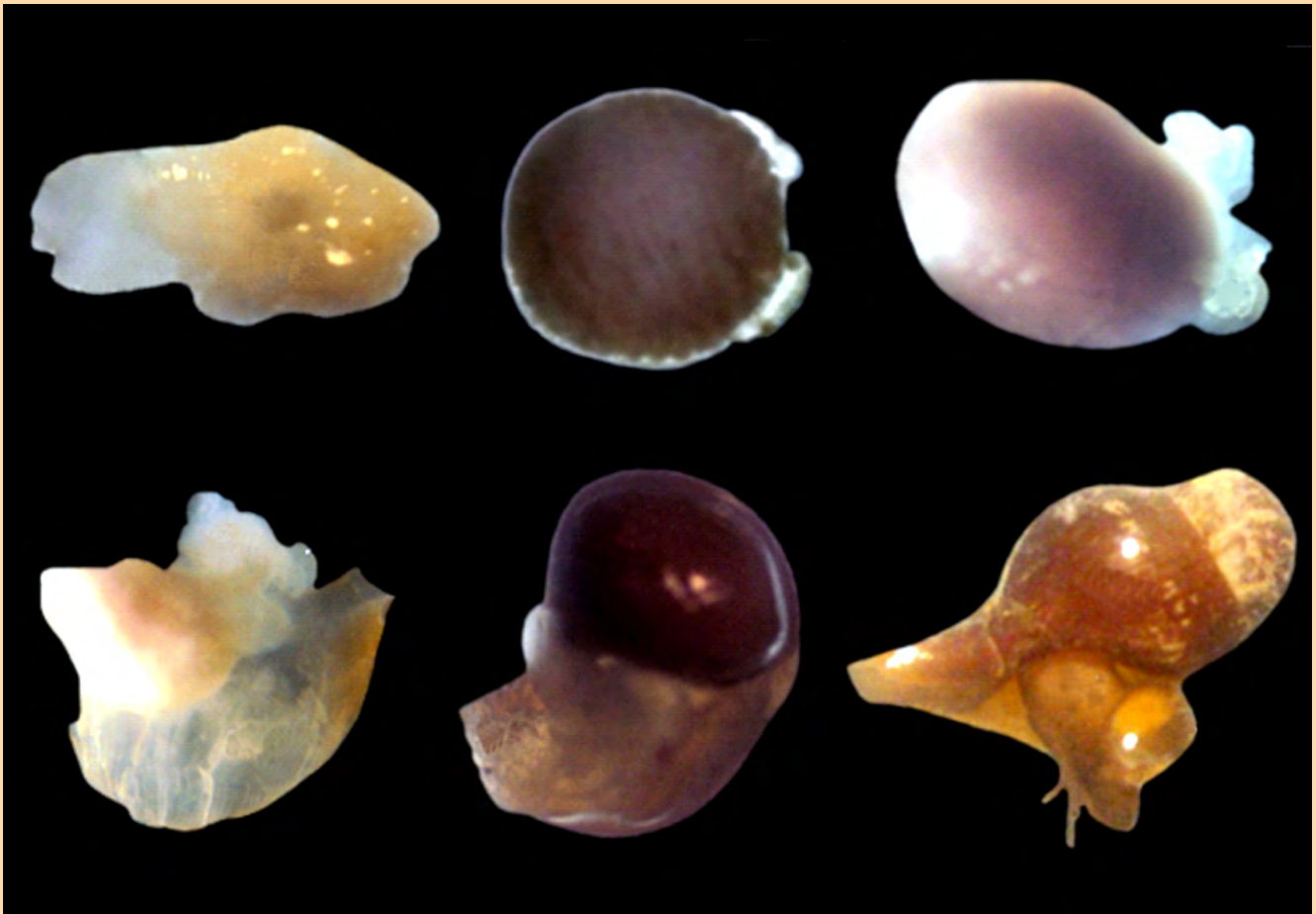


AMICI MOLLUSCARUM

Número 25(1-2), año 2017



Sociedad Malacológica de Chile



SMACH



AMICI MOLLUSCARUM

Número 25(1-2), año 2017

SMACH

SOCIEDAD
MALACOLÓGICA
DE CHILE

Amici Molluscarum es una revista de publicación anual bilingüe, editada por la Sociedad Malacológica de Chile (SMACH) desde el año 1992, siendo la continuación del boletín *Comunicaciones*, publicado entre 1979 y 1986. Cuenta con el patrocinio del Museo Nacional de Historia Natural de Chile (MNHNCL). Tiene el propósito de publicar artículos científicos originales, así como también comunicaciones breves (notas científicas), fichas de especies, comentarios de libros y revisiones en todos los ámbitos de la malacología.

ISSN 0718-9761 (versión en línea)

Los textos e ilustraciones contenidos en esta revista pueden reproducirse, siempre que se mencione su origen, indicando el nombre del autor o su procedencia, y se agregue el volumen y año de publicación.

Imagen de la cubierta: Etapas del desarrollo embrionario intracapsular de *Fasciolaria tulipa*. (R. Moffa *et al.*).

Imagen de la contracubierta: Parte de la concha de *Spondylus leucacanthus* (M. Villalejo-Fuerte *et al.*).

Amici Molluscarum · <http://www.amicimolluscarum.com>
Sociedad Malacológica de Chile (SMACH) · <http://www.smach.cl>

AMICI MOLLUSCARUM
Sociedad Malacológica de Chile (SMACH)

Comité editorial

Editor jefe

Gonzalo Collado Universidad del Bío-Bío, Chillán, Chile

Editor de producción

Cristian Aldea Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile

Editores asociados

Omar Ávila-Poveda Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa, México
Roberto Cipriani California State University, Fullerton, Estados Unidos
Felipe Briceño Universidad de Tasmania, Tasmania
Gonzalo Giribet Universidad de Harvard, Estados Unidos
Laura Huaquín Sociedad Malacológica de Chile, Valdivia, Chile
Christian Ibáñez Universidad de Chile, Santiago, Chile
Sergio Letelier Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile
Sven Nielsen Universidad Kiel, Alemania
Cecilia Osorio Universidad de Chile, Santiago, Chile
Francisco Rocha Universidad de Vigo, España
Néstor J. Cazzaniga Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina

Instrucciones para los autores

Amici Molluscarum es la revista editada por la Sociedad Malacológica de Chile (SMACH), con publicación anual. Se publican artículos científicos relacionados con todas las áreas de la malacología (ecología, taxonomía, sistemática, evolución, biodiversidad, paleontología, anatomía, desarrollo, bioensayos, entre otros temas).

La revista publica artículos científicos originales, revisiones temáticas, comunicaciones breves, fichas de moluscos, comentarios de artículos y revisiones de libros.

Envío online

Los autores deben enviar sus manuscritos online a contacto@amicimolluscarum.com. Los manuscritos que se envíen deben contener las siguientes partes y características.

General

El texto puede ser escrito en español o inglés. La hoja debe ser tamaño carta con márgenes superior e inferior de 2,5 cm e izquierdo y derecho de 3,0 cm. El tipo de letra utilizada debe ser "Times New Roman" a 12 puntos, con excepción del título. La primera vez que se nombre una especie se debe incluir el género (sin abreviatura) más nombre específico, autor y año de descripción. Autor y año también debe ser aplicado a *taxa* de nivel superior. Para trabajos en español el separador de unidades decimales debe ser ",".

Título

El título debe ser escrito en minúsculas y negrita, tamaño 14. Nombres científicos de especies en cursiva más su categoría taxonómica. Debe ser escrito en español e inglés si el trabajo está escrito en español.

Autores

Los manuscritos deben incluir el nombre del autor o autores así como también los nombres de las instituciones y direcciones. Se debe incluir la dirección electrónica, teléfono y fax (opcionales) del autor para correspondencia.

La estructura principal del manuscrito debe incluir:

Resumen · Introducción · Materiales y métodos · Resultados · Discusión · Agradecimientos · Referencias bibliográficas.

Resumen

El resumen no debería sobrepasar 250 palabras. No debe contener abreviaturas ni referencias bibliográficas. Debe estar escrito en español e inglés si el texto principal está escrito en español. Para trabajos escritos en inglés no se requiere resumen en español.

Palabras claves

Especifique bajo el resumen cinco palabras claves que no estén en el título. Bajo el resumen en inglés también incluir cinco *Keywords*.

Vocablos y citas

Las palabras o términos de raíces que no sean del idioma original del manuscrito, deberán escribirse en cursivas (por ejemplo: *e.g.*, *i.e.*, *et al.*, *fide*, *sensu*). Las referencias a las figuras y tablas se deben puntualizar entre paréntesis, *e.g.*: (Fig. 1), (Tabla 1). Las referencias bibliográficas se deben señalar inmersas en el texto con el siguiente estilo, *e.g.*: "...se han encontrado altas concentraciones del compuesto (Araya & Basualto, 2003)" o "Araya & Basualto (2003) encontraron altos valores...", "...Araya *et al.* (2003) demostraron...", "como ha sido demostrado en otros estudios (Araya *et al.*, 2003)...".

Referencias bibliográficas

Las referencias bibliográficas se ordenarán por orden alfabético según autor o autores, seguidos por el año, nombre del artículo, nombre completo de la revista (sin abreviarlo), volumen/número y páginas. Estas últimas deben ser señaladas utilizando guiones (-), no semirrayas (–). Todas las citas del texto deben ser incluidas en las referencias bibliográficas y viceversa.

· Si la referencia bibliográfica es un artículo científico, el formato debe ser (*e.g.*):

Avedaño, M. & M. Le Pennec. 1996. Contribución al conocimiento de la biología reproductiva de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en Chile. *Estudios Oceanológicos* 15: 1-10.

Pérez, M.C., D.A. López, K. Aguila & M.L. González. 2006. Feeding and growth in captivity of the octopus *Enteroctopus megalocyathus* Gould, 1852. *Aquaculture Research* 37(3): 550-555.

· Si la referencia bibliográfica es un libro, el formato debe ser (*e.g.*):

Osorio, C. 2002. Moluscos de importancia económica. Editorial Salesianos. Santiago, Chile. 211 pp.

· Si la referencia bibliográfica es un capítulo de libro, el formato debe ser (*e.g.*):

Nesis, K. N. 1993. Cephalopods of seamounts and submarine ridges. En: Okutani, T., R.K. O'Dor & T. Kubodera (eds.) *Recent Advances in Fisheries Biology*. Tokai University Press, Tokyo. pp. 365-373.

· Si la referencia bibliográfica es una tesis, el formato debe ser (*e.g.*):

Espoz, C. 2002. Ecología y evolución de patelogastrópodos endémicos a la costa rocosa de Perú y Chile: distribución, abundancia y filogenia. Tesis doctoral, Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 252 pp.

· Si la referencia proviene de una fuente académica de Internet, el formato debe ser (*e.g.*):

Rudman, W.B. 2000. Larval development and metamorphosis of *Aplysia oculifera*. *Sea Slug Forum* (<http://www.seaslugforum.net/aplyoev.htm>). Consultado el 3/12/2009.

Figuras y tablas

Las imágenes y/o figuras y tablas deben ser presentadas al final del manuscrito, debiendo numerarse con números arábigos. La calidad de las imágenes debe ser mayor a 300 PPP y de formatos de uso estándar (JPG, TIFF, PNG). La tipografía a utilizar en las figuras será "Arial" de tamaño adecuado para la correcta visualización de las mismas. Las tablas deben ser diseñadas en formato Word, con tipografía "Arial Narrow". Las etiquetas de las figuras y tablas deben ser escritas en español e inglés si el texto principal está escrito en español.

Comunicaciones breves

El estilo de presentación debe ser similar a la de los artículos científicos, aunque sin indicación de secciones ni resumen, con la excepción de las Referencias bibliográficas, que deben ser incluidas al final del texto. No hay límite de páginas, figuras o tablas.

Fichas de moluscos

Las fichas de especies deben contener la mayor cantidad de información, por ejemplo: Nombre científico, Clasificación (Taxonomía/Sistemática), Sinonimia, Nombre común, Diagnóstico, Características biológicas, Distribución geográfica, Hábitat, Importancia económica (si la tiene) e Historia natural. Se debe incluir las referencias bibliográficas citadas. La ficha de una especie debe ir acompañada al menos de una imagen o fotografía de la especie, deseándose además figuras de distribución geográfica, etc. Para ser sometida a evaluación, una ficha debe incorporar información original (no publicada previamente) del autor o autores.

Los manuscritos deben ser enviados por correo electrónico al director del comité editorial de *Amici Molluscarum*:

Dr. Gonzalo Collado
Universidad del Bío-Bío
contacto@amicimolluscarum.com

AMICI MOLLUSCARUM
Sociedad Malacológica de Chile (SMACH)

Número 25(1-2)

Año 2017

Contenido

ARTÍCULOS

- Diversidad trófica de moluscos asociados a macroalgas en el sublitoral de la bahía de Santiago de Cuba
Asiel Cabrera-Guerrero & Abdiel Jover-Capote..... 7
- Desarrollo intracapsular del gasterópodo *Fasciolaria tulipa* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Neogastropoda: Fasciolariidae) en condiciones de laboratorio
Ricardo Moffa, José Chávez, Geanmarys Bastardo, William Villalba & Roberta Crescini..... 19
- Abundancia de moluscos en mantos de macroalgas del mesolitoral rocoso en la costa suroriental de Cuba
Abdiel Jover-Capote & Yander L. Diez 27

COMUNICACIONES BREVES

- Some new observations on the freshwater oyster *Acostaea rivolii* (Deshayes, 1827) (Bivalvia: Etheriidae)
Jürgen Guerrero-Kommritz & Felipe Escobar-Calderón..... 45

FICHAS DE MOLUSCOS

- Spondylus leucacanthus* Broderip, 1833: Antecedentes de la especie
Marcial Villalejo-Fuerte, Neysi Gálvez-Zeferino, Jesús Ernestina Hernández-Castro, Enmaylin Fernández-Aguirre, Norberto Capetillo-Piñar, Arturo Tripp-Quezada, Arturo Tripp-Valdéz & Vicente Berovides-Álvarez 51

NOTICIAS

- Próximos congresos..... 57

Diversidad trófica de moluscos asociados a macroalgas en el sublitoral de la bahía de Santiago de Cuba

Trophic diversity of the mollusks associated to macroalgae in the sublittoral of the Santiago de Cuba bay

Asiel Cabrera-Guerrero¹ & Abdiel Jover-Capote^{2*}

¹Grupo Científico Estudiantil de Ecología Marina (EcoMar) "Dra. María Elena Ibarra Martín", Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, Cuba. CP: 90 500.

²Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, Cuba. CP: 90 500.

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

Resumen

La complejidad morfológica de las macroalgas propicia la abundancia y diversidad de los invertebrados bentónicos. En el presente trabajo se caracteriza la variación espacial de la diversidad trófica de moluscos asociados a macroalgas en el sublitoral de la bahía de Santiago de Cuba y se evalúa la relación entre la composición, riqueza específica y complejidad estructural de las macroalgas con la diversidad trófica del ensamble de moluscos. En seis localidades se ubicaron tres transectos y se muestrearon las algas y moluscos asociados dentro de cuatro cuadrantes de 0,625 m². Los grupos morfofuncionales de macroalgas más abundantes y de amplia distribución en el sublitoral fueron las foliosas, filamentosas y corticadas. Asociados a estos grupos se identificó una fauna de moluscos dominada por especies herbívoras y carnívoras. El estudio de diversidad trófica mostró un gradiente de distribución de menor abundancia desde zonas interiores de la bahía hacia el exterior. La mayor diversidad trófica se registró en el área exterior donde se presenta diversidad de grupos morfofuncionales de algas y hay un mejor intercambio con aguas abiertas. La abundancia y diversidad funcional de los ensambles de moluscos sublitorales herbívoros y suspensívoros está modulada por la distribución de las macroalgas.

Palabras clave: variación espacial, riqueza trófica, herbívoros, carnívoros, suspensívoros, grupos morfofuncionales.

Abstract

The morphological complexity of macroalgae favors the abundance and diversity of benthic invertebrates. In the present work, we characterized the spatial variation of the trophic diversity of mollusks associated with macroalgae in the sublittoral of the Santiago de Cuba bay and the relationship between the composition, specific richness and structural complexity of the macroalgae with the trophic diversity of the mollusk assembly. In six locations three transects were located and associated algae and mollusks were sampled within four quadrants of 0.625 m². The morphofunctional groups of macroalgae more abundant and of wide distribution in the sublittoral were the foliose, filamentous and corticated. Associated with these groups was a mollusk fauna dominated by herbivorous and carnivorous species. The study of trophic diversity showed a distribution gradient of lower abundance from interior areas of the bay to the outside. The greatest trophic diversity was recorded in the outer area where there is a diversity of algae morphological groups and there is a better exchange with open waters. The abundance and functional diversity of the assemblages of sublittoral herbivorous mollusks and suspensivores is modulated by the distribution of macroalgae.

