

Composición de los moluscos de la zona fital del mesolitoral rocoso en Santiago de Cuba

Composition of mollusks in phytal zone of the intertidal rocky shore in Santiago de Cuba

Abdiel Jover Capote*¹, Yander Luis Diez García^{1,2} & Dainielli Tamayo Tamayo³

¹Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Ave. Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, CP 90500 Cuba.

*Autor corresponsal, e-mail: abdiel@cnt.uo.edu.cu

²Administración Portuaria Santiago de Cuba, Ave. Jesús Menéndez s/n, Jagüey y Enramada, CP 90100, Santiago de Cuba, Cuba.

³Grupo Científico Estudiantil de Ecología Marina "EcoMar" Dra. María Elena Ibarra Martín. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Ave. Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, CP 90500 Cuba.

Resumen

En el presente trabajo se determinó la composición de los moluscos de la zona fital del mesolitoral rocoso en cuatro localidades de Santiago de Cuba entre abril de 2013 y febrero de 2014. En cada muestreo se tomaron cinco cuadrículas metálicas de 25 cm de lado separadas 5 m cada una. Se determinó en cada cuadrícula las especies de moluscos y la cobertura de macroalgas. Se identificaron 38 especies del grupo: cinco poliplacóforos, 30 gasterópodos y tres bivalvos. De ellas, tres constituyen nuevas adiciones a la fauna de la costa suroriental de Cuba. Las familias con mayor número de especies fueron Fissurellidae, Columbidae y Muricidae. Los géneros con mayor número de especies fueron *Lottia*, *Fissurella* y *Echinolittorina*. Las variaciones espaciales y temporales de la composición de moluscos están determinadas por las fluctuaciones de la humedad relativa del aire y la cobertura de las macroalgas.

Palabras claves: Poliplacóforos, gasterópodos, bivalvos, cobertura de algas, humedad relativa.

Abstract

In the present study we determined the composition of mollusks in phytal zone of the intertidal rocky shore in four locations in Santiago de Cuba, from April 2013 to February 2014. At each sampling five quadrats of 25 cm side were taken at 5 m distance each. Mollusk species and coverage of macroalgae were determined in the quadrats. Thirty-eight species were identified: five polyplacophores, 30 gastropods and three bivalves. Of these species, three constitute new additions to the fauna of the southeastern coast of Cuba. The families with more species are Fissurellidae, Columbidae and Muricidae. The genera with the highest number of species were *Lottia*, *Fissurella* and *Echinolittorina*. Spatial and temporal variations in the composition of mollusks are determined by the fluctuations in relative humidity and coverage of macroalgae.

Key words: Polyplacophores, gastropods, bivalves, algal cover, relative humidity.

Introducción

Las comunidades fitales están influenciadas por las condiciones ambientales, por lo que condiciona que posean variaciones espaciales y temporales

(Edgar, 1983a y b). Dentro de este hábitat, en el mesolitoral se pueden distinguir tres subsistemas: (1) el conjunto de macroalgas, que funcionan como

especies constructoras de hábitats; (2) el bentos asociados al talo de las macroalgas y (3) el bentos asociado con el sustrato subyacente (Fernández *et al.*, 1988). Según Buzá-Jacobucci & Pedini (2014), factores como el movimiento del agua, profundidad, acumulación de detritus y contaminación afectan a la fauna asociada a estas comunidades.

En Cuba la fauna asociada a las comunidades fitales ha sido poco abordada. Los biotopos estudiados son las raíces de *Rhizophora mangle* L. (Lalana, 1986; Lalana *et al.*, 1992) y las macrófitas submareales (Lalana *et al.*, 1986; Olivera & Guimares, 2012). Por su parte, el mesolitoral rocoso es uno de los biotopos poco estudiados desde el punto de vista ecológico (Areces *et al.*, 1992).

Los moluscos del mesolitoral rocoso de las costas orientales de Cuba han sido objeto de estudios sistemáticos en los últimos años (Diez & Jover, 2012, 2013). Se conoce que las macroalgas que forman las comunidades fitales en este hábitat presentan variaciones espaciales y temporales (Jover *et al.*, 2009, 2012) al igual que las macroalgas epifitas a ellas (Diez *et al.*, 2013). El presente trabajo tiene como objetivo determinar la composición de los moluscos de la zona fital del mesolitoral rocoso en Santiago de Cuba y los factores ambientales que establecen su distribución.

Materiales y métodos

Área de estudio

Las localidades de estudio están ubicadas en el municipio de Santiago de Cuba, de la provincia del mismo nombre en la costa suroriental de Cuba, en el sector limitado por los poblados de Siboney (Este) y Mar Verde (Oeste). El área está constituida por una costa sin plataforma de origen tectónico con proliferación de las terrazas marinas. Posee dos bahías de bolsa de origen erosivo, Santiago de Cuba y Cabañas, donde se encuentran importantes zonas estuarinas en sus márgenes interiores. En esta franja costera el veril se halla muy cerca de la orilla, en algunos casos a 100 o 200 m (Claro & Reshetnikov, 1994).

El clima se caracteriza por ser del tipo tropical seco, caracterizado por la presencia de una estación lluviosa (mayo-octubre) y otra poco lluviosa (noviembre-abril) (Lecha & Chugaev, 1989).

Las precipitaciones oscilan entre los 1000 a 1200 mm en la estación lluviosa y entre los 400 a 600 mm en la poco lluviosa, con un promedio de aproximadamente 650 mm anuales (Bermúdez & Duran, 1991). La humedad relativa media anual está entre el 70-80%, con predominio de brisas marinas de hasta 12 Km/h durante el día y en la noche los vientos alisios flojos reforzados por el terral y brisas de montaña (Montenegro, 1991a). La temperatura media anual oscila entre los 24-26°C, la máxima media anual entre los 28-32°C y la mínima media anual entre los 20-22°C (Montenegro, 1991b).

Las aguas de la plataforma en esta región no experimentan durante el ciclo anual una marcada variación espacial y temporal, condición que obedece en gran medida a la profundidad y poco influencia de las aguas oceánicas. Además, las concentraciones de nutrientes son bajas (0,10-0,20 µg/L de fósforo en forma de fosfato y 0,40 µg/L de nitrógeno) (Lluis-Rivera, 1983). La temperatura del agua varía generalmente menos de 1-2°C espacialmente. Los cambios más bruscos se han detectado en los meses marzo-abril y noviembre-diciembre (García, 1981a,b). Las corrientes marinas son muy variables, en época lluviosa se forma una zona de divergencias mientras que durante la época poco lluviosa siguen dirección Este (Siam-Lahera, 1983).

Las cuatro localidades incluidas en el estudio (Fig. 1) presentan en el mesolitoral rocoso extensos campos de lapíeso “dientes de perro”, de formación cárstica superficial, típicos del área de estudio (Jover *et al.*, 2012). Para la selección de las mismas se partió de la información compilada por el Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO) de Cuba durante un recorrido realizado en el 2003 por toda la costa suroriental del país. Se tuvo en cuenta que fueran representativas del área de estudio y sin limitaciones para el acceso.

