marina* 73(2): 357-368.
- Schlacher, T.A. & L. Thompson. 2012. Beach recreation impacts benthic invertebrates on ocean-exposed sandy shores. *Biological Conservation* 147: 123-132.
- Subramoniam, T. & V. Gunamalai. 2003. Breeding biology of the intertidal sand crab, *Emerita* (Decapoda: Anomura). *Advances in Marine Biology*. 46: 91-182.
- Suárez, V. & A. Franco. 2007. El microfitorplancton en los principales muelles de la bahía de Cartagena, Caribe colombiano, vectores posibles de floraciones microalgales. *Boletín Científico CIOH* (25): 135-149.
- Veloso V., G. Elen, S. Silva, C. Caetano, R. Cardoso. 2006. Comparison between the macroinfauna of urbanized and protected beaches in Rio de Janeiro State, Brazil. *Biological Conservation*, 127(4): 510-515.
- Vivas-Aguas, L., M. Tomic, J. Sánchez, S. Narvaez, B. Cadavid, P. Bautista, J. Betancourt, J. Parra, L. Echeverri & L. Espinosa. 2011. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia-REDCAM. Informe técnico, INVEMAR, Santa Marta, 229. Disponible en: www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/Informe_REDCAM_2011.pdf
- Wallace, J. & J. Webster. 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*. 41: 115-139.
- Yepes, A. 2006. Calidad microbiológica y físico-química del agua para usos recreativos en las playas de Bocagrande y Marbella, en Cartagena de Indias, Colombia. *Revista Científica*. 8: 67-84. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/337/501>
- Yidi Daccarett, E. & V. Sarmiento Bossio. 2011. Colombian seashells from the Caribbean Sea. *L'Informatore Piceno*, Ancona, Italia, 384 pp.
- Zaixso, H.E. 2002. *Manual de campo para el muestreo de bentos*. Universidad Nacional de la Patagonia, Comodoro Rivadavia, Argentina, 191 pp.

Recibido: 11 de abril de 2013

Aceptado: 6 de octubre de 2014