Key words: Spatial variation, trophic richness, herbivores, carnivores, suspensivores, morphofunctional groups.

Introducción

La estimación de la diversidad específica a través de los índices basados en la riqueza de especies y la equitatividad en una comunidad puede variar bajo diferentes escenarios ambientales (Patricio *et al.*, 2009). En la actualidad los estudios cuantitativos sobre la biodiversidad en ecosistemas marinos abordan la diversidad taxonómica y funcional. En estos ecosistemas, las especies relacionadas taxonómicamente tienden a converger en el uso de recursos (dieta), uso del microhábitat y respuestas conductuales o efectos (Webb *et al.*, 2002; Losos, 2008). Además, estas especies forman grupos funcionales que incluyen especies con un efecto cualitativamente similar en algunos o múltiples procesos ecosistémicos (Díaz *et al.*, 2001; Fonseca & Ganade, 2001; Chalcraft & Resetarits, 2003).

Los lechos de macroalgas marinas son importantes generadores de hábitats que albergan una increíble biodiversidad, proporcionando comida y refugio para la vida marina (Graham, 2004; Graham *et al.*, 2007), por lo que es utilizado por fauna epibionte y algas epífitas, así como también animales móviles (moluscos, decápodos, peces), conformando comunidades con una organización compleja (Christie *et al.*, 2009). Por tanto, la diversidad trófica de muchas especies, incluyendo moluscos, dependen para su subsistencia de los epibiontes asociados a estos hábitats (Capelo *et al.*, 2014).

La forma del alga (complejidad estructural) es un factor importante para el establecimiento de la biota asociada. Se ha planteado la hipótesis de que una mayor complejidad estructural implica una mayor biodiversidad de las especies asociadas (Bates & DeWreede, 2007; Unsworth *et al.*, 2007; Bates, 2009). No obstante, esta relación no es lineal ya que existe un umbral de complejidad por encima del cual se origina una relación inversa entre la estructura del hábitat y la biodiversidad (Kelaher & Castilla, 2005).

En el Caribe pocos estudios abordan la malacofauna asociada a macroalgas (Quirós-Rodríguez & Hernando-Campos, 2013; Fernández *et al.*, 2014; Capelo *et al.*, 2014). En Cuba solo existen estudios puntuales enfocados a estudiar la composición y abundancia de la malacocenosis (Lalana *et al.*, 1989; Areces *et al.*, 1992; Olivera & Guaimares, 2012; Jover *et al.*, 2014). En la actualidad no hay registros de trabajos relacionados con la diversidad trófica de moluscos asociados a macroalgas submareales. La presente investigación tiene como objetivo caracterizar la variación espacial de la diversidad trófica de los moluscos

asociados a macroalgas en el sublitoral de la bahía de Santiago de Cuba. Además, se analiza la relación entre la composición, riqueza específica y complejidad estructural de las macroalgas con la diversidad trófica del ensamble de moluscos.

Materiales y métodos

Área de estudio

La bahía de Santiago de Cuba se ubicada al sureste de la isla y presenta una entrada estrecha. Se ubica al suroeste de la ciudad de igual nombre, en la costa suroriental en el mar Caribe (Areces, 2002). Presenta un largo, ancho y profundidad máxima de 8 km, 2,4 km y 15 m respectivamente. En su interior se destacan diversos accidentes como ensenadas, puntas y cayos (Comisión Nacional de Nombre Geográficos, 2000). El trabajo se realizó en seis localidades de estudio: Alameda (20°1'10.35'' N; 75°50'14.5'' O), Punta Sal (20°0'31.75'' N; 75°51'10.35'' O), Belmare (20°0'7.23'' N; 75°51'9.81'' O), Caracoles (19°58'40.02'' N; 75°52'47.84'' O), La Estrella (19°58'10.89'' N; 75°52'96.18'' O) y Cayo Granma (19°58'33.84'' N; 75°52'29.99'' O) (Fig. 1). Para la selección de las localidades se tomó como criterio el gradiente de calidad de las aguas existente en el ecosistema (Gómez *et al.*, 2001).

Muestreo

La recolecta se realizó entre febrero y mayo de 2007, periodo que corresponde a la temporada seca (febrero-abril) y a la de transición (mayo). En cada localidad se situaron tres transectos paralelos de 5 m a 1,5 m de la línea de costa (Prathep, 2005). En los mismos se ubicaron de manera aleatoria las unidades de muestreo (UM), tres cuadrantes metálicos de 25 cm de lado, área mínima empleada en estudios de la malacofauna y macroalgas en la región (Gómez *et al.*, 2012; Jover *et al.*, 2014). En cada cuadrante se identificaron *in situ*, siempre que fue posible, las especies de algas y moluscos. Las especies no identificadas se recolectaron para su posterior identificación en el laboratorio. Para la identificación de las macroalgas se usaron claves y esquemas de varios autores (Littler & Littler, 2000; Littler *et al.*, 2008; Dawes & Mathieson, 2008). Para la elaboración de la lista de especies se siguió el ordenamiento taxonómico de Suárez *et al.*

(2015). La complejidad estructural de las macroalgas se determinó a partir de los grupos morfofuncionales establecidos por Littler & Littler (1980). En la determinación de las especies de moluscos se utilizó bibliografía especializada (Warmke & Abbott, 1961; Abbott, 1974; de Jong & Coomans, 1988; Espinosa *et al.*, 2006; 2007; 2012). La confección de la lista y legitimación de los nombres de los grupos taxonómicos se realizó según el Registro Mundial de Especies Marinas (WoRMS, 2017) para los moluscos y AlgaBase

(Guiry & Guiry, 2017) para las algas. Para cada una de las especies de moluscos identificadas se determinó el modo de vida y de alimentación según las categorías sugeridas por Todd (2001). Estas categorías consideran, en el caso de los bivalvos, la ubicación en el sustrato y forma de fijación al mismo, movilidad, tipo de alimento que consume y forma de obtención del mismo. Para los gasterópodos y poliplacóforos considera el nivel trófico y tipo de alimento.

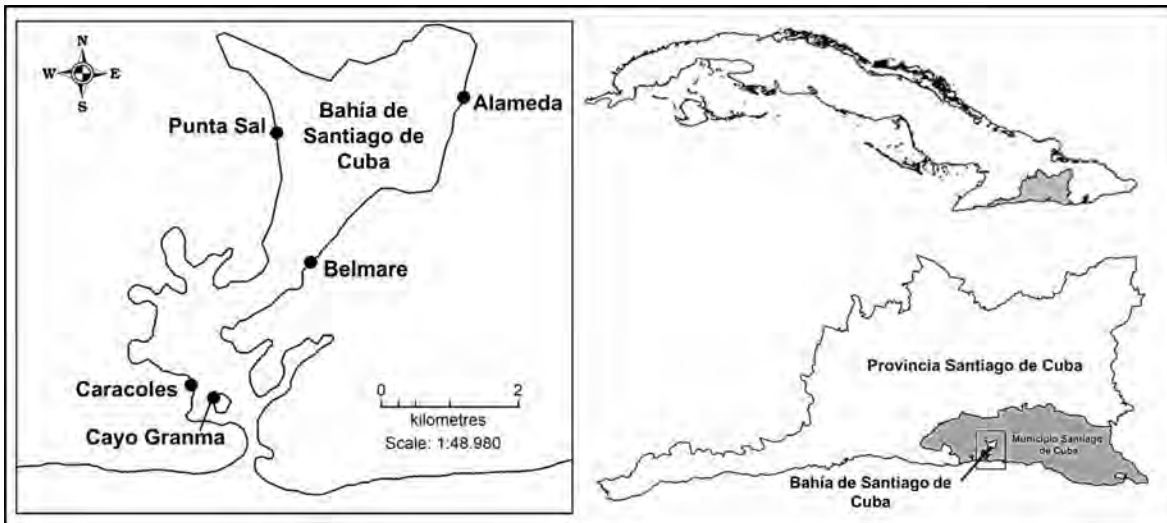


Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades de muestreo para moluscos asociados a macroalgas en el subltoral de la bahía de Santiago de Cuba.

Figure 1. Geographic location of sampling sites for mollusks associated with macroalgae in the subtidal area of the bay of Santiago de Cuba.

Análisis de los datos

Para cada localidad se determinó la riqueza de especies de macroalgas por grupo morfofuncional, dado por el número de taxones pertenecientes a cada grupo. La riqueza trófica se determinó como el número de especies de moluscos pertenecientes a cada uno de los nichos tróficos. La abundancia trófica se calculó como el número de individuos de moluscos de cada nicho trófico entre el total de individuos recolectados en la localidad.

Para determinar la diversidad funcional de los moluscos del mesolitoral rocoso se empleó el índice de diversidad trófica (IDT) (Herrera, 1976). El mismo se calculó para cada muestreo como $1-IDT$ según lo propuesto por Danovaro *et al.* (2009), en donde IDT se determina como:

$IDT = g1^2 + g2^2 + \dots + gn^2$. Donde, g es la abundancia relativa de un grupo trófico y n es el número de grupo tróficos.

Para explorar las principales tendencias de la relación entre la composición de las macroalgas y la diversidad trófica de los moluscos 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 presencia de las macroalgas por localidad, y una matriz de datos de abundancia proporcional por grupos tróficos. El ACC se realizó en el programa PC-ORD 4.0 para Windows (McCune & Mefford, 1997).

La asociación entre la complejidad estructural de las macroalgas y la riqueza y abundancia trófica de la malacofauna se analizó mediante la prueba de Mantel. A partir de la comparación de dos matrices de similitud se realizó una prueba simple y cuya significación se obtuvo por permutaciones (999999) de las filas y las columnas de la matriz original. La significación estadística de cada escala fue detectada con el empleo de 999999 permutaciones ($p < 0,05$). El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico PAST v3.1 (Hammer *et al.*, 2001).

Resultados

Las macroalgas recolectadas en el sublitoral somero de la bahía de Santiago de Cuba se agruparon en seis grupos morfofuncionales (Tabla 1). Las algas filamentosas y corticadas fueron las más abundantes, cada una dando cuenta del 35% de las especies. Luego le siguieron las foliosas (18%), coriáceas (9%) y por último las calcáreas articuladas (3%). Entre las rodofíceas las algas coriáceas fueron dominantes con un 86% y en las clorofíceas las filamentosas con un 53%. Entre las algas verdes se evidenció la mayor variedad de tipos morfológicos con cuatro de los seis encontrados.

Tabla 1. Grupos morfofuncionales de las macroalgas del sublitoral de la bahía de Santiago de Cuba. *Indica nuevos reportes para región suroriental. Fil= filamentosos; Cot= corticada; Cor= coriácea; Fol= foliosa; Cal= calcárea articulada.

Table 1. Morphofunctional groups of the sub-coastal macroalgae of the bay of Santiago de Cuba. * Indicates new reports for southeast region. Fil= filamentous; Cot= corticated; Cor= coriaceous; Fol= foliose; Cal= articulated calcareous.

Especie	Grupo
Rhodophyta	
<i>Centroceras</i> sp. Kützing	Fil
<i>Ceramium cimbricum</i> H. E. Petersen	Fil
<i>Acanthophora muscoides</i> * (Linnaeus) Bory	Cot
<i>A. spicifera</i> (M. Vahl) Børgesen	Cot

Tabla 1. (Continuación).

Especie	Grupo
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux	Cot
<i>H. spinella</i> (C. Agardh) Kützing	Cot
<i>H. valentiae</i> (Turner) Montagne	Cot
<i>Gracilaria blodgettii</i> Harvey	Cot
<i>G. cervicornis</i> (Turner) J. Agardh	Cot
<i>G. damaecornis</i> J. Agardh	Cot
<i>G. domingensis</i> (Kützing) Sonder ex Dickie	Cot
<i>G. mammillaris</i> * (Montagne) M. Howe	Cot
<i>Gracilariopsis carolinensis</i> * Liao & Hommersand	Cot
<i>Ceratodictyon intricatum</i> (C. Agardh) R.E. Norris	Cot
Heterokontophyta	
<i>Padina gymnospora</i> (Kützing) Sonder	Cor
<i>P. pavonica</i> (Linnaeus) Thivy in W.R. Taylor	Cor
<i>Stytopodium zonale</i> (J.V. Lamouroux) Papenfuss	Fol
<i>Feldmannia mitchelliae</i> (Harvey) H. -S. Kim	Fil
<i>Rosenvingeia intricata</i> (J. Agardh) Børgesen	Fil
Chlorophyta	
<i>Ulva chaetomorphaoides</i> * (Børgesen) Hayden, Blomster, Maggs, P.C. Silva, Stanhope & Waaland	Fol
<i>U. flexuosa</i> Wulfen	Fol
<i>U. flexuosa</i> ssp. <i>paradoxa</i> (C. Agardh) M.J. Wynne	Fol
<i>U. intestinalis</i> Linnaeus	Fol
<i>U. lactuca</i> Linnaeus	Fol
<i>U. rigida</i> C. Agardh	Fol
<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützing	Fil
<i>C. linum</i> (O.F. Müller) Kützing	Fil
<i>Cladophora albida</i> * (Nees) Kützing	Fil
<i>C. catenata</i> (Linnaeus) Kützing	Fil
<i>C. prolifera</i> (Roth) Kützing	Fil
<i>Rhizoclonium riparium</i> * (Roth) Kützing ex Harvey	Fil
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C. Agardh	Fil
<i>B. ramulosa</i> * Montagne	Fil
<i>Caulerpa sertularioides</i> (S.G. Gmelin) M. Howe, 1905	Cor
<i>Acetabularia schenckii</i> Möbius	Cal

La distribución de los grupos morfofuncionales de macroalgas mostró una marcada variación espacial (Tabla 2). Los grupos que se consignaron en más del 50% de las localidades de muestreo fueron las algas corticadas (66%), las filamentosas (83%) y las foliosas (100%). Las mayores variedades de grupos se encuentran en las

localidades con predominio de fondos rocosos como Caracoles, Punta Sal y Cayo Granma. En las localidades de la Estrella, Alameda y Belmare caracterizadas por el predominio de fondos arenosos y fangosos se encontró la menor riqueza de grupos morfofuncionales de macroalgas.

Se adicionan a la flora de macroalgas de la costa suroriental de Cuba *Acanthophora muscoides*, *Gracilaria mammillaris*, *Gracilariopsis carolinensis*, *Ulva chaetomorphoides*, *Cladophora albida*, *Rhizoclonium riparium* y *Bryopsis ramulosa*.

Tabla 2. Distribución espacial de la riqueza de los grupos morfofuncionales de las macroalgas del sublitoral en la bahía de Santiago de Cuba.

Table 2. Spatial distribution of the richness of the morphofunctional groups of the sub-coastal macroalgae in the bay of Santiago de Cuba.

Grupo morfofuncional	Localidades					
	Punta Sal	Caracoles	La Estrella	Alameda	Belmares	Cayo Granma
Foliosas	4	5	1	2	2	2
Filamentosas	6	4	3	2	-	3
Corticadas	10	9	3	-	-	6
Coriáceas	3	2	-	-	-	3
Calcárea articulada	1	-	-	-	-	1

La malacofauna asociada a las macroalgas en el sublitoral somero de la bahía de Santiago de Cuba pertenece a las clases Gastropoda y Bivalvia, cuyos integrantes se agruparon en ocho grupos tróficos (Tabla 3). Los gasterópodos fueron los de mayor abundancia y diversidad trófica, dominando las especies con nicho trófico herbívoro omnívoro (22,1%), herbívoro micrófago (17,5%) y los carnívoros depredadores (19,0%). Los bivalvos representaron el 38,0% de la abundancia total (Tabla 4). Además, dentro de esta clase, el nicho trófico más abundante fue el de los suspensívoros que viven sin fijarse en la infauna, con un 24,1%.

EMSS= infaunal, mobile, unattached, suspension feeder; HM= herbivores on fine-grained; HO= herbivores omnivores; HR= herbivores on rock; SUEPI= epifaunal, mobile, suspension feeder.