Las cuatro localidades de muestreo están afectadas por la actividad antrópica. Aguadores y La Socapa sometidas al efecto de la eutrofización, por el vertimiento de agua ricas en nutrientes provenientes de la bahía de Santiago de Cuba y el río San Juan, respectivamente (Gómez *et al.*, 2001; Nazario *et al.*, 2010). Por su parte, las localidades de Siboney y Mar Verde se encuentran cercanas a playas que son explotadas para el uso turístico, aunque las áreas de muestreo se ubicaron alejadas de las zonas destinadas para el baño y recreo. De forma general, en el sector estudiado existe un gradiente de dos localidades sometidas directamente al efecto de la eutrofización y dos no sometidas.

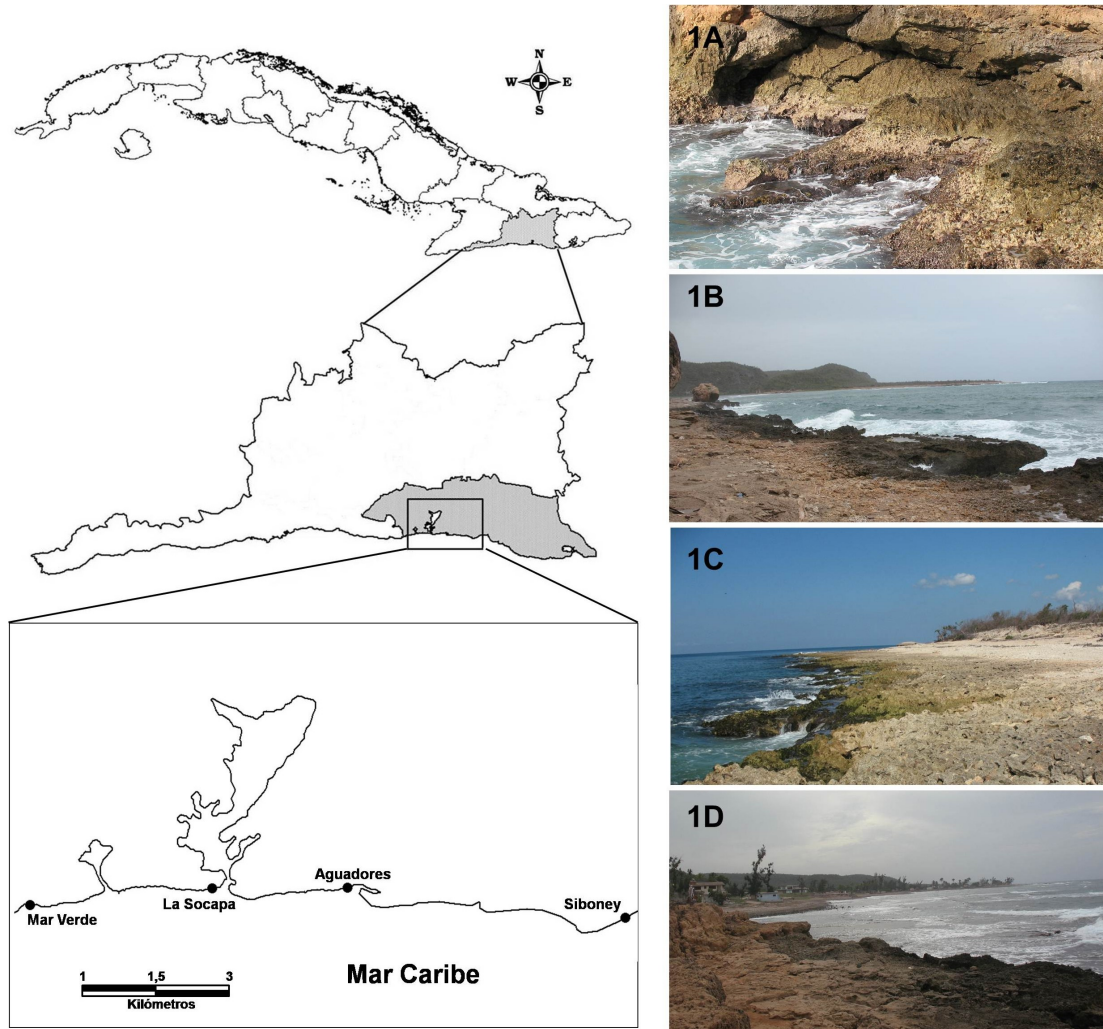


Figura 1. Ubicación geográfica y fotografías de las localidades de muestreo para moluscos del mesolitoral rocoso en el municipio Santiago de Cuba. 1A-Siboney (19°57'32''N; 75°42'15''O), 1B-Aguadores (19°57'51.5''N; 75°49'47.2''O), 1C-La Socapa (19°57'53.02''N; 75°56'26.45''O) y 1D-Mar Verde (19°57'32.72''N; 75°57'23.34''O).

Figure 1. Geographic location and photographs of sampling locations for mollusks from the intertidal rocky shore in the municipality of Santiago de Cuba.

Método de muestreo

Los muestreos en las cuatro localidades del sector Siboney-Mar Verde se realizaron entre marzo/2013 y febrero/2014, con una frecuencia bimestral. Se realizaron 22 muestreos en total ya que en diciembre no se muestrearon las localidades Siboney y La Socapa, debido a que las condiciones meteorológicas no lo permitieron. El período muestreado se considera adecuado para determinar las variaciones temporales en la estructura de las comunidades de moluscos marinos (Olabarria *et al.*, 2001).

La unidad de muestreo (UM) empleada fue una cuadrícula metálica de 25 cm de lado (625 cm²), con cinco repeticiones por localidad, separadas 5 m una de otra (Fig. 2). El tamaño de la UM fue establecido como área mínima por Weinberg (1978) para ecosistemas templados y ha sido utilizada y validada en los litorales rocosos tropicales americanos (Olabarria *et al.*, 2001; Fernández & Jiménez, 2006). En cada UM se identificaron las especies de moluscos *in situ* cuando fue posible, las que no, se recolectaron para su identificación en el laboratorio. Además se evaluó la cobertura total de las algas según los

criterios de Quiróz-Rodríguez *et al.* (2010). La estimación de la cobertura se realizó de manera visual siguiendo una escala de recubrimiento de intervalos de 5% (Veiga, 1999). Los datos de las variables climáticas (temperatura, humedad relativa, precipitaciones y días con lluvias) fueron proporcionados por el Centro Provincial de Meteorología de Santiago de Cuba.