Tabla 3. Nichos tróficos de los moluscos asociados a las macroalgas del sublitoral de la bahía de Santiago de Cuba. CB= carnívoros ramoneadores; CP= carnívoros depredadores; EICS= Epifaunal, inmóvil, cementado suspensívoro; IMSS= Infaunal, móvil, sin fijar, suspensívoro; HM= herbívoros micrófagos; HO= herbívoros omnívoros; HR = herbívoros en rocas; SUEPI= Epifaunal, móvil, suspensívoro.

Table 3. Trophic niches of mollusks associated with the sublittoral macroalgae Bay Santiago de Cuba. CB=browsing carnivores; CP= predatory carnivores; EICS= epifaunal, immobile, cemented, suspension feeder;

Lista de especies	Grupo trófico
Gastropoda	
<i>Cittarium pica</i> (Linné, 1758)	HR
<i>Tegula fasciata</i> (Born, 1778)	HR
<i>Nerita tessellata</i> Gmelin, 1791	HO
<i>Puperita pupa</i> (Linné, 1758)	HO
<i>Neritina virginea</i> (Linné, 1758)	HO
<i>Cerithium litteratum</i> (Born, 1778)	HM
<i>Cerithium lutosum</i> Menke, 1828	HM
<i>Eustrombus gigas</i> (Linné, 1758)	HO
<i>Cymatium</i> sp. Röding, 1798	CP
<i>Cerithiopsis flava</i> (C. B. Adams, 1850)	CB
<i>Melongena melongena</i> (Linné, 1758)	CP
<i>Nassarius vibex</i> (Say, 1822)	CP
Bivalvia	
<i>Crassostrea rhizophorae</i> (Guilding, 1828)	EICS
<i>Scapharca chemnitzii</i> (Philippi, 1851)	SUEPI
<i>Chione cancellata</i> (Linnaeus, 1767)	IMSS

Tabla 4. Riqueza de especies (S), número de individuos (N) y porcentaje de especies (%) por cada nicho trófico de los moluscos asociados a las macroalgas sublitorales en la bahía de Santiago de Cuba. CB= carnívoros ramoneadores; CP= carnívoros depredadores; EICS= Epifaunal, inmóvil, cementado suspensívoro; IMSS= Infaunal, móvil, sin fijar, suspensívoro; HM= herbívoros micrófagos; HO= herbívoros omnívoros; HR= herbívoros en rocas; SUEPI= Epifaunal, móvil, suspensívoro.

Table 4. Species richness (S), number of specimens (N) and percentage of species (%) by trophic niches of mollusks associated with subtidal macroalgae in the bay of Santiago de Cuba. CB= browsing carnivores; CP= predatory carnivores; EICS= epifaunal, immobile, cemented, suspension feeder; IMSS= infaunal, mobile, unattached, suspension feeder; HM= herbivores on fine-grained; HO= herbivores omnivores; HR= herbivores on rock; SUEPI= epifaunal, mobile, suspension feeder.

Nichos tróficos	S	N	%
Bivalvia			
EICS	1	28	7,10
SUEPI	1	25	6,34
IMSS	1	95	24,1
Gastropoda			
HR	2	13	3,29
HO	4	87	22,08
HM	2	69	17,5
CP	3	75	19,03
CB	1	2	0,50
Total	15	394	100

La riqueza y diversidad trófica mostraron variación espacial marcada entre las localidades de muestreo (Tabla 5). En Alameda no se consignaron moluscos asociados a macroalgas en el submareal somero. Los gasterópodos herbívoros presentaron una amplia distribución pues se encontraron en las tres zonas de la bahía en cuatro de las seis localidades. Dentro de este grupo los herbívoros micrófagos mostraron valores de abundancia superiores al 11.0% en todas las localidades consignadas. Los moluscos carnívoros también presentaron variación entre las localidades de muestreo (Tabla 5). Los carnívoros depredadores fueron los que presentaron una mayor distribución, encontrándose en cuatro de las seis localidades. Sin embargo, las especies de bivalvos suspensívoros

que viven en la infauna y son móviles fueron los de mayor distribución y abundancia.

Los mayores valores de diversidad trófica se determinaron en las localidades de Punta Sal (0,753) y Caracoles (0,752) (Tabla 5), asociado a la mayor riqueza de grupos morfofuncionales de algas y al predominio de un sustrato rocoso en estas localidades. Por su parte, La Estrella, a pesar de que se registraron tres de los seis grupos morfofuncionales de macroalgas, fue la localidad con menor índice de diversidad trófica (0,395). Este fenómeno se asocia a la homogeneidad presente en el área pues posee un fondo arenoso dominado por *Thalassia testudinum* Banks ex König.

El análisis de correspondencia canónica evidenció que el eje 1 explicó la mayor parte de la variación de la composición de macroalgas en relación con la abundancia de herbívoros (0,448), carnívoros (0,339) y suspensívoros (0,422) (Tabla 6). Los grupos tróficos que más explican la variación fueron los herbívoros y los suspensívoros con un 27% y 26% de la varianza explicada. Por su parte la prueba de Mantel confirma que la distribución de las macroalgas está relacionada con la de los grupos tróficos de los moluscos en el submareal somero de la bahía de Santiago de Cuba (Mantel, $r = 0,678$, $p = 0,0465$). Además, la asociación que se establece es positiva ($t = 1,9925$).

Discusión

El predominio de las algas filamentosas y las corticadas en la bahía de Santiago de Cuba pudiera estar dado por las características del hábitat, el cual se caracteriza por la presencia de fondos rocosos con abundancia de fangos y sustratos no consolidados. En investigaciones realizadas en otras bahías de Cuba como Nuevititas (Cabrera *et al.*, 2004) y Cienfuegos (Moreira *et al.*, 2003; 2006) se evidencia un comportamiento semejante. Además, la profundidad e irradiación solar que tienen las localidades de muestreo favorecen la proliferación de estos grupos morfofuncionales. Estas algas se distinguen por altos valores de productividad y capacidad fotosintética (Littler & Littler, 1984; Avila *et al.*, 2013).

Las nuevas adiciones se corresponden a las escasas investigaciones de la flora de macroalgas en ecosistemas marinos sublitorales en la costa suroccidental de Cuba. Suárez *et al.* (2015) señalan que esta es la zona menos explorada desde el punto de

vista ficológico. Los principales trabajos se han realizado en la zona litoral (Jover & Lake, 2008; Jover *et al.*, 2009; 2012; Diez *et al.*, 2013; Blanco *et al.*, 2016).

La baja riqueza de grupos complejos estructuralmente como son las coriáceas puede estar dado por la competencia con los grupos morfológicos dominantes como son las filamentosas y las corticadas. Estas macroalgas muestran preferencias por los fondos rocosos que son

abundantes en el área, pero colonizados rápidamente por las algas oportunistas (Littler & Littler, 1980; Littler & Littler, 1984; Avila *et al.*, 2013). Sin embargo, la baja riqueza de las algas calcáreas articuladas está dada por la presencia de un solo taxón infragenérico, *Acetabularia schenckii*, que no es común en las aguas de Cuba y el hábitat donde se ha encontrado esta macroalga es en rocas pequeñas en fondos someros de lagunas costeras (Suárez *et al.*, 2015).

Tabla 5. Distribución espacial de la riqueza y abundancia proporcional de los nichos tróficos de los moluscos asociados a macroalgas en el sublitoral en la bahía de Santiago de Cuba. (Abundancia proporcional). CB= carnívoros ramoneadores; CP= carnívoros depredadores; EICS= Epifaunal, inmóvil, cementado suspensívoro; IMSS= Infaunal, móvil, sin fijar, suspensívoro; HM= herbívoros micrófagos; HO= herbívoros omnívoros; HR= herbívoros en rocas; SUEPI= Epifaunal, móvil, suspensívoro.

Table 5. Spatial distribution of richness and proportional abundance of trophic niches of molluscs associated with macroalgae in the sub-littoral in the bay of Santiago de Cuba. (Proportional abundance). CB= browsing carnivores; CP= predatory carnivores; EICS= epifaunal, immobile, cemented, suspension feeder; EMSS= infaunal, mobile, unattached, suspension feeder; HM= herbivores on fine-grained; HO= herbivores omnivores; HR= herbivores on rock; SUEPI= epifaunal, mobile, suspension feeder.

Nichos tróficos	Localidades					
	Punta Sal	Caracoles	La Estrella	Alameda	Belmares	Cayo Granma
HR	1(0,016)	1(0,038)	1(0,273)	-	-	1(0,108)
HO	2(0,040)	2(0,087)	2(0,727)	-	1(0,556)	-
HM	2(0,168)	2(0,260)	-	-	1(0,111)	2(0,216)
CP	2(0,440)	3(0,135)	-	-	2(0,026)	3(0,081)
CB	1(0,008)	1(0,010)	-	-	-	-
EICS	1(0,176)	1(0,058)	-	-	-	-
SUEPI	-	1(0,029)	-	-	1(0,154)	1(0,108)
IMSS	1(0,152)	1(0,385)	-	-	1(0,154)	1(0,486)
Riqueza trófica	7	8	2	-	5	5
Diversidad trófica	0,753	0,752	0,395	-	0,63	0,582

La amplia distribución de los grupos filamentosos y foliáceos en la bahía de Santiago de Cuba se corresponde con la presencia de puntos de descarga de aguas contaminadas y a la carga de compuestos orgánicos que es vertida en la bahía (Gómez *et al.*, 2001). Littler & Littler (1980; 1984) plantearon que uno de los principales efectos de la eutrofización de los ecosistemas costeros en los lechos de macroalgas es la pérdida de la diversidad de las que poseen una mayor complejidad estructural y la proliferación de formas más simples. Estas

algas también presentaron zonas de mayor riqueza en localidades de las bahías de Nuevitas (Cabrera *et al.*, 2004) y Cienfuegos (Moreira *et al.*, 2003; 2006).

La cercanía al canal de entrada de la bahía y presencia de una heterogeneidad de microhábitats en las localidades de Caracoles, Punta Sal y Cayo Granma favorecen la mayor riqueza de grupos morfofuncionales de macroalgas. Moreira *et al.* (2003; 2006) encontraron que la cercanía a ecosistemas diversos y a un mayor flujo de

propágulos favorecía la riqueza y diversidad de macroalgas en la bahía de Cienfuegos. También reportaron la mayor riqueza de grupos morfofuncionales en zonas de menor estrés ambiental. Por su parte, Zayas *et al.* (2008) encontraron predominio de las especies coriáceas y calcificadas en la bahía de Naranjo, en áreas donde se manifiesta una

mayor estabilidad ambiental. De manera general, la distribución y riqueza de los grupos morfofuncionales de macroalgas en la bahía de Santiago de Cuba está relacionada con el gradiente de calidad ambiental reportado en investigaciones del fitoplancton (Gómez *et al.*, 2001) y las microalgas epífitas en especies de *Ulva* (Gómez *et al.*, 2012).

Tabla 6. Varianza explicada del análisis de correspondencia canónica para la relación entre la composición de las macroalgas del sublitoral somero de la bahía de Santiago de Cuba y los grupos tróficos de moluscos.

Table 6. Explained variance of the canonical correspondence analysis for the relationship between the composition of the shallow sublitoral macroalgae of the bay of Santiago de Cuba and the trophic groups of molluscs.

	Ejes canónicos		
	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Herbívoros			
Valor propio	0,4	0,4	0,2
% varianza explicada	27,0	21,9	11,7
% varianza explicada acumulada	27,0	48,9	60,6
Correlación de Pearson*	0,97	0,98	0,99
Carnívoros			
Valor propio	0,339	0,212	0,511
% varianza explicada	20,4	12,7	30,8
% varianza explicada acumulada	20,4	33,2	63,9
Correlación de Pearson*	0,99	0,99	0,00
Suspensívoros			
Valor propio	0,42	0,29	0,22
% varianza explicada	25,4	17,7	13,0
% varianza explicada acumulada	25,4	43,1	56,1
Correlación de Pearson*	0,99	0,983	0,99

*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.

La mayor diversidad de grupo tróficos presentes en los gasterópodos del sublitoral de la bahía de Santiago de Cuba puede deberse a las características del hábitat. La estructura trófica en ecosistemas marinos bentónicos tiene relación con los recursos y condiciones ambientales (Troncoso *et al.*, 1996). El predominio de especies herbívoras se corresponde con el encontrado en otras localidades donde las macroalgas son abundantes (Jover *et al.*, 2014, Martínez *et al.*, 2015). Otra causa de la abundancia de herbívoros está relacionada con el amplio rango de alimentación que poseen (Alyakrinskaya, 2005). El mismo incluye microalgas, algas costrosas adheridas a las rocas, el talo de macrófitas (verdes, rojas y pardas) y detritus. Además, muchos animales aparecen accidentalmente en el tracto digestivo de moluscos

herbívoros, no se sabe si son digeridos o los moluscos no pueden descartarlos y se ingieren junto a la arena y otras partículas no comestibles (Alyakrinskaya, 2005; Aguilera, 2011).

La mayor abundancia de los moluscos suspensívoros, con respecto al resto de nichos tróficos, puede estar ocasionada por la abundancia de materia orgánica en la columna de agua (Gómez *et al.*, 2001). La poca energía que posee el ecosistema, al ser una bahía de bolsa con un pequeño canal de entrada, propicia que las altas concentraciones de materia orgánica lleguen al fondo y sea empleada por los moluscos de este nicho trófico (Troncoso *et al.*, 1996). El enriquecimiento de nutrientes en los litorales costeros trae como consecuencia una mayor riqueza de fitoplancton y alimento para los organismos que se alimentan de

materia orgánica en suspensión (Prins *et al.*, 1996). En ecosistemas del mar Caribe que presentan enriquecimiento de nutrientes se observa un dominio de especies suspensívoras (Fernández & Jiménez, 2006).

La variación espacial de la abundancia y diversidad trófica de los moluscos sublitorales en la bahía de Santiago de Cuba parece estar relacionada con la complejidad del hábitat y la eutrofización. Las localidades con una mayor complejidad estructural del hábitat (fondos rocosos y manglares) propician la mayor abundancia y diversidad por la presencia de un mayor número de microhábitats (St. Pierre & Kovalenko, 2014). La mayor riqueza de grupos morfofuncionales de macroalgas presentes en estas localidades también propicia las condiciones para la mayor abundancia y diversidad trófica (Pascal *et al.*, 2009). Además, las localidades sometidas a la eutrofización presentaron diferencias en la abundancia y diversidad trófica respecto a las que no están sometidas a este efecto. En ecosistemas estuarinos, la deposición y suspensión de partículas orgánicas afecta la estructura trófica (Cacabelos *et al.*, 2009). Villafranca & Jiménez (2006) encontraron que la combinación de factores bióticos y abióticos en los sustratos duros ofrecen numerosas ventajas en el uso de estos ecosistemas ya que éstos interactúan con las relaciones tróficas para determinar la estructura comunitaria, su organización y su dinámica.

La relación que existe entre los grupos morfofuncionales de macroalgas y la abundancia y diversidad trófica de los moluscos en la bahía de Santiago de Cuba puede estar dado porque estas le proporcionan recursos como sustrato y alimentación (Lilley & Schiel, 2006). La forma o complejidad del talo de las macroalgas favorece la abundancia de los organismos asociados a ellos (Bhaduri & Wolf, 2017) por lo que la variación en la distribución de los moluscos herbívoros relacionada con los grupos morfofuncionales de las macroalgas podría ser causado por interacciones directas en donde ambos grupos se vean beneficiados por el incremento de nutrientes y la proliferación de epifitas sobre los talos (Bell & Williamson, 2007). Sin embargo, en los suspensívoros puede que la relación sea indirecta y el talo de las algas contribuya a aumentar el flujo de agua y así las partículas en suspensión. La relación que se establece entre las macroalgas y los grupos tróficos de moluscos muestran una comunidad compleja por las diferentes redes alimenticias que se establecen (Flores-Rodríguez, 2004).

La relación positiva que se muestra entre la distribución de los grupos morfofuncionales de macroalgas y los gremios tróficos de la malacofauna asociada a las mismas se debe a la heterogeneidad de sustratos encontrados en las mismas y a la complejidad estructural de las algas. Estas proporcionan un aumento de superficie disponible para especies sésiles, proveyendo refugios contra los depredadores (Monteiro *et al.*, 2002). Existen pruebas de que las macroalgas soportan diferentes conjuntos de epifauna móvil (Vázquez-Luis *et al.*, 2008). También las algas desarrollan microcondiciones propicias para el desarrollo de muchas especies de microcrustáceos y otros invertebrados que sirven de alimento a los moluscos (Areces *et al.*, 1992). En mantos de algas del mesolitoral rocoso en la costa suroriental de Cuba Jover *et al.* (2014) encontraron que la malacofauna estaba asociada a la cobertura de macroalgas.