En el laboratorio se lavaron las muestras con agua dulce, se retiraron los restos de las macroalgas y se procedió a la identificación de los

moluscos. Para la determinación de las especies se utilizó bibliografía especializada (Abbott, 1974; de Jong & Coomans, 1988; Espinosa *et al.*, 2006, 2007, 2012; Warmke & Abbott, 1961). Para la confección de la lista taxonómica se siguieron los criterios de Sirenko (2006) para los poliplacóforos, Bouchet *et al.* (2005) para los gasterópodos y Carter *et al.* (2011) para los bivalvos. La legitimación de los nombres de los grupos taxonómicos se realizó según el Registro Mundial de Especies Marinas (WoRMS, 2014).

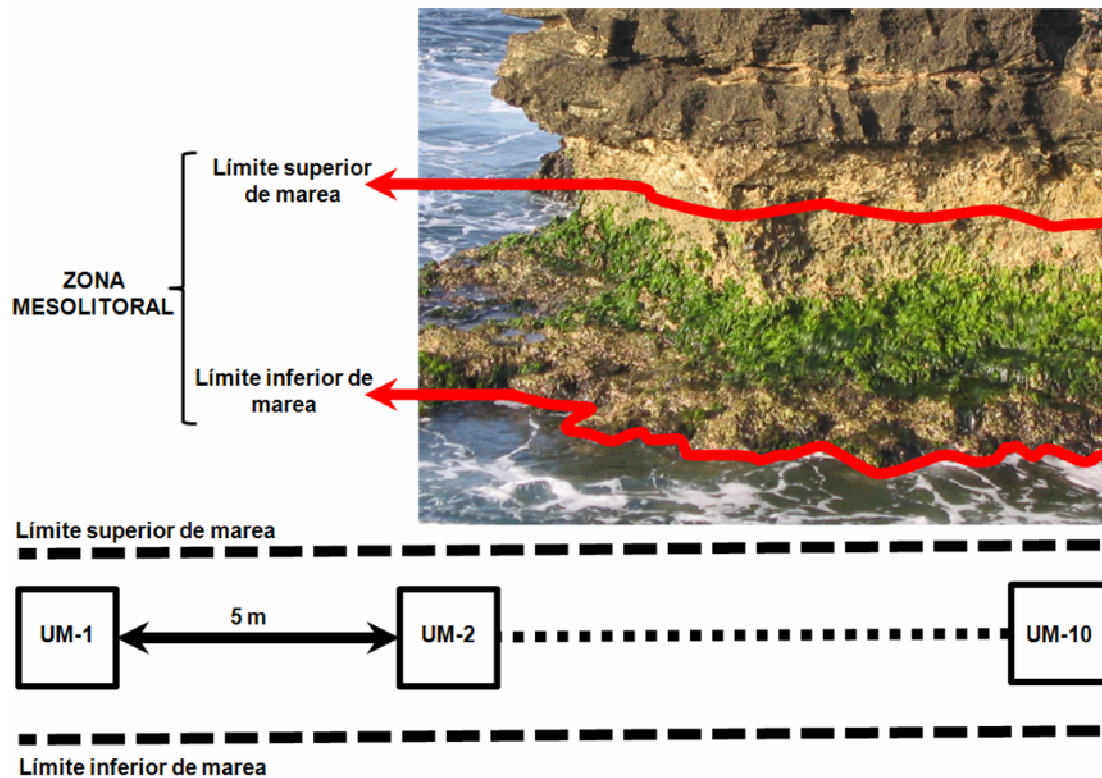


Figura 2. Esquema y fotografía de la zonación para los límites de mareas y ubicación de las unidades de muestreo (UM) en cuatro localidades de muestreo para moluscos del mesolitoral rocoso en el municipio Santiago de Cuba.

Figure 2. Diagram and photograph of the zoning for tidal limits and location of the sampling units (UM) in four sampling sites for mollusks from the intertidal rocky shore in the municipality of Santiago de Cuba.

Análisis de los datos

Para explorar las principales tendencias de la variación de la composición de los moluscos y su relación con las variables ambientales se aplicó un análisis de correspondencia canónica (ACC). Esta prueba de ordenación es una técnica de análisis

directo de gradiente (ter Braak & Verdonshot, 1995; Legendre & Legendre, 2012). Para este fin se utilizó una matriz de abundancia de las especies por estación y mes, y una matriz de datos de cobertura total de algas, temperatura mensual (media,

máxima y mínima), humedad relativa mensual (media, máxima y mínima), precipitaciones y total de días con lluvias. El ACC fue interpretado usando el programa PC-ORD 4.0 para Windows (McCune & Mefford, 1997).

Para la medida de la distancia entre especies se escogió la opción del ajuste de Hill, ya que resulta más adecuada cuando se trabaja con gradientes ambientales (ter Braak & Smilauer, 1998), aceptando las opciones por defecto. La significación estadística del primer eje y de la suma de todos los ejes canónicos para el análisis ACC fue contrastada mediante la prueba de Monte Carlo usando permutaciones no restringidas (99 permutaciones).

Resultados

La fauna de moluscos del mesolitoral rocoso del municipio Santiago de Cuba está compuesta por 38

especies, de ellas cinco poliplacóforos, 30 gasterópodos y tres bivalvos. Estos resultados representan el 33% del total de especies que han sido detectadas para las costas rocosas de Cuba (Tabla 1). Las mismas se encuentran distribuidas en tres clases, 20 familias y 32 géneros, lo que significa el 75%, 53% y 48% de lo consignado para Cuba, respectivamente. Las especies *Ceratozona squalida* (C.B. Adams, 1845), *Acanthochitona astrigera* (Reeve, 1847) y *Lucapinella limatula* (Reeve, 1850) constituyen nuevas adiciones a la fauna malacológica para la costa suroriental de Cuba. Las familias con mayor número de especies fueron Fissurellidae Fleming, 1822 y Columbellidae Swainson, 1840 con cinco especies, Muricidae da Costa, 1776 y Littorinidae Children, 1834 con cuatro y Chitonidae y Lottidae Gray, 1840 con tres. Los géneros *Lottia* Gray, 1833, *Fissurella* Bruguière, 1789 y *Echinolittorina* Habe, 1956 estuvieron representados por tres especies y *Chiton* Linnaeus, 1758 por dos, los demás fueron monoespecíficos.

Tabla 1. Lista de las especies de moluscos de las cuatro localidades del mesolitoral rocoso del municipio Santiago de Cuba (las especies con un asterisco son las nuevas adiciones para la costa suroriental de Cuba). LI-época lluviosa, PLI-época poco lluviosa.

Table 1. List of species of mollusks of the four locations of the intertidal rocky shore of the municipality of Santiago de Cuba (species with an asterisk are new additions to the southeastern coast of Cuba). LI-rain season, PLL-slightly rain season.

Especies	Localidades de muestreo							
	Siboney		Aguadores		La Socapa		Mar Verde	
	LI	PLI	LI	PLI	LI	PLI	LI	PLI
POLYPLACOPHORA								
<i>Acanthopleura granulata</i> (Gmelin, 1791)	X	X			X	X	X	X
<i>Chiton marmoratus</i> Gmelin, 1791	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chiton squamosus</i> Linné, 1764	X	X					X	
<i>Ceratozona squalida</i> (C. B. Adams, 1845)*				X	X			
<i>Acanthochitona astrigera</i> (Reeve, 1847)*			X	X	X		X	
GASTROPODA								
<i>Lottia albicosta</i> (C. B. Adams, 1845)	X		X	X			X	
<i>Lottia antillarum</i> G. B. Sowerby I, 1834				X	X			
<i>Lottia leucopleura</i> (Gmelin, 1791)	X				X		X	
<i>Diodora listeri</i> (d'Orbigny, 1847)				X				
<i>Lucapinella limatula</i> (Reeve, 1850)*				X				
<i>Fissurella barbadosensis</i> (Gmelin, 1791)	X		X	X	X		X	X
<i>Fissurella nodosa</i> (Born, 1778)	X	X		X			X	X
<i>Fissurella rosea</i> (Gmelin, 1791)			X	X	X	X		X

Tabla 1 (continuación).

Especies	Localidades de muestreo							
	Siboney		Aguadores		La Socapa		Mar Verde	
	LI	PLI	LI	PLI	LI	PLI	LI	PLI
<i>Cittarium pica</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tegula hotessieriana</i> (d'Orbigny, 1842)			X					
<i>Lithopoma caelatum</i> (Gmelin, 1791)			X					
<i>Eulithidium adamsi</i> (Philippi, 1853)	X		X				X	X
<i>Nerita tessellata</i> Gmelin, 1791			X	X	X			X
<i>Bittolum varium</i> (Pfeiffer, 1840)			X				X	
<i>Angiola lineata</i> (da Costa, 1778)							X	
<i>Echinolittorina angustior</i> (Mörch, 1876)						X		
<i>Echinolittorina ziczac</i> (Gmelin, 1791)					X			
<i>Echinolittorina meleagris</i> (Potiez & Michaud, 1838)	X		X	X	X	X	X	X
<i>Petalconchus erectus</i> (Dall, 1888)				X	X	X	X	X
<i>Seila adamsii</i> (H. C. Lea, 1845)						X		
<i>Rhombinella laevigata</i> (Linnaeus, 1758)			X					
<i>Costoanachis sparsa</i> (Reeve, 1859)				X				
<i>Mitrella ocellata</i> (Gmelin, 1791)				X	X			
<i>Decipifus sixaolus</i> Olsson & McGinty, 1958	X		X	X	X	X	X	X
<i>Leucozonia nassa</i> (Gmelin, 1791)	X		X	X	X			
<i>Vexillum puella</i> (Reeve, 1845)				X				
<i>Morula nodulosa</i> (C. B. Adams, 1845)			X	X				X
<i>Plicopurpura patula</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Stramonita rustica</i> (Lamarck, 1822)			X	X	X			X
<i>Vassula deltoidea</i> (Lamarck, 1822)	X			X				
BIVALVIA								
<i>Hormomya exustus</i> (Linnaeus, 1758)	X		X	X	X	X	X	
<i>Crassostrea virginica</i> (Gmelin, 1791)					X			
<i>Isognomon bicolor</i> (C. B. Adams, 1845)	X	X	X	X	X	X	X	X

El análisis de correspondencia canónica evidenció que el eje 1 (0,288) explicó la mayor parte de la variación de la composición de moluscos, con el 14,9% de la varianza explicada (Tabla 2). La humedad relativa fue la variable que presentó la mayor correlación con este eje, mientras que esta mismas variable a las 13 h, resultó la de menor correlación (-14,417) (Tabla 3).

Las variables ambientales que más contribuyeron a la variación de la composición de

los ensambles de moluscos en el mesolitoral rocoso fueron la cobertura de macroalgas y la humedad relativa (Fig. 3). Para los moluscos *Bittolum varium*, *Lottia leucopleura*, *Angiola lineata*, *Echinolittorina angustior*, *Chiton squamosus* y *C. marmoratus* se demostró que su distribución está relacionada con fluctuaciones de la humedad relativa de manera positiva. Además, el análisis de correspondencia canónica mostro que *Vexillum puella*, *Vassula deltoidea*, *Lottia albicosta*,

Acanthochitona astrigera, *Rhombinella laevigata*,
Echinolittorina ziczac, *Leucozonia nassa*,
Decipifus sixaolus, *Morula nodulosa*, *Ceratozona*

squalida y *Crassostrea virginica* poseen alguna
relación negativa con la cobertura de las
macroalgas (Fig. 3).

Tabla 2. Varianza explicada del análisis de correspondencia canónica para la relación entre la composición de los ensamblajes de moluscos del mesolitoral rocoso del municipio Santiago de Cuba y las variables ambientales, entre abril de 2012 y febrero de 2013.

Table 2. Variance explained the canonical correspondence analysis for the relationship between the composition of molluscan assemblages and environmental variables of the intertidal rocky shore of the municipality of Santiago de Cuba, between April 2012 and February 2013.

	Ejes canónicos		
	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio	0,288	0,167	0,145
% varianza explicada	14,9	8,6	7,5
% varianza explicada acumulada	14,9	23,4	30,9
Correlación de Pearson*	0,954	0,935	0,879
Prueba de Monte Carlo			
Eje 1 $F = 0,2$ $P = 0,01$			
Eje 2 $F = 0,162$ $P = 0,29$			
Eje 3 $F = 0,137$ $P = 0,24$			

*La correlación entre los resultados de la muestra para un eje derivado de los datos de las especies y los resultados de la muestra que son combinaciones lineales de las variables ambientales.

Tabla 3. Regresiones múltiples del análisis de correspondencia canónica para la relación entre la composición de los ensamblajes de moluscos del mesolitoral rocoso del municipio Santiago de Cuba y las variables ambientales, entre abril de 2012 y febrero de 2013.

Table 3. Multiple regressions of canonical correspondence analysis for the relationship between the composition of molluscan assemblages and environmental variables of the intertidal rocky shore of the municipality of Santiago de Cuba, between April 2012 and February 2013.