Agradecimientos

Al Grupo Científico Estudiantil de Ecología Mariana “María Elena Ibarra Martín” de la Universidad de Oriente por la participación en la toma de datos e identificación de los ejemplares. A los colegas del Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad por el apoyo en la realización de este trabajo. A los revisores por sus sugerencias y mejoras al manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Abbott, R. 1974. *American Sea Shells*. Van Nostrand Reinhold, New York. 541 p.
- Aguilera, M. 2011. The functional roles of herbivores in the rocky intertidal systems in Chile: A review of food preferences and consumptive effects. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 241-261.
- Alyakrinskaya, I. 2005. Morphological and biochemical adaptations to feeding in some herbivorous gastropods. *The Biological Bulletin* 32(1): 57-64.
- Areces, A. 2002. Ecoregionalización y clasificación de hábitats marinos en la plataforma cubana. Instituto de Oceanología, World Wildlife Fund-Canada, Environmental Defense, Centro Nacional de Áreas Protegidas, La Habana, Cuba, 82 p.
- Areces, A., 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.
- Avila, D., M. Guaumaraes & R. Cárdenas. 2013. Variación espacio-temporal de grupos morfo-funcionales de macroalgas en pastos marinos al norte de Ciego de Ávila, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 33(1): 14-22.
- Bates C. & R. DeWreede. 2007. Do changes in seaweed biodiversity influence associated invertebrate epifauna? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 344: 206-214.
- Bates, C. 2009. Host taxonomic relatedness and functional group affiliation as predictors of seaweed-invertebrate epifauna associations. *Marine Ecology Progress Series* 387: 125-136.
- Bell, J. E. & J. E. Williamson. 2017. Positive Indirect Interactions in Marine Herbivores and Algae. *Herbivores* 1: 135-153.
- Bhaduri, R. & M. Wolf. 2017. Saccate thallus of the red alga *Halosaccion glandiforme* harbor diverse invertebrate fauna. *International Aquatic Research* 9: 169-176.
- Blanco, J., A. Campos, J. Tamayo & A. Viña. 2016. Macroalgas marinas de la provincia Santiago de Cuba, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 5(1): 122-129.
- Cabrera, R., A. Moreira & A.M. Suárez. 2004. Variación en la composición y estructura de las asociaciones algales en la bahía de Nuevitas, costa NE de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 25(2): 133-142.
- Cacabelos, E., M. Domínguez & J. Troncoso. 2009. Trophic structure of soft-bottom macrobenthos in an inlet in north-western Spain. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89(3): 439-447.
- Capelo, J., M. Rada, M. Solé, J. Buitrago, S. Grune & J. Narváez. 2014. Los moluscos marinos litorales del norte de la península de Macanao, Isla de Margarita, Venezuela. *Amici Molluscarum* 22(1): 29-44
- Chalcraft, D. & W. Resetarits. 2003. Predator identity and ecological impacts: functional redundancy or functional diversity? *Ecology* 84(9): 2407-2418.
- Christie, H., K. Norderhaug & S. Fredriksen. 2009. Macrophytes as habitat for fauna. *Marine Ecology Progress Series* 396: 221-233.
- Comisión Nacional de Nombres Geográficos 2000. *Diccionario Geográfico de Cuba*. Oficina Nacional de Geodesia y Cartografía, La Habana, Cuba, 386 p.
- Danovaro, R., S. Bianchelli, C. Gambi, M. Mea & D. Zeppilli. 2009. α -, β -, γ -, δ -and ϵ -diversity of deep-sea nematodes in canyons and open slopes of Northeast Atlantic and Mediterranean margins. *Marine Ecology Progress Series* 396: 197-209.
- Dawes, C.J. & A.C. Mathieson. 2008. *The seaweeds of Florida*. University of Florida Press. EUA, 592 p.
- de Jong, K. & H. Coomans. 1988. Marine Gastropods from Curacao, Aruba and Bonaire. *Studies on the fauna of Curacao and other Caribbean Islands* 69: 1-261.
- Díaz, S., I. Noy-Meir & M. Cabido. 2001. Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? *Journal of Applied Ecology* 38(3): 497-508.
- Diez, Y., A. Jover, A.M. Suárez, L.M. Gómez & M. Fujii. 2013. Distribution of epiphytic macroalgae on the thalli of their hosts in Cuba. *Acta Botánica Brasilica* 27(4): 815-826.
- Espinosa, J., J. Ortea, R. Sánchez & J. Gutiérrez. 2012. Moluscos marinos de la Reserva de la Biosfera de la Península de Guanacabibes. Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba. 325 p.
- Espinosa, J., J. Ortega, 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. Ortega, R. Fernández-Garcés & 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.
- 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 & T. Allen. 2014. Diversidad, abundancia y distribución de la macrofauna bentónica de las costas rocosas al norte del Estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 62: 947-956.
- Flores-Rodríguez, P. 2004. Estructura de la comunidad de moluscos del mesolitoral superior en playas de facie rocosa del estado de Guerrero, México. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 227 pp.
- Fonseca, C. & G. Ganade. 2001. Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. *Journal of Ecology* 89(1): 118-125.

- Gómez, L., R. Fernández, A. Jover & L. Delgado. 2012. Variación espacial de la composición de microalgas epifitas de *Ulva* spp. (Chlorophyta: Ulvaceae) en la Bahía de Santiago de Cuba. *CICIMAR Oceanides* 27(1): 1-9.
- 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.
- Graham M., B. Kinlan, D. Druehl, L. Garske & S. Banks. 2007. Deep-water kelp refugia as potential hotspots of tropical marine diversity and productivity. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 104: 16576-16580.
- Graham, M. 2004. Effects of local deforestation on the diversity and structure of southern California giant kelp forest food webs. *Ecosystems* 7: 341-357.
- Guiry, M. & Guiry, G. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponible en: <http://www.algaebase.org>. Consultado: 5 de enero de 2017.
- Hammer, Ø., D. Harper & P. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9.
- Herrera, C. 1976. A trophic diversity index for presence-absence food data. *Oecologia*, 25(2): 187-191.
- Jover, A. & J. Lake. 2008. Macroalgas dominantes del intermareal rocoso en el sector costero Baconao-Morrillo Chico, costa suroriental de Cuba. *Algas* 40: 14-17.
- Jover, A., G. Llorente & N. Viña. 2009. Variación espacio-temporal de la composición de macroalgas del mesolitoral rocoso del sector Aguadores, plataforma suroriental, Cuba. *Revista Investigaciones Marinas* 30(1): 1-9.
- Jover, A., L. M. Reyes, L. M. Gómez & A. M. Suárez. 2012. Variación espacial y temporal de las macroalgas del mesolitoral rocoso en Aguadores-Baconao, Cuba I: composición. *Revista Investigaciones Marinas* 32(1): 38-49.
- Jover, A., Y. Diez & D. Tamayo. 2014. Composición de los moluscos de la zona fital del mesolitoral rocoso en Santiago de Cuba. *Amici Molluscarum* 22: 7-19.
- Kelagher B. & J.C. Castilla. 2005. Habitat characteristics influence macrofaunal communities in coralline turf more than mesoscale coastal upwelling on the coast of Northern Chile. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 63: 155-165.
- Lalana, R., N. Capetillo, R. Brito, E. Díaz-Iglesias & R. Cruz. 1989. Estudio del zoobentos asociado a *Laurencia intricata* en un área de juveniles de langosta al SE de la Isla de la Juventud. *Revista de Investigaciones Marinas* 10: 207-218.
- Legendre P. & L. Legendre. 2012. *Numerical Ecology*, 3rd edition. Amsterdam: Elsevier, 853 p.
- Lilley, S. & D. Schiel. 2006. Community effects following the deletion of a habitat-forming alga from rocky marine shores. *Oecologia* 148: 672-681.
- Littler, D.S. & M.M. Littler. 2000. *Caribbean Reef Plants: an identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida, and Gulf of Mexico*. OffShore Graphics Inc., Washington DC. 542 p.
- Littler, D.S. & M.S. Littler. 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrata stability in a subtropical rocky-intertidal system. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 74: 13-34.
- Littler, D.S., M.M. Littler & M.D. Hanisak. 2008. *Submersed Plants of the Indian River Lagoon*. OffShore Graphics, Inc. 286 p.
- Littler, M. & D. Littler. 1980. The evolutions of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory test of and functional: forms model. *The American Naturalist* 116(1): 25-44.
- Losos, J. 2008. Phylogenetic niche conservatism, phylogenetic signal and the relationship between phylogenetic relatedness and ecological similarity among species. *Ecology Letter* 11(10): 995-1 003.
- Martínez, E., J. Sánchez, A. Alba & A. Vázquez. 2015. Changes in Structure and Composition of Two Communities of Rocky Shores Molluscs Exposed to Different Human Impact in Playa Jibacoa, Cuba. *Journal Ecosystem & Ecography* 5: 162.
- McCune, B. & M. Mefford. 1997. *PC-ord. Multivariate analysis of Ecological Data*. Mjm Software Design, Gleneden Beach, USA. 47 p.
- Monteiro, S., M. Chapman & A. Underwood. 2002. Patches of the ascidian *Pyura stolonifera* (Heller, 1878): structure of habitat and associated intertidal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 270(2): 171-189.

- Moreira, A., M. Armenteros, M. Gómez, A. León, R. Cabrera, M. Castellanos, A. Muñoz & A.M. Suárez. 2006. Variation of macroalgae biomass in Cienfuegos bay, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 27(1): 3-12.
- Moreira, A., M. Gómez, A. León, P. Pozo, R. Cabrera & A.M. Suárez. 2003. Variación de la composición y abundancia de macroalgas en el área protegida laguna Guanaroca, provincia de Cienfuegos, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 24(3): 177-184.
- Olivera, Y. & M. Guimaraes. 2012. Moluscos asociados a la angiosperma marina *Ruppia maritima*_L. en tres sistemas lagunares cubanos. *Mesoamericana* 16: 63-66.
- Pascal, R., E. Carole & L. Cédric. 2009. Trophic ecology of the rocky shore community associated with the *Ascophyllum nodosum* zone (Roscoff, France): A $\delta^{13}\text{C}$ vs $\delta^{15}\text{N}$ investigation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 81: 143-148.
- Patrício, J., J. Neto, H. Teixeira, F. Salas & J. Marques. 2009. The robustness of ecological indicators to detect long-term changes in the macrobenthos of estuarine systems. *Marine Environmental Research* 68(1): 25-36.
- Prathep, A. 2005. Spatial and temporal variations in diversity and percentage cover of macroalgae at Sirinart Marine National Park, Phuket Province, Thailand. *Science Asia* 31: 225-233.
- Prins, T., A. Smaal, A. Pouwer & N. Dankers. 1996. Filtration and resuspension of particulate matter and phytoplankton on an intertidal mussel bed in the Oosterschelde estuary (SW Netherlands). *Marine Ecology Progress Series* 142: 121-134.
- Quirós-Rodríguez, J. & N. Hernando-Campos. 2013. Moluscos asociados a ensambles de macroalgas en el litoral rocoso de Córdoba, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 42: 101-120.
- St. Pierre, J. & K. Kovalenko. 2014. Effect of habitat complexity attributes on species richness. *Ecosphere* 5(2): 22.
- Suárez, A. M., B. Martínez-Daranas & Y. Alfonso. 2015. *Macroalgas marinas de Cuba*. Editorial UH. Cuba. 264 pp.
- ter Braak, C. & P. Verdonschot. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57(3): 255-289.
- Todd, J. 2001. Introduction to molluscan life Habits databases. <http://porites.geology.uiowa.edu/database/mollusc/mollusclifestyles.htm>. Consultado: 6 de enero de 2017.
- Troncoso, J., V. Urgorri & C. Olabarria. 1996. Estructura trófica de los moluscos de sustratos duros infralitorales de la Ría de Ares y Betanzos (Galicia, NO España). *Iberus* 14(2): 131-141.
- Unsworth, R., S. De Grave, J. Jampa, D. Smith & J. Bell. 2007. Faunal relationship with seagrass habitat structure: a case study using shrimp from the Indo-Pacific. *Marine and Freshwater Research* 58: 1008-1018.
- Vázquez-Luis, M., P. Sanchez-Jerez & J. Bayle-Sempere. 2008. Changes in amphipod (Crustacea) assemblages associated with shallow-water algal habitats invaded by *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the western Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research* 65(5): 416-426.
- Villafranca, S. & M. Jiménez. 2006. Comunidad de moluscos asociados al mejillón verde *Perna viridis* (Mollusca: Bivalvia) y sus relaciones tróficas en la costa norte de la Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 54 (Suppl. 3): 135-144.
- Warmke, G. & R. Abbott. 1961. *Caribbean Seashells*. Livingston Publishing Company, Wynnewood, PA. 348 p.
- Webb, C., D. Ackerly, M. McPeck & M. Donoghue. 2002. Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 33: 475-505.
- WoRMS. (2017): World Register of Marine Species. Disponible en: <http://www.marinespecies.org>. Consultado el 5 de enero de 2017.
- Zayas, C.R., A. Vega-Torres, F. Ocaña & E. Córdoba. 2008. Lista sistemática y proporción de los grupos morfofuncionales del fitobentos marino de Bahía de Naranjo, Cuba. *Anuario de Investigaciones Ambientales, Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales y Tecnológicos de Holguín (CISAT)*, 6 pp.

Recibido: 22 de agosto de 2017.

Aceptado: 26 de noviembre de 2017.

Desarrollo intracapsular del gasterópodo *Fasciolaria tulipa* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Neogastropoda: Fasciolariidae) en condiciones de laboratorio

Intracapsular development of the gastropod *Fasciolaria tulipa* (Mollusca: Neogastropoda: Fasciolariidae) in laboratory conditions

Ricardo Moffa*¹, José Chávez¹, Geanmarys Bastardo¹, William Villalba¹ & Roberta Crescini*²

¹Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Isla de Margarita, Venezuela.

²Plancton Andino SpA, Castro Chile

*Autor corresponsal, e-mail: rmoffa7@gmail.com, robertacrescini@gmail.com

Resumen

Fasciolaria tulipa es una especie de gasterópodo ampliamente distribuida en gran parte del Caribe, donde reviste importancia económica siendo explotada por los pescadores con fines de consumo y artesanales. En el presente estudio se investigó el desarrollo intracapsular de la especie, de manera que sirva de apoyo para futuros análisis comparativos, así como también permita elaborar técnicas que ayuden a la recuperación de las poblaciones naturales y desarrollar métodos para su cultivo. Las masas ovígeras estuvieron compuestas por $30 \pm 3,65$ cápsulas ($n=4$), con una longitud de $18,77 \pm 0,36$ mm ($n=20$) y una anchura de $11,59 \pm 0,40$ mm ($n=20$), dentro de las cuales se hallaron 2210 ± 774 huevos por ovicápsula ($n=20$). El proceso de desarrollo embrionario hasta la eclosión de *F. tulipa* tuvo una duración de 40 a 45 días, observándose que todos los estadios ocurrieron en el interior de las cápsulas y que tan sólo se desarrollaron entre tres y ocho embriones por cápsula.

Palabras clave: moluscos, estadios larvales, masa ovígera, gasterópodo.

Abstract

Fasciolaria tulipa is a species of gastropod widely distributed throughout much of the Caribbean, where it is of economic importance being exploited by fishermen for consumption and artisanal purposes. In the present study, the intracapsular development of *Fasciolaria tulipa* was investigated, in order to support future comparative analyzes, as well as to develop techniques that help the recovery of natural populations and develop methods for their cultivation. The ovigerous masses were composed of 30 ± 3.65 capsules ($n = 4$), with a length of 18.77 ± 0.36 mm ($n = 20$) and a width of 11.59 ± 0.40 mm ($n = 20$), within which 2210 ± 774 eggs were found per ovacapsule ($n = 20$). The process of embryonic development until the hatching of *F. tulipa* lasted 40 to 45 days, observing that all the stages occurred inside the capsules and that only between three and eight embryos per capsule were developed.

Keys words: mollusks, larvae stages, egg mass, gastropod.

Introducción

El desarrollo embrionario en gasterópodos marinos históricamente ha sido un tema de gran interés; y para ello, las ovicápsulas de este grupo han

proporcionado abundante material útil, generando información principalmente acerca de la ecología reproductiva, comportamiento, desarrollo

temprano, embriología y descripciones larvales (D'Asaro, 1970; Miloslavich, 1999).