Variables	Coeficientes canónicos			Correlaciones		
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 1	Eje 2	Eje 3
C-A	-0,985	-0,476	0,425	-0,953	0,03	0,045
T	1,359	2,119	0,196	0,353	-0,402	0,637
Tmin	3,463	-1,247	0,011	0,087	0,109	0,672
Tmax	-5,942	0,720	0,227	0,047	0,186	0,644
HR	19,240	25,307	-5,609	0,087	0,452	0,7
HR13h	-14,417	-13,899	4,562	0,066	0,371	0,531
HR7h	-5,487	-17,153	2,043	0,196	0,289	0,843
Precp	-1,298	0,692	0,717	0,194	0,39	0,693
Días/precip	0,661	4,528	-0,022	0,182	0,058	0,595

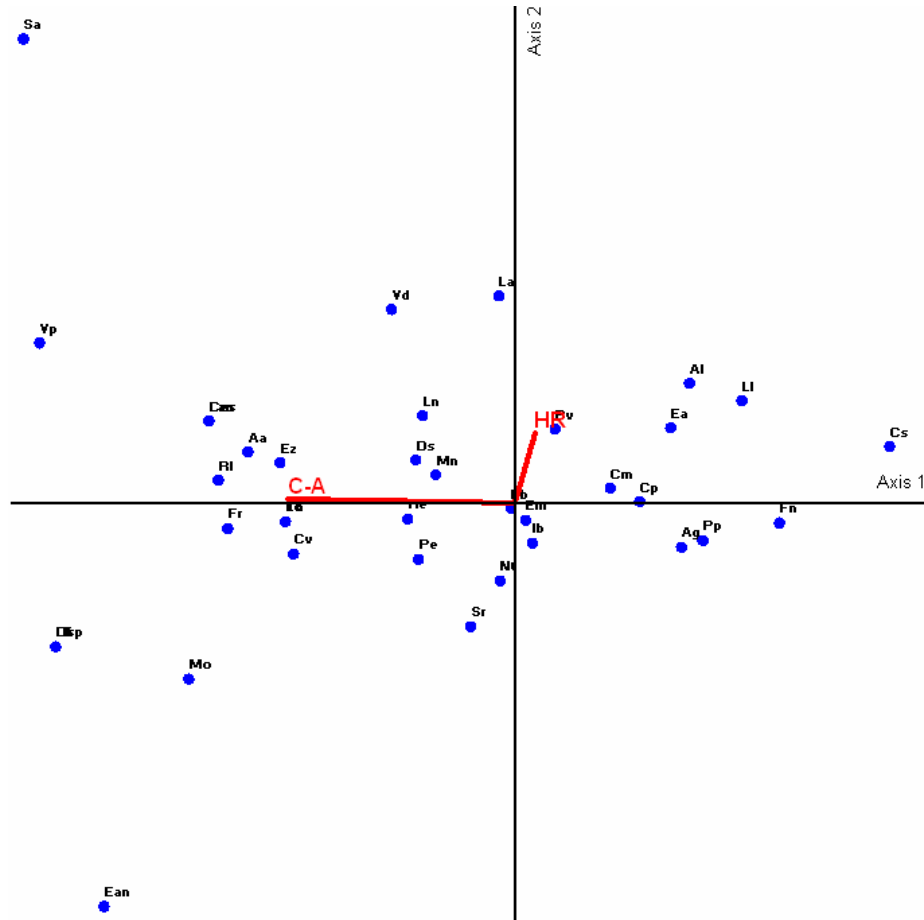


Figura 3. Diagrama del análisis de correspondencia canónica para la relación entre la composición específica de los ensamblajes de moluscos del mesolitoral rocoso en el municipio Santiago de Cuba y su relación con las variables ambientales, recolectados entre abril de 2012 y febrero de 2013. Donde: C-A- cobertura de macroalgas, HR- humedad relativa, Ag-*Acanthopleura granulata*, Cm-*Chiton marmoratus*, Cs- *C. squamosus*, Ces-*Ceratozona squalida*, Aa-*Acanthochitona astrigera*, La-*Lottia albicosta*, Lan- *L. antillarum*, Ll- *L. leucopleura*, Dl-*Diodora listeri*, Fb-*Fissurella barbadensis*, Fn- *F. nodosa*, Fr- *F. rosea*, Lli-*Lucapinella limatula*, Cp-*Cittarium pica*, Th-*Tegula hotessieriana*, Lc-*Lithopoma caelatum*, Ea-*Eulithidium adamsi*, Nt- *Nerita tessellata*, Bv-*Bittium varium*, Al-*Angiola lineata*, Ea-*Echinolittorina angustior*, Ez- *E. ziczac*, Em- *E. meleagris*, Pe- *Petalocochus erectus*, Sa-*Seila adamsi*, Rl-*Rhombinella laevigata*, Csp-*Costoanachis sparsa*, Mo-*Mitrella ocellata*, Ds-*Decipifus sixaolus*, Ln-*Leucozonia nassa*, Vp-*Vexillum puella*, Mn-*Morula nodulosa*, Pp-*Plicopurpura patula*, Sr-*Stramonita rustica*, Vd-*Vassula deltoidea*, He-*Hormomya exustus*, Cv-*Crassostrea virginica* y lb-*Isognomon bicolor*.

Figure 3. Diagram of canonical correspondence analysis for the relationship between the species composition of molluscan assemblages of the intertidal rocky shore in the municipality of Santiago de Cuba and its relation to environmental variables, collected between April 2012 and February 2013.

Discusión

La composición específica de los moluscos del mesolitoral rocoso en el municipio Santiago de Cuba en un ciclo anual es similar a la registrada para otras localidades del Caribe (Jiménez *et al.*, 2004; Torreblanca-Ramírez *et al.*, 2012; Quirós-Hernández & Hernando, 2013). Estas especies son características de ambientes mesolitorales, debido a

la presencia de colores claros, resistencia a la desecación, estructuras que le permiten adherirse al sustrato, entre otras adaptaciones (Quirós, 1998). Sin embargo, la presencia de solo el 33% de la fauna malacológica de lo consignada para Cuba pudo deberse a que el presente trabajo estuvo restringido al mesolitoral rocoso. Quirós (1998)

propuso una lista que abarca el sublitoral somero, mesolitoral y supralitoral.

El predominio de gasterópodos en el mesolitoral rocoso se relaciona con la mayor plasticidad ecológica que presenta este grupo. En la clase Gastropoda se observa la mayor diversidad de adaptaciones a la vida en este ambiente (Ruppert *et al.*, 2005; Fernández & Jiménez, 2007). Además, este patrón de mayor riqueza para gasterópodos, es un fenómeno común para este ecosistema, tanto en las costas del Atlántico (Jiménez *et al.*, 2004; Quirós-Hernández & Hernando, 2013) como para el Pacífico (Esqueda *et al.*, 2000; Flores-Garza *et al.*, 2012; Torreblanca-Ramírez *et al.*, 2012).

El mayor número de especie presente en las familias Fissurellidae, Columbellidae, Muricidae, Littorinidae, Chitonidae y Lottidae, coincide con lo descrito para la costa occidental de Cuba (Quirós, 1998). Mille-Pegazas *et al.* (1994) señalan que estas familias son características del litoral rocoso, ya que presentan adaptaciones para adherirse a sustratos duros y soportar fuertes oleajes. Por otra parte, González *et al.* (1991), indicaron que los géneros de estas familias poseen una amplia distribución, debido a la presencia de características intrínsecas que le confieren habilidades de colonizar los microhábitats del mesolitoral rocoso.

El hecho de que la humedad relativa y la cobertura de macroalgas resultaran las variables determinantes en la composición específica de los moluscos del mesolitoral rocoso en el municipio Santiago de Cuba no coincide con la hipótesis planteada por Connell (1961a,b) y Williams (1994). Estos autores plantean que la distribución de los organismos en una zona superior (supralitoral), influenciada por variables físicas como temperatura, desecación y oleaje, y una zona inferior (mesolitoral), determinada por interacciones biológicas, como competencia y depredación. Sin embargo, estos resultados coinciden con otros trabajos que demuestran que la interacción entre factores bióticos y abióticos es la causa de la distribución de las especies en ambientes mesolitorales (Bertness & Leonard, 1997; Bertness *et al.*, 1999; Robles & Desharnais, 2002).

Las fluctuaciones de la humedad relativa favorecen la composición de los ensambles de moluscos del mesolitoral rocoso, al mitigar el efecto de la desecación, cuando estas especies se someten al aire durante los periodos de emersión e inmersión. Ali & Nakamura (1990) encontraron

que un aumento de la humedad relativa favorece los procesos de supervivencia durante los periodos de desecación del bivalvo intermareal *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). Además, observaron que un aumento de la temperatura induce que se incremente la respiración aérea. Estos resultados coinciden con los de otros autores para moluscos dulceacuícolas, como Mckee & Mackie (1980), Byrne *et al.* (1988) y Byrne *et al.* (1990).

La humedad relativa en los moluscos del mesolitoral rocoso condiciona la disminución de la desecación, lo cual ocasiona estrés fisiológico (Mislán *et al.*, 2014). Además, corrobora la relación directa que existe entre la humedad relativa del aire sobre la pérdida de agua y la osmolaridad de los moluscos intermareales (Rose, 2014). También el valor elevado de humedad relativa actúa sobre variaciones de la conducta a lo largo del día (Abdel-Rehim, 1983).

Las modificaciones que ocasionan las macroalgas en los microhábitats del mesolitoral rocoso del municipio Santiago de Cuba pueden ser la causa de la relación negativa de la cobertura de macroalgas con la de 11 especies de moluscos. Es conocido que la elección de los microhábitats puede mitigar o intensificar la severidad de estrés abiótico, que influyen en la supervivencia y la aptitud (Williams & Morritt, 1995; Davison & Pearson, 1996; Bertness *et al.*, 1999; Gray & Hodgson, 2004). Además, la ausencia de estos microhábitats podría ocasionar que los moluscos reciban más radiación solar, especialmente durante la mitad del día, cuando la temperatura del aire es más elevada (Campbell & Norman, 1998).

La superficie de las macroalgas es colonizada por microalgas y otros microorganismos que constituye una fuente importante de alimento (Heck & Valentine, 2006; Poore *et al.*, 2012). Esta cobertura de macroalgas pudiera favorecer el crecimiento de propágulos algales que pueden servir de alimentos a especies ramoneadoras de superficie como *Acanthochitona astrigera* y *Ceratozona squalida*. A partir de lo que plantean Jenkins *et al.* (1999), se encontró que la eliminación del alga *Ascophyllum nodosum* L., eliminaba el césped de pequeñas algas que crecía debajo de esta, ocasionando la disminución de moluscos herbívoros.

En el caso de los bivalvos, el efecto negativo de la relación entre la cobertura de algas y la composición puede estar relacionado con la competencia por el sustrato. También, las algas epizoicas sobre estos organismos pudieran facilitar

la depredación y reducir la supervivencia de los bivalvos. Esto coincide con lo reportado para *Mytilus californianus* Conrad, 1837 por Dittman & Robles (1991). Estos autores encontraron que la presencia de algas no protegía a los mejillones de los depredadores y producía tasas bajas de crecimiento y reproducción.

La composición de los ensambles de moluscos de la zona fital del mesolitoral rocoso en el municipio Santiago de Cuba posee fluctuaciones espaciales y temporales. Estas están determinadas por las fluctuaciones de la humedad relativa del aire y la cobertura de las macroalgas. Estos factores contribuyen a que los moluscos puedan tolerar los diversos factores ambientales.

Agradecimientos

A Tarcia Armando Joaquín por su ayuda en la realización del trabajo de campo. A Yuset Guerra y Edgar Hernández por el envío de gran parte de la bibliografía. A Adrian Trapero por su apoyo y sugerencias durante la realización de la investigación. Al proyecto universitario Ciencia y Conciencia “Macroalgas del mesolitoral rocoso de la costa sur oriental de Cuba”. Por último a los revisores cuyas sugerencias permitieron mejorar el manuscrito.

Referencias bibliográficas

Abbott, R.T. 1974. American Sea Shells. Van Nostrand Reinhold, New York. 541 pp.

Abdel-Rehim, A.H. 1983. The effects of temperature and humidity on the nocturnal activity of different shell colour morphs of the land snail *Arianta arbustorum*. Biological Journal of the Linnean Society 20(4): 385-395.

Ali, F. & K. Nakamura. 1999. Effect of temperature and relative humidity on the tolerance of the Japanese clam, *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve), to air exposure. Aquaculture Research 30(9): 629-636.

Areces, J., R. Valle, D. Ibarzabal, J. Pol & L. Hernández. 1992. Características generales de la fauna asociada a cuatro especies de macroalgas del mesolitoral cubano. Ciencias Biológicas 25: 119-131.

Bermúdez, G. & M. Durán. 1991. Precipitaciones media anual. 1: 750000. En: O. Bebelagua, N. Viña y J. Planas (Eds.) Atlas de Santiago de Cuba (inédito), BIOECO-MEGACEN. p. 33.

Bertness, M.D. & G.H. Leonard. 1997. The role of positive interactions in communities: lessons from intertidal habitats. Ecology 78(7): 1976-1989.

Bertness, M.D., G.H. Leonard, J.M. Levine, P.R. Schmidt & A.O. Ingraham. 1999. Testing the relative contribution of positive and negative interactions in rocky intertidal communities. Ecology 80(8): 2711-2726.

Bouchet, P., J-P. Rocroi, J. Fryda, B. Hausdorf, W. Ponder, Á. Valdés & A. Warén. 2005. Classification and nomenclator of gastropod families. Malacologia: International Journal of Malacology 47(1-2): 1-397.

Buzá-Jacobucci, G. & F. Pedini. 2014. The role of epiphytic algae and different species of *Sargassum* in the distribution and feeding of herbivorous amphipods. Latin American Journal of Aquatic Research 42(2): 353-363.

Byrne, R.A., E., Gnaiger, R.F. McMahon & T.H. Dietz. 1990. Behavioral and metabolic responses to emersion and subsequent reimmersion in the freshwater bivalve, *Corbicula fluminea*. The Biological Bulletin 178(3): 251-259.

Byrne, R.A., R.F. McMahon & T.H. Dietz. 1988. Temperature and relative humidity effects on aerial exposure tolerance in the freshwater bivalve *Corbicula fluminea*. The Biological Bulletin 175(2): 253-260.