Hoy en día muchas especies de gasterópodos tienen importancia comercial, siendo explotadas por los pescadores con fines de consumo y artesanales. El estudio de la eclosión, cápsulas de huevos y embriones de gasterópodos permite una comprensión relativamente completa de su biología reproductiva, lo cual es necesario para mejorar la pesca y el proceso de cría de este grupo de organismos (Mostafa *et al.*, 2013; Maldonado *et al.*, 2016).

Los gasterópodos marinos presentan diversas estrategias reproductivas. Una de ellas consiste en la incubación de los embriones dentro de estructuras de protección denominadas ovi-cápsulas (Miloslavich, 1999). Dichas ovi-cápsulas son estructuras sumamente costosas desde el punto de vista energético y bioquímico, pero traen como beneficio una mayor protección del embrión contra el estrés causado por el ambiente físico, depredadores y bacterias; además de tener la posibilidad de proporcionar sustancias nutritivas que sirvan de alimento a los embriones (Pechenik, 1986; Miloslavich, 1996). Muchas especies de gasterópodos prosobranquios producen huevos nutricios, que son indistinguibles del resto al inicio de la puesta, pero con el paso del tiempo no se desarrollan y son consumidos por los embriones durante su desarrollo intracapsular (Spight, 1976).

La especie *Fasciolaria tulipa* (Linnaeus, 1758), conocida comúnmente como tulipán verdadero, o a nivel regional como cosa e' perra, se trata de una especie ampliamente distribuida desde Carolina del Norte hasta Texas (EE.UU.), en gran parte del Caribe hasta Brasil, habitando en praderas de fanerógamas marinas y fondos arenosos-coralinos, entre 3 y 40 m de profundidad. Posee una concha fusiforme, de superficie lisa, con una coloración que varía entre el marrón claro y naranja, presentando un patrón de líneas en espiral de color marrón oscuro (D'Asaro, 1970; Gómez, 1999).

Son varios los estudios que se han llevado a cabo sobre el desarrollo embrionario de distintas especies de gasterópodos. D'Asaro (1965) describió el desarrollo y metamorfosis de *Strombus gigas* (Linnaeus, 1758), Penchaszadeh & Paredes (1996) estudiaron algunos aspectos del desarrollo larvario de *F. tulipa*. Miloslavich & Penchaszadeh (1997) describieron el desove y desarrollo de *Fusinus closter* (Philippi, 1850), Leiva *et al.* (1998) estudiaron el desarrollo intracapsular y mecanismos de eclosión del caracol trumulco *Chorus giganteus* (Lesson, 1831). Por su parte, Penchaszadeh &

Miloslavich (2001) describieron las etapas embriónicas de *Voluta musica* (Linnaeus, 1758). Meirelles & Matthews (2005) describieron el desove y desarrollo de *Pleuroploca aurantiaca* (Lamarck, 1816), mientras que Camacho (2012) observó el desarrollo y metamorfosis del caracol chino *Hexaplex nigrinus* (Philippi, 1845).

Fasciolaria tulipa es consumida localmente en el estado Nueva Esparta, siendo vendida junto con otras especies como *Strombus pugilis* (Linnaeus, 1758) y *Phyllonotus margaritensis* (Abbott, 1958), que se capturan de manera incidental en la pesca de la ostra perla *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) y la pepitona *Arca zebra* (Swainson, 1833); hasta ahora es limitada la información que se tiene acerca de su mecanismo de desarrollo. La presente investigación tuvo como finalidad describir el proceso de desarrollo intracapsular de *F. tulipa* en condiciones de laboratorio para poder elaborar técnicas que ayuden a la recuperación de las poblaciones naturales haciendo posible su restablecimiento y que también permita desarrollar métodos para su cultivo.

Materiales y métodos

Recolecta de oviposturas

Se realizó una salida de campo al Parque Nacional Laguna La Restinga, en la isla de Margarita, Venezuela, ubicada geográficamente en la región nororiental del país entre las coordenadas 10° 55' y 11° 03' N y 64° 01' y 64° 12' W (Ramírez, 1996). Se recolectaron, de forma manual empleando un equipo básico de buceo, cuatro masas ovígeras recién puestas encontradas debajo de hembras de *F. tulipa* en proceso de ovoposición. El material se colocó en tobos plásticos con agua de mar proveniente del medio para ser trasladado al Instituto de Investigaciones Científicas (IIC) de la Universidad de Oriente.

Desarrollo intracapsular

Las cuatro masas ovígeras recién puestas se dispusieron en una pecera con agua de mar filtrada y aeración constante. Se realizaron recambios de agua de manera interdiaria para mantener la pecera lo más limpia posible; así como también se registró la temperatura del agua con cada uno de los recambios, procurando de que ésta se mantuviera entre los 27 y 29°C.

Se realizó una descripción de las oviposturas recolectadas, observando características tales como el número de cápsulas por masa ovígera, la morfología, coloración y textura de las cápsulas, así como también el tamaño y el número de huevos presentes en cada una de ellas.

Para monitorear los estados del desarrollo intracapsular, cada 6 horas se tomaron dos cápsulas los primeros cuatro días del experimento (6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90 y 96 horas). Posteriormente, luego de los primeros cuatro días de desarrollo (96 horas), las observaciones se realizaron tomando dos cápsulas cada 24 horas. Las ovicápsulas fueron medidas desde la parte superior hasta la base con un vernier de 0,01 mm de precisión. El conteo de número de huevos se realizó en una cámara de Bogorov. Las muestras se examinaron bajo un microscopio óptico para visualizar de manera progresiva la aparición de las etapas de desarrollo temprano. Cada uno de los estadios se midió con una escala micrométrica y describió basado en las fotografías registradas.

Para la estimación del tiempo de desarrollo, es decir, el período transcurrido desde la puesta hasta la eclosión de los juveniles, se tomó como tiempo cero el momento de la recolecta de las masas ovígeras recién puestas. El tiempo de

desarrollo de cada una de las etapas se expresó en días post-postura.

Resultados y Discusión

En general, cada una de las masas ovígeras estuvo compuesta por un número variable de ovicápsulas. En promedio cada postura contó con $30 \pm 3,65$ ($n=4$) cápsulas. Al respecto D'Asaro (1970) señala para *F. tulipa* puestas conformadas entre 20 y 115 cápsulas, con un promedio de 71. Penchaszadeh & Paredes (1996) reportaron entre 24 y 37 cápsulas para la misma especie. Por su parte, Miloslavich & Penchaszadeh (1997) hallaron que las masas ovígeras de *F. closter* estaban formadas por 100 a 150 cápsulas; mientras que Meirelles & Matthews (2005) indicaron posturas compuestas por 29 cápsulas en *P. aurantiaca*. Las cápsulas de *F. tulipa* presentaron forma de copa o vaso, con la cresta apical festoneada, exhibiendo en el centro de la placa apical una abertura elíptica sellada por un tapón, mientras que en su parte inferior presentaron un pedúnculo que unía las cápsulas al sustrato. Las paredes laterales de las cápsulas eran lisas de color blanco opaco (Fig. 1).

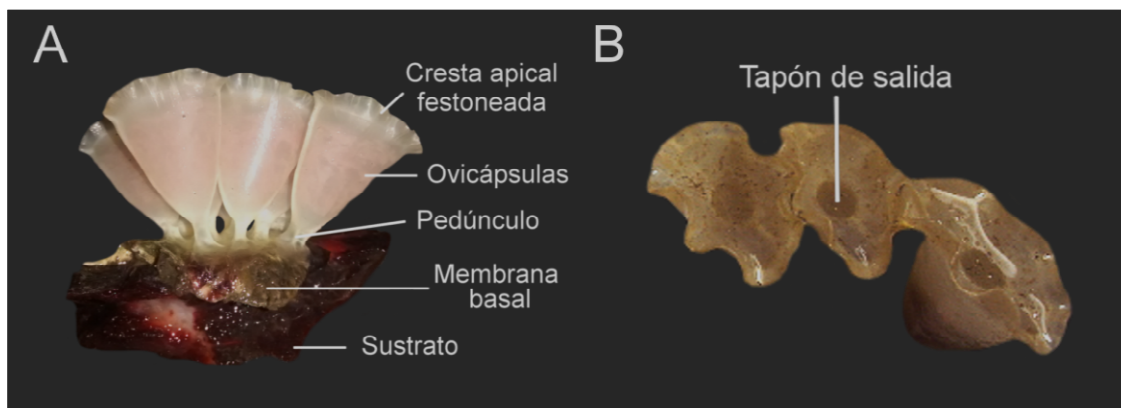


Figura 1. A. Estructura de las cápsulas de *Fasciolaria tulipa*. B. Forma y posición del tapón de salida de las cápsulas de *Fasciolaria tulipa*.

Figure 1. A. Structure of *Fasciolaria tulipa* capsules. B. Form and position of the hatching cap of *Fasciolaria tulipa* capsules.

Las características morfológicas de las posturas de *F. tulipa* concuerdan con las descripciones realizadas por D'Asaro (1970), Flores (1978), Penchaszadeh & Paredes (1996) para esta especie, así como también se corresponden con la

forma general de las posturas de otros fascioláridos tales como *Leucozonia nassa* (Gmelin, 1791) (D'Asaro, 1970), *F. closter* (Miloslavich & Penchaszadeh, 1997) y *P. aurantiaca* (Meirelles & Matthews, 2005) cuyas posturas están conformadas

por cápsulas del tipo vasiforme unidas entre sí por una membrana basal común. Sin embargo, existen algunas variaciones que permiten una diferenciación, entre las cuales destacan la estructura de la placa apical, la cresta apical, la textura de las paredes laterales y la posición del orificio de eclosión (Miloslavich & Penchaszadeh, 1997). De acuerdo con Penchaszadeh & Paredes (1996) una de las características particulares de las cápsulas de *F. tulipa* son las fuertes crestas apicales onduladas.

El tamaño de las cápsulas osciló entre 18,14 y 19,28 mm, con un promedio de $18,77 \pm 0,36$ mm ($n=20$), mientras que el ancho promedio resultó ser de $11,59 \pm 0,40$ mm ($n=20$), con valores comprendidos entre los 11,11 y 12,29 mm. El número de huevos varió desde 1060 a 3259 por cápsula, con un promedio de 2210 ± 774 ($n=20$), los cuales estaban inmersos en una sustancia densa y viscosa. Los huevos presentaron una coloración rosácea y un diámetro promedio de $208,33 \pm 28,35$ μ m ($n=20$).

D'Asaro (1970) informó para *F. tulipa* cápsulas de 18 mm de largo y 13,5 mm de ancho, conteniendo aproximadamente 1000 huevos. Por otro lado Penchaszadeh & Paredes (1996) encontraron cápsulas de 18,4 mm de longitud y una anchura de 12,3 mm, con un promedio de 3119 huevos de 251 μ m de diámetro, en esta misma especie. Miloslavich & Penchaszadeh (1997), en su estudio con *F. closter*, hallaron cápsulas con una longitud de 9,9 mm y 7,4 mm de ancho, conteniendo un promedio de 291 huevos de 260 μ m de diámetro. Por su parte, Meirelles & Matthews (2005), reportaron que las cápsulas de *P. aurantiaca* midieron 9 mm y 4,5 mm de largo y ancho, respectivamente, en las cuales se encontraron un promedio de 353 huevos con un diámetro cercano a los 278 μ m.

Los resultados del presente estudio en *F. tulipa* fueron congruentes con los hallados en las investigaciones citadas anteriormente, especialmente si se compara con aquellas que se realizaron en la misma especie. Las discrepancias encontradas podrían deberse a diferencias en la talla de las hembras, ya que según Miloslavich & Dufresne (1994), la cantidad de cápsulas en la postura y el tamaño de las mismas, así como el número de huevos depositados en el interior de ellas, dependen del tamaño de la hembra que realiza la puesta.

En cuanto al desarrollo intracapsular, las divisiones iniciales de los embriones se observaron a partir del primer día de recolecta de las oviposturas. Durante las primeras horas de observación los huevos no experimentaron cambios notorios man-

teniendo su forma redonda natural. A las 12 horas se pudo evidenciar una protuberancia en el polo animal (Fig. 2A). La primera división se produjo transcurridas 24 horas, dando origen a un par de blastómeros (Fig. 2B). La segunda división celular se registró a las 38 horas de observación generando cuatro blastómeros sub-iguales (Fig. 2C). A las 52 horas ocurrió la tercera división dando como resultado huevos con ocho células (Fig. 2D). A las 76 horas de observación se formó una mórula de 16 células (Fig. 2E) mientras que a las 96 horas los embriones alcanzaron el estado blástula, en donde se evidenció huevos con varias células que ya no se podían contar. Luego se pudo observar la presencia del blastoporo en la gástrula (Fig. 2F).

Al sexto día de observación apareció una larva trocófora temprana caracterizada por una forma irregular con una boca ventral y donde apenas se alcanzó a diferenciar las primeras etapas de los riñones externos (Fig. 2G). Al cabo de los quince días de observación, las larvas trocóforas pasaron de ser irregulares a mostrar una forma redonda bastante regular en comparación con el estadio anterior; luciendo como bolas de huevos unidas por membranas transparentes muy delgadas. A los dieciocho días se apreció un ensanchamiento de las larvas las cuales conservaron su forma redondeada, así como también se pudo observar la aparición de un par de estructuras semicirculares, blancas y viscosas que sobresalieron de la superficie de las larvas llamadas riñones externos (Fig. 2H).

Transcurridos veintiún días desde la primera observación se evidenció la presencia de la fase larval véliger, percibiéndose un alargamiento de las larvas, las cuales presentaron una forma ovalada, caracterizadas por un velo bilobulado pequeño, con cilios muy cortos; así como también los riñones externos, que en comparación con la fase anterior están más proyectados y sobresalientes, ubicándose en el lado inferior del velo (Fig. 2I). Al cumplirse los veintiséis días se pudo notar el comienzo de la formación de la concha larval, mostrándose como una estructura delgada y translúcida (Fig. 2J). En el día treinta se observó la etapa pedivéliger, caracterizada por un pie bien desarrollado y un velo reducido; además de apreciarse un mayor desarrollo de la concha, tornándose más oscura en comparación con los días anteriores. Completados los treinta y cinco días, se hizo evidente la reabsorción del velo y la calcificación de la concha (Fig. 2K). Finalmente, entre los 40 y 45 días se registró la eclosión de los primeros juveniles, los cuales presentaban una concha de color marrón anaranjado de superficie lisa y con un canal sifonal bien

definido. Se pudo observar también el par de tentáculos cefálicos y los ojos. La planta del pie exhibió un color blancuzco mientras que el opérculo se presentó como una estructura delgada y amarilla, translúcida aún sin calcificar (Fig. 2L).

Durante el monitoreo del desarrollo se pudo evidenciar que la tasa de eclosión fue baja, donde únicamente se desarrollaron entre tres y ocho em-

briones por cápsula. Este desarrollo fue de tipo directo y asincrónico, es decir, que todo el proceso ocurrió en el interior de las ovicápsulas, eclosionando finalmente como organismos juveniles bien formados, y donde a veces se observó dentro de una misma cápsula embriones en etapas de desarrollo diferentes. En la presente investigación la talla promedio de eclosión fue de $4,39 \pm 0,57$ mm (n=6) (Tabla 1).

Tabla 1. Tiempo de desarrollo y tamaño de los estadios de *Fasciolaria tulipa*.

Table 1. Time of development and size of the stages of *Fasciolaria tulipa*.

Etapa de desarrollo	Tiempo (días)	Tamaño del embrión (μ m)
Huevo sin división	0	208,333 \pm 28,35 (n=20)
Primeras divisiones celulares (desde dos células hasta gástrula)	4	278,193 \pm 11,60 (n=24)
Larva trocófora avanzada	15	2640,481 \pm 30,93 (n= 8)
Véliger intracapsular	21	3360,794 \pm 32,91 (n=5)
Pedivéliger intracapsular	30	3655,997 \pm 28,60 (n=10)
Pre-eclosión	35	3850,307 \pm 32,52 (n=15)
Eclosión	40-45	4390 \pm 0,57 (n=6)

La baja tasa de desarrollo de embriones y la alta cantidad de huevos nutricios hallados en este estudio, también ha sido observada en otras especies de la misma familia. D'Asaro (1970) señalaron alrededor de 14 embriones por cápsula para *F. tulipa*; a la vez que Penchaszadeh & Paredes (1996) encontraron entre tres y once embriones en esta especie. Por su parte, Miloslavich & Penchaszadeh (1997) hallaron un promedio de 17 embriones en las cápsulas de *F. closter* mientras que en *P. aurantica* solamente entre cinco y siete huevos por cápsula se convirtieron en embriones (Meirelles & Matthews, 2005). Al respecto, D'Asaro (1986) indicó que en las especies del grupo un 90% de los huevos son nutricios.