Campbell, G.S., & J.M. Norman. 1998. An introduction to environmental biophysics. Springer. 286 pp.

Carter, J.G., C.R. Altaba, L.C. Anderson, R. Araujo, A.S. Biakov, A.E. Bogan, D.C. Campbell, M. Campbell, C. Jin-hua, J.C.W. Cope, G. Delvene, H.H. Dijkstra, F. Zongjie, R.N. Gardner, V.A. Gavrilova, I.A. Goncharova, P.J. Harries, J.H. Hartman, M. Hautmann, W.R. Hoeh, J. Hylleberg, J. Bao-yu, P. Johnston, L. Kirkendale, K. Kleemann, J. Koppka, J. Kříž, D. Machado, N. Malchus, A. Márquez-Aliaga, J-P. Masse, C.A. McRoberts, P.U. Middelfart, S. Mitchell, L.A. Nevesskaja, S. Özer, J. Pojeta, I.V. Polubotko, J.M. Pons, S. Popov, T. Sánchez, A.F. Sartori, R. W. Scott, I.I. Sey, J.H. Signorelli, V.V. Silantiev, P.W. Skelton, T. Steuber, J.B. Waterhouse, G.L. Wingard & T. Yancey. 2011. A synoptical

- classification of the Bivalvia (Mollusca). Paleontological Contributions 4: 1-47.
- Claro, R. & Y. Reshetnikov. 1994. Condiciones de hábitat. En: R. Claro (ed.). Ecología de los peces marinos de Cuba. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México. pp. 13-54
- Connell, J.H. 1961a. Effects of competition, predation by *Thais lapillus*, and other factors on natural populations of the barnacle *Balanus balanoides*. Ecological Monographs 31(1): 61-104.
- Connell, J.H. 1961b. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. Ecology 42(4): 710-723.
- Davison, I.R. & G.A. Pearson. 1996. Stress tolerance in intertidal seaweeds. Journal of Phycology 32(2): 197-211.
- de Jong, K.M. & H.E. Coomans. 1988. Marine Gastropods from Curacao, Aruba and Bonaire. En: Wagenaar, P. & L. J. Vander (ed.) Studies on the fauna of Curacao and other Caribbean Islands. Vol. LXIX. 261 pp.
- Diez, Y. & A. Jover. 2012. Moluscos marinos del sector Bahía de Puerto Padre-Bahía de Nipe, Cuba. Amici Molluscarum 20(1): 17-28.
- Diez, Y. & A. Jover. 2013. Lista y distribución de los moluscos marinos de Santiago de Cuba, costa suroriental de Cuba. Amici Molluscarum 21: 23-38.
- Diez, Y., A. Jover, A. Suárez, L. Gómez & M. Fujii. 2013. Distribution of epiphytic macroalgae on the thalli of their hosts in Cuba. Acta Botanica Brasílica 27(4): 815-826.
- Dittman, D. & C. Robles. 1991. Effect of algal epiphytes on the mussel *Mytilus californianus*. Ecology 72(1): 286-296.
- Edgar, G.J. 1983a. The ecology of south-east Tasmanian phytal animal communities. I. Spatial organization on a local scale. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 70: 129-157.
- Edgar, G.J. 1983b. The ecology of south-east Tasmanian phytal animal communities. II. Seasonal change in plant and animal populations. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 70: 159-179.
- Espinosa, J., J. Ortea, M. Caballer & L. Moro. 2006. Moluscos marinos de la península de Guanacabibes, Pinar del Rio, Cuba, con la descripción de nuevos taxones. Avicennia 18: 1-83.
- Espinosa, J., J. Ortea, R. Fernandez-Garces & L. Moro. 2007. Adiciones a la fauna de moluscos marinos de la península de Guanacabibes (I), con la descripción de nuevas especies. Avicennia 19: 63-87.
- Espinosa, J., J. Ortea, R. Sánchez & J. Gutierrez. 2012. Moluscos marinos de la Reserva de la Biósfera de la Península de Guanacabibes. Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba. 325 pp.
- Esqueda, M. C., E. Rios-Jara, J.E. Michel-Morfin & V. Landa-Jaime. 2000. The vertical distribution and abundance of gastropods and bivalves from rocky beaches of Cuastecomate Bay, Jalisco. México. Revista de Biología Tropical 48(4): 765-775.
- Fernández, E., R. Anadon, & Fernández. 1988. Life histories and growth of the gastropods *Bittium reticulatum* and *Barleei aunifasciata* inhabiting the seaweed *Gelidium latifolium*. Journal of Molluscan Studies 54(1): 119-129.
- Fernández, J. & M. Jiménez. 2006. Estructura de la comunidad de moluscos y relaciones tróficas en el litoral rocoso del estado Sucre, Venezuela. Revista de Biología Tropical 54: 121-130.
- Fernández, J. & M. Jiménez. 2007. Fauna malacológica del litoral rocoso de la costa sur del Golfo de Cariaco y costa norte del estado Sucre, Venezuela. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela 46(1): 3-11.
- Flores-Garza, R., P. Flores-Rodríguez, C. Torreblanca-Ramírez, L. Galeana-Rebolledo, A. Valdés-González, A. Suástegui-Zárate & J. Violante-González. 2012. Commercially important marine mollusks for human consumption in Acapulco, México. Natural Resources 3(1): 11-17.
- García, C. 1981a. Temperatura de las aguas oceánicas de Cuba: I. Aguas superficiales. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 6(2): 1-15.
- García, C. 1981b. Temperatura de las aguas oceánicas de Cuba: II. Aguas superficiales. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 6(2): 15-35.
- Gómez, L., Y. Larduet & N. Abrahantes. 2001. Contaminación y biodiversidad en ecosistemas acuáticos. El fitoplancton de la bahía de Santiago de Cuba. Revista de Investigaciones Marinas 22(3): 191-197.
- González, S. A., W. Stotz, P. Toledo, M. Jorquera & M. Romero. 1991. Utilización de

- diferentes microambientes del intermareal como lugares de asentamiento por *Fissurella* spp. (Gastropoda: Prosobranchia) (Palo Colorado, Los Vilos, Chile). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 26(2): 325-338.
- Gray, D & A. Hodgson. 2004. The importance of a crevice environment to the limpet *Helcion pectunculus* (Patellidae). *Journal of Molluscan Studies* 70(1): 67-72.
- Heck Jr, K.L. & J.F. Valentine. 2006. Plant-herbivore interactions in seagrass meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 330(1): 420-436.
- Jenkins, S.R., S.J. Hawkins & T.A. Norton. 1999. Direct and indirect effects of a macroalgal canopy and limpet grazing in structuring a sheltered inter-tidal community. *Marine Ecology Progress Series* 188: 81-92.
- Jiménez M., B. Márquez & J. Díaz. 2004. Moluscos del litoral rocoso en cuatro localidades del estado Sucre, Venezuela. *Saber* 16: 8-17.
- Jover, A., G. Llorente & N. Viña. 2009. Variación espacio-temporal de la composición de macroalgas del mesolitoral rocoso del sector Aguadores, plataforma suroriental de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 30(1): 3-9.
- Jover, A., L. Reyes, L. Gómez & A. Suárez. 2012. Variación espacial y temporal de las macroalgas del mesolitoral rocoso en Aguadores-Baconao, Cuba I: Composición. *Revista de Investigaciones Marinas* 32 (1): 38-49.
- Lalana, R. 1986. Fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle* L., en la Laguna costera "El Ciego". *Revista de Investigaciones Marinas* 7(3): 55-65.
- Lalana, R. & M. Ortiz. 1992. Fauna asociada a mangles de la laguna Guanaroca, provincia Cienfuegos, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 13(3): 205-214.
- Lecha, L. & A. Chugaev. 1989. La bioclimatología y algunas de sus aplicaciones en condiciones de clima tropical húmedo. Editorial Academia, Cuba, 35 pp.
- Legendre, P. & L.F. Legendre. 2012. Numerical ecology. Elsevier. 1006 pp.
- Lluis-Rivera, M. 1983. Características físico-químicas de la plataforma cubana y aguas oceánicas adyacentes. *Informatsionni Bulletin* 15: 29-45.
- McCune, B. & M.J. Mefford. 1997. PC-ord. Multivariate analysis of Ecological Data. Mjrm Software Design, Glendon Beach, USA. 47 pp.
- McKee, P.M. & G.L. Mackie. 1980. Desiccation resistance in *Sphaerium occidentale* and *Musculium securis* (Bivalvia: Sphaeriidae) from a temporary pond. *Canadian Journal of Zoology* 58(9): 1693-1696.
- Mille-Pegazas, S., A. Pérez-Chi & O. Holguín-Quiñones. 1994. Fauna Malacológica bentónica del litoral de Isla Socorro, Revillagigedo, México. *Ciencias Marinas* 20(4): 467-486.
- Mislan, K.A.S., B. Helmuth & D.S. Wetthey. 2014. Geographical variation in climatic sensitivity of intertidal mussel zonation. *Global Ecology and Biogeography* 23: 744-756
- Montenegro U. 1991a. Humedad relativa media anual. 1: 750000. En: O. Bebelagua, N. Viña & J. Planas (ed.) Atlas de Santiago de Cuba (inédito), BIOECO-MEGACEN. p. 28.
- Montenegro, U. 1991b. Temperatura media anual. 1: 750 000. En: O. Bebelagua, N. Viña & J. Planas (ed.) Atlas de Santiago de Cuba (inédito), BIOECO-MEGACEN. p. 26.
- Nazario, L, M. Cabrales, J. Fajardo, I. Camps & A. Miralles. 2010. Estudio de la contaminación de la cuenca del río San Juan y su influencia en la zona costera. *Tecnología Química* 24(2): 72-78
- Olabarría, C., J. Caraballo & C. Vega. 2001. Cambios espacio-temporales en la estructura trófica de asociaciones de moluscos del intermareal rocoso en un sustrato tropical. *Ciencias Marinas* 27: 235-254.
- Olivera, Y. & M. Guimaraes. 2012. Moluscos asociados a la angiosperma marina *Ruppia maritima* L. en tres sistemas lagunares cubanos. *Mesoamericana* 16(1): 63-66.
- Poore, A.G., A.H. Campbell, R.A. Coleman, G.J. Edgar, V. Jormalainen, P.L. Reynolds, E.E. Sotka, J.J. Stachowicz, R.B. Taylor, M.A. Vanderkluft & J.E. Duffy. 2012. Global patterns in the impact of marine herbivores on benthic primary producers. *Ecology Letters* 15(8): 912-922.
- Quirós-Rodríguez, J. & N. Campos. 2013. Moluscos asociados a ensamblajes macroalgales en el litoral rocoso de Córdoba, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR* 42(1): 101-120.
- Quirós, A. 1998. Moluscos del litoral rocoso cubano y manifestación de factores

- ambientales en el gradiente de zonación. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Cuba, 128 pp.
- Quirós-Rodríguez, J., J. Arias-Ríos & V. Ruiz. 2010. Estructura de las comunidades macroalgales asociadas al litoral rocoso del departamento de Córdoba, Colombia. *Caldasia* 32(2): 339-354.
- Robles, C. & R. Desharnais. 2002. History and current development of a paradigm of predation in rocky intertidal communities. *Ecology* 83(6): 1521-1536.
- Rose, P.J. 2014. Temperature and relative humidity effects on water loss and hemolymph osmolality of *Littoraria angulifera* (Lamarck, 1822). Doctoral Thesis, Faculty of the College of Science, Mathematics and Technology. University of Texas. (www.repositories.tdl.org) (Consultado el 10 de Julio de 2014).
- Ruppert, E., S. Richard & R. Barnes. 2005. Zoología dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. 7º ed. São Paulo: Roca, Brasil. 1145 pp.
- Siam-Lahera C. 1983. Corrientes superficiales alrededor de Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 13: 1-15.
- Sirenko, B. 2006. New outlook on the system of Chitons (Mollusca: Polyplacophora). *Venus* 65: 27-49.
- ter Braak, C.J. & P. F. Verdonschot. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57(3): 255-289.
- ter Braak, C.J. & P. Smilauer. 1998. Canoco release 4: reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for Canonical Community Ordination. MicrocomputerPower, Ithaca, NY. 352 pp.
- Torreblanca-Ramírez, C., R. Flores-Garza, P. Flores-Rodríguez, S. García-Ibáñez & L. Galeana-Rebolledo. 2012. Riqueza, composición y diversidad de la comunidad de moluscos asociada al sustrato rocoso intermareal de playa Parque de la Reina, Acapulco, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 47(2): 283-294.
- Veiga, A. 1999. Caracterización de la flora y vegetación bentónica intermareal y de su riqueza en recursos explotables en las rías Baixas Gallegas (NO. Península Ibérica). Tesis Doctoral, Universidade da Coruña, España, 175 pp.
- Warmke, G. & R.T. Abbott. 1961. Caribbean Seashells. Livingston Publishing Company, Wynnewood, PA. 348 pp.
- Weinberg, S. 1978. The minimal area problem in invertebrate communities of Mediterranean rocky substrata. *Marine Biology* 49(1): 33-40.
- Williams, G.A. 1994. The relationship between shade and molluscan grazing in structuring communities on a moderately-exposed tropical rocky shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 178(1): 79-95.
- Williams, G.A. & D. Morritt. 1995. Habitat partitioning and thermal tolerance in a tropical limpet, *Cellana grata*. *Marine Ecology Progress Series* 124(1-3): 89-103.
- WoRMS. 2014. World Register of Marine Species. (<http://www.marinespecies.org>) (Consultado el 15 de junio de 2014).

Recibido: 14 de agosto de 2014.

Aceptado: 2 de octubre de 2014.