Con relación a la duración del desarrollo de *F. tulipa*, no se encontraron estimaciones del tiempo de eclosión para dicha especie por otros autores; sin embargo, se tiene conocimiento del período de desarrollo para otras especies de Fasciolariidae. Por ejemplo, Miloslavich & Penchaszadeh (1997) reportaron un total de 45 a 50 días en *F. closter* a una temperatura entre 25 a 27 °C. De la misma manera, Meirelles & Matthews (2005) señalan que la especie *P. aurantiaca* requirió de 30 días para completar su desarrollo hasta la

eclosión a una temperatura entre 26 y 28 °C. Se ha descrito que este aspecto puede ser muy variable entre una especie y otra, e incluso entre estimaciones de diferentes autores para una misma especie, debido principalmente a diferencias en la temperatura a la cual ocurre el proceso de desarrollo. Góngora *et al.* (2007) han establecido que este factor ambiental es determinante en la duración del desarrollo intracapsular de los embriones, indicando que una temperatura alta del agua acorta el periodo de desarrollo embrionario mientras que temperaturas bajas retrasan el tiempo de eclosión.

En cuanto a la talla de eclosión de los juveniles, si bien Penchaszadeh & Paredes (1996) no reportaron longitudes promedios, informaron tallas de eclosión que variaron entre 2,7 y 7,2 mm. La talla promedio de eclosión del presente estudio ($4,39 \pm 0,57$ mm) es mayor a las reportadas para los fascioláridos *F. closter* y *P. aurantiaca*, que presentaron tallas iniciales de 1,06 y 3,88 mm respectivamente (Miloslavich & Penchaszadeh, 1997; Meirelles & Matthews, 2005).

El desarrollo asincrónico de *F. tulipa* debido a la presencia de huevos o embriones en fases distintas dentro de una misma cápsula puede

deberse a que no todos los óvulos son fertilizados en el oviducto, ya que algunos son fecundados después de haber sido depositados en las cápsulas (Glaser, 1906). De manera general, los cambios morfológicos de los embriones a lo largo del pro-

ceso de desarrollo descritos en el presente estudio fueron bastante similares a las descripciones realizadas por Glaser (1906) y Penchaszadeh & Paredes (1996) en esta misma especie.

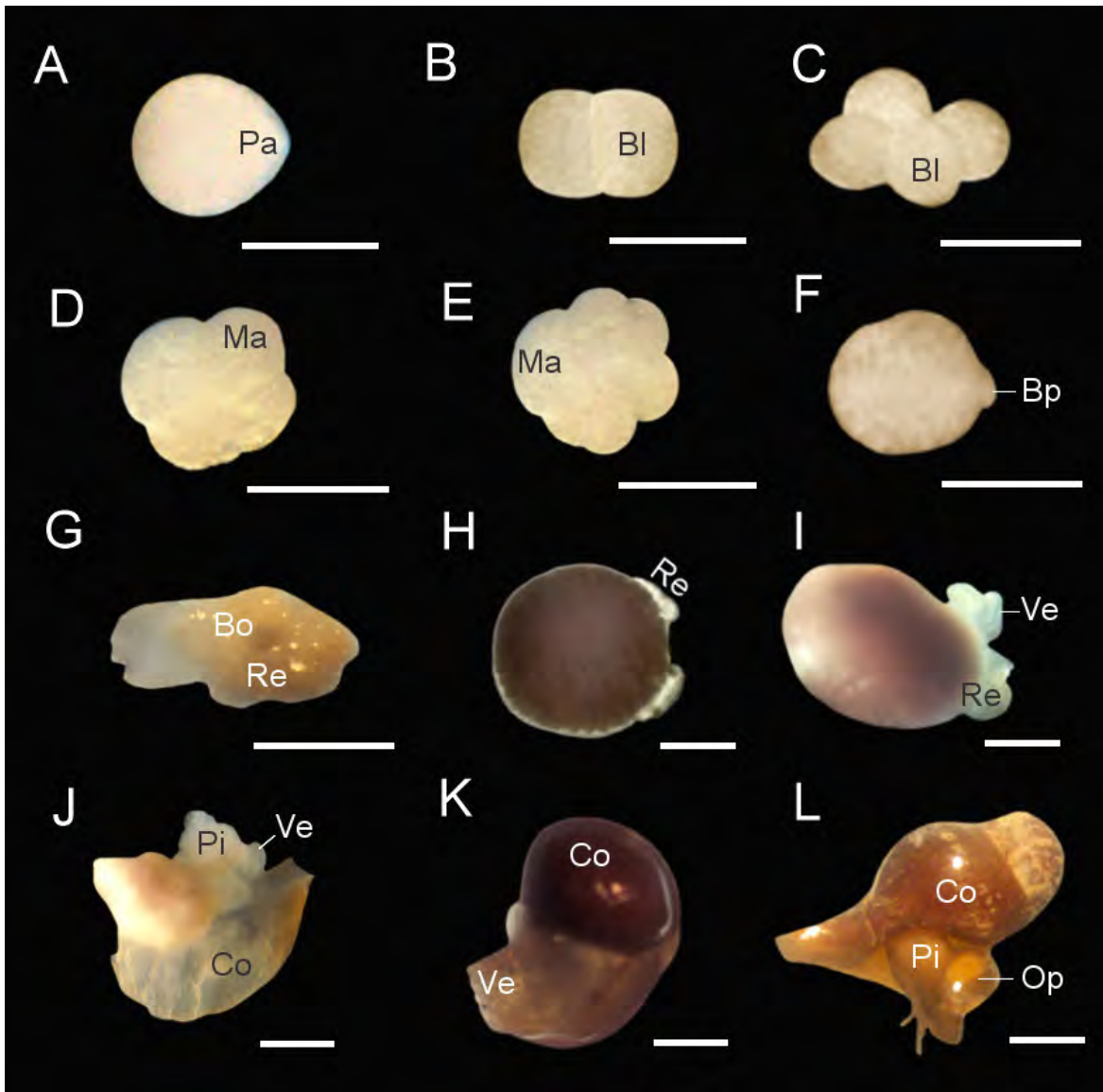


Figura 2. Etapas del desarrollo embrionario intracapsular de *Fasciolaria tulipa*. A. Inicio del proceso de división; B. Primera división; C. Segunda división; D. Tercera división; E. Mórula; F. Gástrula; G. Larva trocófora temprana; H. Aparición de los riñones externos; I. Larva véliger; J. Larva pedivéliger; K. Etapa pre-eclosión; L. Etapa de eclosión. Bl: blastómero, Bo: boca, Bp: blastoporo, Co: concha, Ma: macrómero, Op: opérculo, Pa: polo animal, Pi: pie, Re: riñones externos, Ve: velo. Escalas: A - G: 250 μ m; H - L: 1 mm.

Figure 2. Stages of intracapsular embryonic development of *Fasciolaria tulipa*. A. Starting the division process; B. First division; C. Second division; D. Third division; E. Morula; F. Gastrula; G. Early trocofora larva; H. Occurrence of the external kidneys; I. Veliger larva; J. Pediveliger larva; K. Pre-hatch stage; L. Hatching stage. Bl: blastomere, Bo: mouth, Bp: blastopore, Co: shell, Ma: macromer, Op: operculum, Pa: animal pole, Pi: foot, Re: external kidneys, Ve: velum. Scales: A - G: 250 μ m; H - L: 1 mm.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, núcleo Nueva Esparta, por la subvención del proyecto código N° CI-06-030602-1961-15.

Referencias bibliográficas

- Camacho, F. 2012. Desarrollo embrionario y metamorfosis del caracol chino *Hexaplex (Muricanthus) nigritus* (Philipi, 1845) en condiciones de laboratorio. Sinaloa: Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. 42 pp.
- D'Asaro, C. 1965. Organogenesis, development and metamorphosis in the queen conch *Strombus gigas*, with notes on breeding habits. *Bulletin of Marine Science* 15: 359-416.
- D'Asaro, C. 1970. Egg capsules of prosobranch mollusks from south florida and the bahamas and notes on spawning in the laboratory. *Bulletin of Marine Science* 20(2): 414-440.
- D'Asaro, C. 1986. Egg capsules of eleven marine prosobranchs from northwest Florida. *Bulletin of Marine Science* 39: 76-91.
- Flores, C. 1978. Cápsulas ovígeras de gasterópodos prosobranquios de las aguas costeras de Venezuela. M. Sc. Tesis, Universidad de Oriente, Cumana, Venezuela. 112 pp.
- Glaser, O. 1906. Correlation in the development of *Fasciolaria*. *Biological Bulletin* 10(4): 139-164.
- Gómez, A. 1999. Los recursos marinos renovables del Estado Nueva Esparta, Venezuela. *Biología y pesca de las especies comerciales*. Tomo I: Invertebrados y algas. Fondo Editorial del Estado Nueva Esparta. 208 pp.
- Góngora, A., A. Domínguez., M. Muñoz. & L. Rodríguez. 2007. Obtención de masas ovígeras del caracol lancetilla *Strombus pugilis* (Mesogastropoda: Strombidae) en condiciones de laboratorio. *Revista de Biología Tropical* 51(1): 183-188.
- Leiva, G., J. Muñoz. & J. Navarro. 1998. Desarrollo intracapsular y mecanismos de eclosión del caracol trumulco *Chorus giganteus* (Gastropoda: Muricidae), bajo condiciones de laboratorio. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 157-167.
- Maldonado, A., R. Crescini., W. Villalba. & Y. Fuentes. 2016. Algunos aspectos reproductivos de *Chicoreus brevifrons* (Neogastropoda: Muricidae) de la Laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* 8(1): 41-50.
- Meirelles, C. & H. Matthews. 2005. Spawn and larval development of *Pleuroploca aurintiaca* (Lamarck, 1816) (Gastropoda: Fascioliariidae) from northeast Brazil. *Scientia Marina* 69(2): 199-204.
- Mileikovskiy, S. 1971. Types of larval development in marine bottom invertebrates, their distribution and ecological significance: a re-evaluation. *Marine Biology* 10: 193-213.
- Miloslavich, P. 1996. Nurse-egg feeding prosobranchs: a comparative biochemical and electrophoretic analysis of eggs and hatchlings. *American Malacological Bulletin* 13(1y2): 37-46.
- Miloslavich, P. 1999. Desarrollo y alimentación embrionaria en moluscos Caenogasteropodos. Caracas: Universidad Simón Bolívar, Departamento de Estudios Ambientales. Trabajo de Ascenso. 28 pp.
- Miloslavich, P. & L. Dufresne. 1994. Development and effect of female size on egg and juvenile production in the Neogastropod *Buccinum cyaneum* from the Saguenay Fjord. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 2866-2872.
- Miloslavich, P. & P. Penchaszadeh. 1997. Spawn and development of *Fusinus closter* from de Venezuelan Caribbean. *The Veliger* 40(2): 93-100.
- Mostafa M., M. Tarek. & Y. Mohamed. 2013. Spawning frequency, larval development and growth of Muricid gastropod *Chicoreus ramosus* (Linnaeus, 1758) in the Laboratory at Hurgada, Northern Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 39: 125-131.
- Pechenik, J. 1986. The encapsulation of eggs and embryos by molluscs: an overview. *American Malacological Bulletin* 4: 165-172.
- Penchaszadeh, P. 1988. Reproductive patterns of some South American Prosobranchia as a contribution to classification. *Malacological Review* 4: 284-287.

- Penchaszadeh, P. & C. Paredes. 1996. Observation on the spawn of *Fasciolaria tulipa hollisteri* from the Southern Caribbean. *Malacological Review* 6: 9-14.
- Penchaszadeh, P. & P. Miloslavich. 2001. Embryonic stages and feeding substances of the South American volutid *Voluta musica* (Caenogastropoda) during intracapsular development. *American Malacological Bulletin* 16(1 y 2): 21-31.
- Ramírez, P. 1996. *Lagunas Costeras Venezolanas*. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta. Centro Regional de Investigaciones Ambientales Benavente y Martínez C. A. Porlamar, Venezuela. 275 pp.
- Rivest, B. 1983. Development and the influence of nurse egg allotment on hatching size in *Searlesia dira* (Reeve, 1846) (Prosobranchia: Buccinidae). *Journal of Experimental in Marine Biology and Ecology* 69: 217-241.
- Spight, T. 1976. Hatching size and the distribution of nurse eggs among prosobranch embryos. *The Biological Bulletin* 150(3): 491-499.

Recibido: 30 de mayo de 2017.

Aceptado: 2 de diciembre de 2017.

Abundancia de moluscos en mantos de macroalgas del mesolitoral rocoso en la costa suroriental de Cuba

Abundance of mollusks in macroalgal mantles of the intertidal rocky shore of the southeastern coast of Cuba

Abdiel Jover-Capote* & Yander L. Diez

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente,
Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, Cuba. CP: 90 500.

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

Resumen

La abundancia de los moluscos del mesolitoral rocoso presenta variaciones espaciales y temporales determinadas por la interacción de factores climáticos y biológicos. En la costa suroriental de Cuba no existe evidencia de la influencia de la cobertura de las macroalgas y las variables meteorológicas sobre la abundancia de los ensambles de moluscos del mesolitoral. En el presente trabajo se caracteriza la dinámica espacial y temporal de la riqueza y abundancia de la malacofauna asociada a algas del mesolitoral rocoso. El muestreo se realizó bimestral, de marzo de 2013 a febrero de 2014, en cuatro localidades. La unidad de muestreo fue una cuadrícula de metal de 25 cm de lado con 10 repeticiones. Se recolectaron 3.154 individuos pertenecientes a 36 especies. Los taxones *Echinolittorina meleagris*, *Hormomya exustus*, *Cittarium pica*, *Fissurella rosea* y *Fissurella barbadensis* representaron el 77% de la abundancia total. El patrón de distribución de la abundancia fue poco equitativo, caracterizadas por taxones dominantes y raros. La interacción de la cobertura de macroalgas y las variables meteorológicas modifican la variación de la abundancia de los moluscos.

Palabras clave: curvas de rango-abundancia, dominancia, ubicación jerárquica, variables meteorológicas, cobertura de macroalgas.

Abstract

The abundance of the intertidal rocky shore mollusks shows spatial and temporal variations determined by the interaction of climatic and biological factors. On the southeastern coast of Cuba, there is no evidence of the influence of macroalgal coverage and meteorological variables on the abundance of molluscan assemblages of the intertidal rocky shore. In the present work the spatial and temporal dynamics of the richness and abundance of the molluscan assemblages associated to algae of the intertidal rocky shore are characterized. Sampling was performed bimonthly in four localities, from March 2013 to February 2014. The sampling unit was a 25 cm side metal grid with 10 replicates. We collected 3154 individuals belonging to 36 species. The taxa *Echinolittorina meleagris*, *Hormomya exustus*, *Cittarium pica*, *Fissurella rosea* and *Fissurella barbadensis* represented the 77% of the total abundance. The pattern of distribution of abundance was inequitable, characterized by dominant and rare taxa. The interaction of the macroalgae cover and the meteorological variables modifies the variation of the abundance of the mollusks.

Key words: Range-abundance curves, dominance, hierarchical location, meteorological variables, macroalgal coverage.

Introducción

Los mantos de macroalgas contribuyen a la elevada biodiversidad faunística que se desarrolla en las costas rocosas (Thrush *et al.*, 2011). Las mismas constituyen moderadores ante las características físicas que constituyen factores ambientales estresantes (elevada temperatura, fuerte oleaje, desecación) y protección frente a depredadores (Viejo, 1999). Además, los animales son atraídos por el valor nutritivo de las algas y por proporcionar un microhábitat favorable para una variada flora y fauna (Norderhaug *et al.*, 2007). Los sustratos constituidos por organismos vivos, como las algas, son dinámicos y presentan variaciones espaciales y temporales. Estas fluctuaciones pueden ser consecuencia de factores biológicos como la depredación, competencia y reclutamiento y físicos tales como la intensidad de la luz, disponibilidad de nutrientes, hidrodinámica y estructura del hábitat (Chemello & Millazo, 2002).

La fauna típica del mesolitoral rocoso está constituida por diversos grupos taxonómicos que pueden sobrevivir a las condiciones de este ambiente. Los grupos más estudiados por su importancia ecológica y económica han sido moluscos, crustáceos, equinodermos y peces. Los gasterópodos de las familias Littorinidae, Neritidae, Trochidae, Muricidae, bivalvos perforadores (Mytilidae, Pholadidae) y poliplacóforos son de los grupos más abundantes (Sevilla *et al.*, 2003; Fernández & Jiménez, 2006; Quirós-Rodríguez & Hernando-Campos, 2013).

En la última década los estudios relacionados con la riqueza y abundancia de la malacofauna de las costas rocosas han recobrado relevancia en ecosistemas tropicales. Contribuciones importantes han sido realizadas para Venezuela (Jiménez *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2014; Capelo *et al.*, 2014), Colombia (Quirós-Rodríguez & Hernando-Campos, 2013; Londoño-Cruz *et al.*, 2014) y México (Flores-Garza *et al.*, 2011; Torreblanca-Ramírez *et al.*, 2012) mientras que en Cuba los principales trabajos solo abordan aspectos relacionados con la taxonomía y/o composición (Lalana *et al.*, 1989; Areces *et al.*, 1992; Olivera & Guimaraes, 2012; Jover *et al.* 2014).

La riqueza de moluscos marinos reportada para Cuba comprende un total de 1545 especies (1123 gasterópodos, 320 bivalvos, 39 escafópodos, 36 cefalópodos, 26 poliplacóforos y un aplacóforo). La gran mayoría de las cuales (75,2%) se distribuyen por las zonas nerítica y litoral mientras que para la zona circalitoral y el sistema afital o

profundo se registra el 20,7% y el 3,8% tienen hábitos de vida pelágicos (Espinosa *et al.* 1994).

Los moluscos del meso y supralitoral rocoso cubano, incluyendo las charcas de marea, considera 117 especies (91 gasterópodos, 15 bivalvos, 10 poliplacóforos y un cefalópodo (Quirós, 1998). Los gasterópodos constituyen el grupo dominante, ya que presentan adaptaciones para adherirse a sustratos duros y soportar el oleaje (Mille-Pegaza *et al.*, 1994; Fernández & Jiménez, 2006, 2007). Para el litoral del municipio Santiago de Cuba se han consignado 39 especies: cuatro poliplacóforos, 30 gasterópodos y cinco bivalvos (Diez & Jover, 2013; Jover *et al.*, 2014) mientras que en el mesolitoral rocoso del sector bahía de Puerto Padre-bahía de Nipe, en la costa nororiental de Cuba, se han recolectado 26 especies: dos poliplacóforos, 22 gasterópodos y dos bivalvos (Diez & Jover, 2012).

Un aumento en la complejidad del hábitat se traduce en un aumento de la diversidad y/o abundancia de la fauna asociada en sistemas fitales (Sueiro *et al.*, 2011). La composición y estructura de la malacocenosis en este tipo de hábitat depende de la cobertura de las macroalgas (García-Ríos *et al.*, 2008, Quirós-Rodríguez & Hermamdo-Campos, 2013). Sin embargo, la combinación entre la complejidad del hábitat y la dinámica de las variables climáticas explican y predicen los patrones de composición y abundancia para estos animales (Thrush *et al.*, 2011). Es de esperar que la complejidad del hábitat (cobertura de macroalgas) aminore el efecto de las condiciones climáticas que presenta la costa suroriental de Cuba (Lecha *et al.*, 1994). En el presente trabajo se caracteriza la variación espacial y temporal de la abundancia de los moluscos asociados a los mantos de macroalgas del mesolitoral rocoso y la relación de estas variables con la temperatura, humedad relativa, precipitaciones y días con precipitaciones en cuatro localidades de la costa suroriental de Cuba.

Materiales y métodos

Área de estudio

Las localidades de estudio se encuentran ubicadas en la costa suroriental de Cuba, en el sector limitado por los poblados de Siboney (Este) y Mar Verde (Oeste) (Areces, 2002). Esta zona litoral se caracteriza por la presencia de una costa rocosa

cárstica, dominada por lechos de lapies. La misma está sometida al fuerte oleaje, vientos y elevadas temperaturas durante todo el año (Jover *et al.*, 2012, 2014). Se delimitaron cuatro localidades de muestreo que fueran características del área de estudio: (1) Siboney (19°57'32" N; 75°42'15" O), (2) Aguadores (19°57'51.5" N; 75°49'47.2" O), (3) La Socapa (19°57'53.02" N; 75°56'26.45" O) y (4) Mar Verde (19°57'32.72" N; 75°57'23.34" O).

Método de muestreo

Los muestreos 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 condiciones meteorológicas inapropiadas. El período muestreado se considera adecuado para determinar las variaciones temporales en la estructura de las comunidades de moluscos marinos (Olabbarría *et al.*, 2001). La unidad de muestreo (UM) empleada fue una cuadrícula metálica de 625 cm², con cinco repeticiones por localidad, separadas por 5 m una de otra (Jover *et al.*, 2014). En cada UM se identificaron *in situ*, siempre que fue posible, las especies de moluscos mientras que las que no, se recolectaron para su identificación en el laboratorio. Además, se evaluó la cobertura total de las algas según los criterios de Quirós-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 precipitaciones) fueron proporcionados por el Centro Provincial de Meteorología de Santiago de Cuba. Para la determinación de las especies se utilizó la bibliografía especializada (Warmke & Abbott, 1961; Abbott, 1974; de Jong & Coomans, 1988; Espinosa *et al.*, 2006; 2007; 2012). La legitimación de los nombres de los grupos taxonómicos se realizó según el Registro Mundial de Especies Marinas (WoRMS, 2017).

Análisis de los datos

Se determinó el número de individuos totales para cada localidad y mes de muestreo. La abundancia se analizó como abundancia relativa, dada por el número de individuos de cada especie colectada entre el número total de individuos del ensamble (Krebs, 1999). Además, se analizó la distribución de la abundancia en cada ensamble de

moluscos mediante las curvas de rango-abundancia, con ejes expresados en escala logarítmica (Whittaker, 1965).

El grado de aparición de las especies (ubicación jerárquica) dentro de la comunidad, se determinó usando el método de correlación de Olmstead-Tukey, representado mediante gráficas de cuadrantes (Sokal & Rohlf, 2012) teniendo como base el cálculo de dos estimadores, uno de la abundancia relativa de todas las especies, expresada en log (X+1) y el otro, el porcentaje del número de muestras en que todas las especies están presentes (frecuencia de aparición). Esta ubicación jerárquica ha sido empleada para estudios con moluscos (Galeana-Rebolledo *et al.*, 2012; Torreblanca-Ramírez *et al.*, 2012). El análisis se realizó en el programa Matlab® (Hunt *et al.*, 2014). Las especies se clasificaron en: (1) Dominante: aquella cuya abundancia y frecuencia relativa es superior a los valores promedios de la abundancia y la frecuencia, (2) Constante: cuya abundancia relativa es inferior a su promedio, pero la frecuencia relativa es superior al promedio de ésta, (3) Ocasional: aquella con abundancia relativa superior al promedio, pero con frecuencia relativa inferior a su promedio y (4) Poco usual: aquella cuya abundancia y frecuencia relativas son menores que los promedios de ambos parámetros.

Para determinar las diferencias espaciales (localidades) y temporales (época climática y meses) del número total de individuos de los moluscos se realizó un PERMANOVA de dos vías sobre una matriz de similitud de Bray-Curtis (Anderson, 2001). El criterio de selección de las épocas climáticas fue de lluviosa y poco lluviosa según Jover *et al.* (2014). La significación estadística de cada escala fue detectada con el empleo de 999999 permutaciones ($p < 0,05$). El mismo se realizó con el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001).

La relación de la riqueza de especies y el número total de individuos de los ensambles de moluscos con la cobertura total de macroalgas y las variables climáticas (temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa máxima, mínima y media, precipitaciones y días con lluvia) fue evaluada usando regresiones múltiples. Las variables climáticas y la cobertura total de algas fueron las variables independientes y los valores de riqueza y número de individuos fueron las dependientes. Se utilizó el método de regresión paso a paso, con selección hacia atrás, eliminando las variables regresoras con poco efecto sobre la variable dependiente. La regresión múltiple se realizó usando el programa Statistica v.8 (Hill *et al.*, 2006).

Resultados

Abundancia

Durante el estudio de los ensambles de moluscos del mesolitoral rocoso en el municipio Santiago de Cuba se recolectaron 3154 individuos. Las especies *Echinolittorina meleagris* (1 608), *Hormomya exustus* (476), *Cittarium pica* (122),

Fissurella rosea (120) y *F. barbadensis* (103) (Tabla 1) representaron el 77% del total de individuos consignados en los muestreos. Además, 17 especies presentaron valores inferiores a 10 individuos.

Tabla 1. Distribución de la riqueza específica y número de individuos de las especies de moluscos asociados a los mantos de macroalgas en el mesolitoral rocoso durante la época lluviosa (LI) y poco lluviosa (PLI).

Table 1. Distribution of specific richness and number of individuals of mollusc species associated with the macroalgae mantles the rocky mesolittoral of the municipality of Santiago de Cuba.

CLASE / 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)	12	23			15	7	13	2
<i>Chiton marmoratus</i> Gmelin, 1791	2	1	2	2	7	1	15	11
<i>Chiton squamosus</i> Linné, 1764	9	4					7	
<i>Ceratozona squalida</i> (C. B. Adams, 1845)				1	5			
<i>Acanthochitona astrigera</i> (Reeve, 1847)			4	2	1		2	
GASTROPODA								
<i>Lottia albicosta</i> (C. B. Adams, 1845)	1		1	1			2	
<i>Lottia antillarum</i> G. B. Sowerby I, 1834				1	19			
<i>Lottia leucopleura</i> (Gmelin, 1791)	8				1		1	
<i>Diodora listeri</i> (d'Orbigny, 1847)				1				
<i>Lucapinella limatula</i> (Reeve, 1850)				1				
<i>Fissurella barbadensis</i> (Gmelin, 1791)	4		1	17	5		16	6
<i>Fissurella nodosa</i> (Born, 1778)	26	3		1			11	6
<i>Fissurella rosea</i> (Gmelin, 1791)			58	18	37	1		6
<i>Cittarium pica</i> (Linnaeus, 1758)	47	18	12	6	3	3	24	9
<i>Tegula hotessieriana</i> (d'Orbigny, 1842)			1					
<i>Lithopoma caelatum</i> (Gmelin, 1791)			1					
<i>Eulithidium adamsi</i> (Philippi, 1853)	7		3				27	3
<i>Nerita tessellata</i> Gmelin, 1791			6	7	1			1
<i>Bittium varium</i> (Pfeiffer, 1840)			1				18	
<i>Angiola lineata</i> (da Costa, 1778)							6	
<i>Echinolittorina angustior</i> (Mörch, 1876)						1		
<i>Echinolittorina ziczac</i> (Gmelin, 1791)					2			
<i>Echinolittorina meleagris</i> (Potiez & Michaud, 1838)	23		58	43	42	87	934	61
<i>Petalocochus erectus</i> (Dall, 1888)				11	7	9	18	12
<i>Seila adamsii</i> (H. C. Lea, 1845)						1		

Tabla 1. (Continuación).

CLASE / Especies	Localidades de muestreo							
	Siboney		Aguadores		La Socapa		Mar Verde	
	LI	PLI	LI	PLI	LI	PLI	LI	PLI
<i>Rhombinella laevigata</i> (Linnaeus, 1758)			2					
<i>Costoanachis sparsa</i> (Reeve, 1859)				1				
<i>Mitrella ocellata</i> (Gmelin, 1791)				2	5			
<i>Decipifus sixaolus</i> Olsson & McGinty, 1958	2		22	23	7	2	5	1
<i>Leucozonia nassa</i> (Gmelin, 1791)	7		5	1	1			
<i>Vexillum puella</i> (Reeve, 1845)				4				
<i>Morula nodulosa</i> (C. B. Adams, 1845)			4	3				1
<i>Plicopurpura patula</i> (Linnaeus, 1758)	11	9	2	3	4	3	5	7
<i>Stramonita rustica</i> (Lamarck, 1822)			6	8	1			2
<i>Vasula deltoidea</i> (Lamarck, 1822)	1			5				
BIVALVIA								
<i>Hormomya exustus</i> (Linnaeus, 1758)	1		218	51	187	12	7	
<i>Crassostrea virginica</i> (Gmelin, 1791)					14			
<i>Isognomon bicolor</i> (C. B. Adams, 1845)		8	18	11	9	2	4	1

El número total de individuos no mostró diferencias significativas entre las localidades de muestreo (PERMANOVA, $F=0,37638$; $p= 0,317$). Sin embargo, se observa un gradiente que va desde 246 individuos (7,8%) para Siboney a Mar Verde con 1271 (40,3%) (Tabla 2). En Aguadores se identificaron 667 y en La Socapa 970 para un 21,1% y 30,8% respectivamente. Sin embargo, se encontró diferencias significativas entre los meses

(PERMANOVA, $F=0,4942$; $p= 0,019$) y épocas de muestreo (PERMANOVA, $F=1,0477$; $p= 0,011$). Los mayores valores se consignan en los meses correspondientes a la época lluviosa, junio (452), agosto (1236) y octubre (882). Los valores más bajos correspondieron para los meses de la época poca lluviosa, abril (133), diciembre (179) y febrero (272) (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución del número total de individuos de moluscos asociados a mantos de macroalgas del mesolitoral rocoso del municipio Santiago de Cuba.

Table 2. Distribution of the total number of mollusc individuals associated with macroalgae mantles of the rocky mesolithic area of the municipality of Santiago de Cuba.

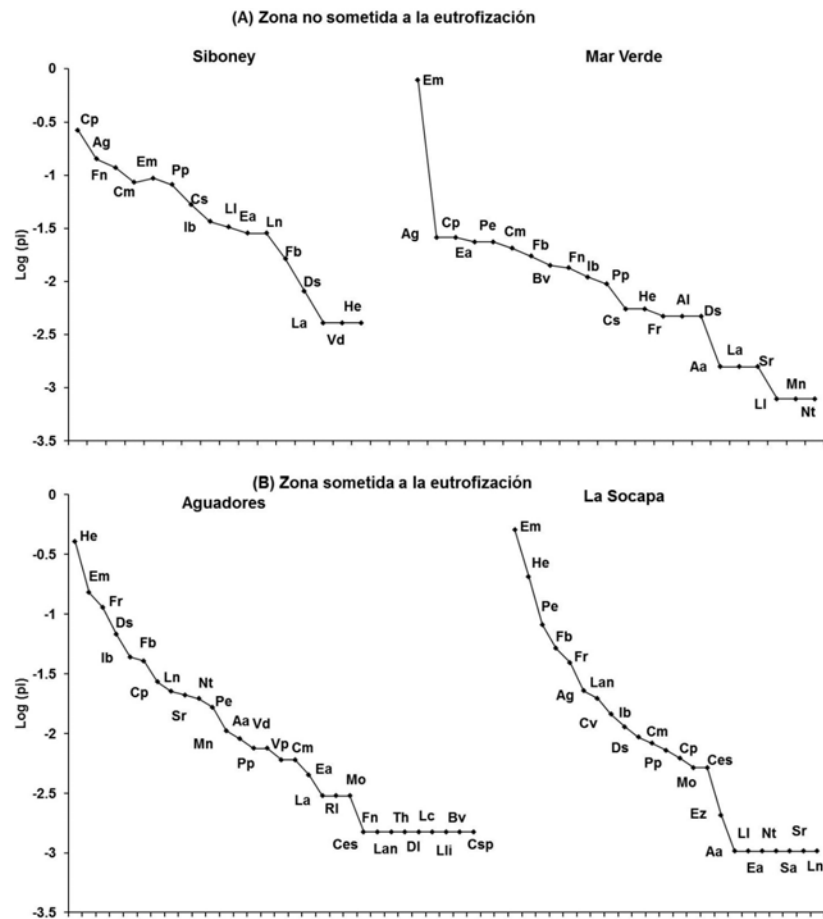
Localidades	Meses de muestreo						TOTAL
	abril	junio	agosto	octubre	diciembre	febrero	
Siboney	33	27	99	54	-	33	246
Aguadores	26	24	227	183	103	104	667
La Socapa	34	359	340	142	-	95	970
Mar Verde	40	42	570	503	76	40	1271
TOTAL	133	452	1236	882	179	272	3154

Las curvas de rango-abundancia representaron una distribución de abundancia poco equitativa en tres de las cuatro localidades muestreadas (Fig. 1). La localidad con distribución más equitativa fue Siboney, ya que presentó una curva con pendiente negativa menos pronunciada para las especies dominantes. Las especies más abundantes fueron *Cittarium pica* (65),

Acanthopleura granulata (35) y *F. nodosa* (29), aportando el 52% de la abundancia total (Fig. 1A). Luego se ubican 10 especies de abundancia intermedia con registros entre dos y 21 individuos. En el extremo inferior tres especies con un solo registro (*Lottia albicosta*, *H. exustus* y *Vascula deltoidea*) fueron raras (Fig. 3A).

Figura 1. Curvas de rango-abundancia para ensambles de moluscos asociados a mantos de macroalgas del mesolitoral rocoso en cuatro localidades del municipio Santiago de Cuba. Dónde: 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 hottesieriana*, Lc- *Lithopoma caelatum*, Ea- *Eulithidium adamsi*, Nt- *Nerita tessellata*, Bv- *Bittolum varium*, Al- *Angiola lineata*, Ea- *Echinolittorina angustior*, Ez- *E. ziczac*, Em- *E. meleagris*, Pe- *Petalochonchus erectus*, Sa- *Seila adamsi*, Rl- *Rhombinella laevigata*, Csp- *Costoanachis sparsa*, Mo- *Mitrella cellata*, Ds- *Decipifus sixaolus*, Ln- *Leucozonia nassa*, Vp- *Vexillum puella*, Mn- *Morula nodulosa*, Pp- *Plicopurpura patula*, Sr- *Stramonita rustica*, Vd- *Vascula deltoidea*, He- *Hormomya exustus*, Cv- *Crassostrea virginica* y Ib- *Isognomon bicolor*.

Figure 1. Range-abundance curves for mollusc assemblages associated with mantles of rocky mesolitic macroalgae in four localities of the municipality of Santiago de Cuba.



En las otras tres localidades el patrón de distribución de abundancia observado fue poco equitativo (Fig. 1). El mayor grado de dominancia se encontró en Mar Verde, donde *E. meleagris*, con 995 individuos, representó el 78% de individuos

del ensamble. Además, es la localidad que posee mayor riqueza de especies de abundancia media (18), estas poseen registros entre dos y 33 individuos. Las especies raras fueron *L. leucopleura*, *Morula nodulosa* y *Nerita tessellata*.

En el análisis de la distribución de abundancia relativa por períodos de muestreo, las curvas de rango-abundancia representaron poca equidad entre temporadas (Fig. 2). *Echinolittorina meleagris* ocupó el extremo superior de las curvas en los seis muestreos, solo en junio ocupó el segundo lugar en la curva. En la época lluviosa esta especie aportó el 29% (junio), 33% (agosto) y el 35% (octubre) de la abundancia total mientras que

en la poco lluviosa contribuyó en un 56% en abril y 55% en diciembre y febrero. Le siguen como especies dominantes *H. exustus* en cuatro meses (menos en abril y junio), seguida de *A. granulata* en abril. *Hormomya exustus* representó el 19% (agosto) y 15% (octubre) de la época lluviosa mientras en la poco lluviosa significó el 12% en diciembre y febrero de la abundancia total. Por su parte en abril *A. granulata* aportó el 22% (Fig. 2).

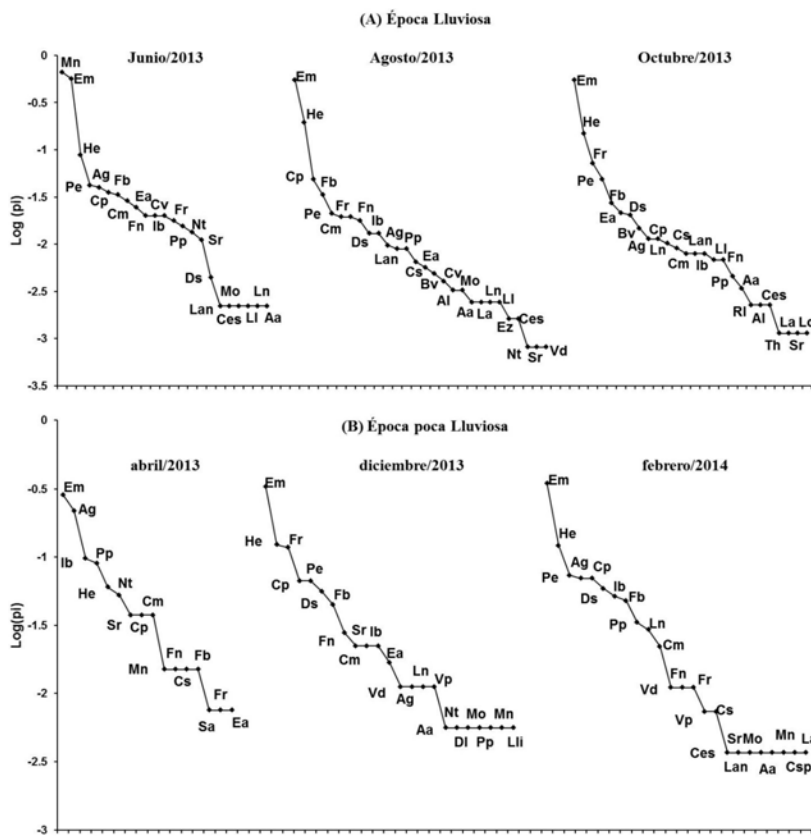


Figura 2. Curvas de rango-abundancia por meses de muestreos, para ensambles de moluscos asociados a mantos de macroalgas del mesolitoral rocoso en cuatro localidades del municipio Santiago de Cuba. Dónde: Ag- *Acanthopleura granulata*, Cm- *Chiton marmoratus*, Cs- *C. squamosus*, Ces- *Ceratozona squalida*, 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 hottessieriana*, 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- *Petalonchus erectus*, Sa- *Seila adamsi*, Rl- *Rhombinella laevigata*, Csp- *Costoanachis sparsa*, Mo- *Mitrella cellata*, Ds- *Decipifus sixaolus*, Ln- *Leucozonia nassa*, Vp- *Vexillum puella*, Mn- *Morula nodulosa*, Pp- *Plicopurpura patula*, Sr- *Stramonita rustica*, Vd- *Vascula deltoidea*, He- *Hormomya exustus*, Ib- *Isognomon bicolor*.

A continuación de las especies dominantes se ubicaron las de abundancia intermedia, con registros entre tres y 60 individuos en la época lluviosa y

entre tres y 22 en la poco lluviosa. En ambos períodos y para todos los meses se observaron las pendientes menos pronunciadas. Para los meses de

la época lluviosa se detectó mayor riqueza específica con abundancia intermedia: 15 en junio, 21 en agosto y 17 en octubre. No obstante, en la poca lluviosa solo se consignaron 11 en abril, 10 en diciembre y 12 en febrero (Fig. 2). Al final de las curvas se ubicaron las especies de abundancia entre uno o dos individuos. La menor riqueza de especies con abundancia de este rango se registró en los meses de la época lluviosa (cinco en agosto y siete en junio y octubre) y en abril (tres). Sin embargo, en diciembre y febrero de la época poco lluviosa se encontraron 11 y 10 especies respectivamente.

Ubicación jerárquica de las especies

El 42% de la fauna de moluscos fueron especies dominantes y poco usuales mientras el 13% se consideraron ocasionales y un 3% constantes (Fig. 3). Este mismo análisis realizado por clases arrojó que para la clase Polyplacophora el 60% de las especies fueron dominantes y el 20% poco usuales y constantes respectivamente. En la clase Bivalvia el 63% de las especies resultaron dominantes y el 37% pocos usuales. La mayor

variabilidad se presentó en la clase Gastropoda, en donde el 37% fueron dominantes, el 47 % poco usuales y el 16% ocasionales.

Las especies dominantes fueron 16 (Fig. 3): *A. granulata*, *Chiton marmoratus*, *C. squamosus*, *F. barbadensis*, *F. nodosa*, *F. rosea*, *Cittarium pica*, *Eulithidium adamsi*, *E. meleagris*, *Petalococonchus erectus*, *Decipifus sixaolus*, *Leucozonia nassa*, *Plicopurpura patula*, *Stramonita rustica*, *H. exustus* e *Isognomon bicolor*. De ellas tres pertenecen a la clase Polyplacophora, 11 de Gastropoda y dos de Bivalvia. Las especies poco usuales fueron 17 (Fig. 3): *Ceratozona squalida*, *Lottia albicosta*, *L. leucopleura*, *Diodora listeri*, *Lucapinella limatula*, *Tegula hottessieriana*, *Lithopoma caelatum*, *N. tessellata*, *Hinea lineata*, *E. angustior*, *Seila adamsi*, *Costoanachis sparsa*, *Mitrella ocellata*, *Vexillum puella*, *Trachypollia nodulosa*, *Thais deltoidea* y *Crassostrea virginica*. De estas, 14 fueron gasterópodos, un polioplacóforo y un bivalvo. La especie constante fue el polioplacóforo *Acanthochitona astrigera* y los cinco gasterópodos ocasionales fueron: *L. antillarum*, *Bittiolium varium*, *E. ziczac*, *Nitidella nitida* y *Rhombinella laevigata*.

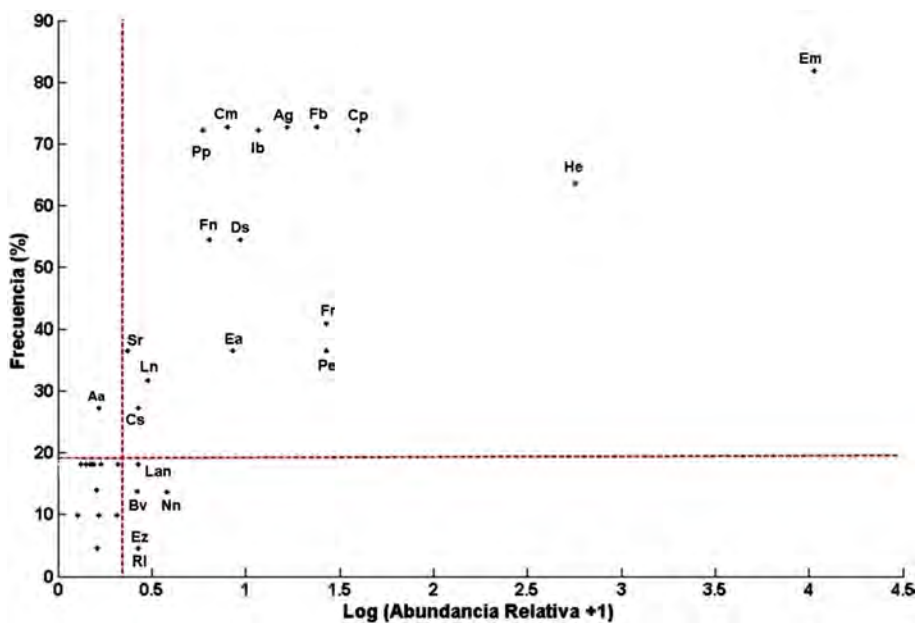


Figura 3. Clasificación jerárquica de los moluscos asociados a mantos de macroalgas del mesolitoral rocoso en el municipio Santiago de Cuba. Dónde: Ag- *Acanthopleura granulata*, Cm- *Chiton marmoratus*, Cs- *C. squamosus*, Aa- *Acanthochitona astrigera*, La- *Lottia albicosta*, Lan- *L. antillarum*, Fb- *Fissurella barbadensis*, Fn- *F. nodosa*, Fr- *F. rosea*, Cp- *Cittarium pica*, Ea- *Eulithidium adamsi*, Bv- *Bittiolium varium*, Ez- *E. ziczac*, Em- *E. meleagris*, Pe- *Petalococonchus erectus*, Ri- *Rhombinella laevigata*, Ds- *Decipifus sixaolus*, Mn- *Morula nodulosa*, Pp- *Plicopurpura patula*, Sr- *Stramonita rustica*, He- *Hormomya exustus* y Ib- *Isognomon bicolor*.

Figure 3. Hierarchical classification of the molluscs associated with mantles of macroalgae of the rocky mesolithic in the municipality of Santiago de Cuba.

Relación de la riqueza específica y la abundancia con las variables ambientales

En los ensambles de moluscos de la zona fital del mesolitoral rocoso el número total de moluscos fue determinado por la interacción de la humedad relativa media mensual, la humedad relativa a las 07:00 h, la cantidad de días con lluvias y la cobertura de macroalgas. Estas variables explican un 60% de la varianza de la abundancia total de moluscos (R^2 corregida= 0,601) y la relación entre estas variables resultó significativa [F (4,17) = 8,9112; p= 0,0005]. Además, la relación entre estas y la riqueza específica fue positiva moderada ($R=0.822$). Por otro lado, la humedad relativa a las 07:00 h ($t=2,513$; $p=0,022$) y la cobertura de macroalgas ($t=2,8573$; $p=0,011$) son las más relevantes en la ecuación: $N_{i1} = -347.175 + 111.231HR7h + 0.527CA - 3.567DLI - 31.473HR$. Donde: N_{i1} =número total de individuos, $HR7h$ =humedad relativa a las 07:00 h, CA =cobertura de macroalgas, DLI =total de días con lluvias y HR =humedad relativa media mensual.

Discusión

Abundancia

El número total de individuos de moluscos del mesolitoral rocoso en cuatro localidades del municipio Santiago de Cuba es semejante al encontrado para otros ensambles del Caribe (Jiménez *et al.*, 2004; Torreblanca-Ramírez *et al.*, 2012; Quirós-Rodríguez & Hernando-Campos, 2013). El mayor número de individuos encontrado de *E. meleagris*, *H. exustus*, *C. pica*, *F. rosea* y *F. barbadensis* durante el periodo puede estar relacionado con el hecho de que estas especies son características del litoral rocoso (Quirós, 1998; Martínez, 2014; Fernández *et al.*, 2014). *Echinolittorina meleagris*, *C. pica*, *F. rosea* y *F. barbadensis* son especies que pueden resistir periodos grandes de exposición al sol, sin embargo, presentan importantes desplazamientos de acuerdo con los cambios en el nivel de la marea (Landa-Jaime *et al.*, 2013). Además, llegan a formar grandes colonias que habitan el mesolitoral superior, medio e inferior. Por su parte, *H. exustus* es un bivalvo de pequeño tamaño que está bien adaptado a la vida litoral. Es una especie de hábito epifaunal sobre rocas y bancos de otros moluscos

que forman grupos. Además, habita en numerosos hábitats sometidos al fuerte oleaje (García-Cubas & Reguero, 1995, 2007) como es característico al área de estudio. Según Quirós (1998) esta especie en Cuba es típica de las zonas inferiores del mesolitoral, adhiriéndose a las rocas y formando agrupaciones menores. Por su parte *C. pica* también es una especie típica de este hábitat, donde se asientan los juveniles y los adultos de menor tamaño. En este hábitat son más abundantes entre las oquedades, donde viven varios ejemplares con una distribución cercana o en grupos pequeños al azar (Randall, 1964; Quirós, 1998; Robertson, 2003).

Las diferencias de la abundancia de los moluscos entre las localidades detectadas parecen estar ocasionadas por las características del sustrato y la diversidad de ecosistemas adyacentes. La presencia de una mayor heterogeneidad topográfica del sustrato en Mar Verde es una de las posibles causas de la elevada abundancia registrada. De esta manera, en estos microhábitats los moluscos tienen protección contra acción del oleaje y la desecación, coincidiendo con lo planteado por Denny *et al.* (1985) y Garrity (1984), respectivamente. Además, la presencia de este mayor número de individuos, pudiera estar dada porque los moluscos encuentran en hábitats heterogéneos refugio de los depredadores (Menge *et al.*, 1985; Hixon & Menge, 1991). Lo contrario fue observado en Siboney, pese a que ambas localidades poseen un mesolitoral bien inclinado; en esta última la variedad de microhábitats es menor.

Las variaciones temporales en el número de individuos parecen estar asociadas a la variación de las variables climáticas. Durante los meses de verano (periodo lluvioso) ocurre el reclutamiento primaveral de varias especies de moluscos. Resultado semejante fue encontrado en gasterópodos asociados a macroalgas del mesolitoral en la costa norte de Cuba por Areces *et al.* (1992). Estos autores hallaron una marcada estacionalidad en la comunidad, consignándose los mayores valores en el periodo lluvioso. Este fenómeno coincide con lo encontrado en otras comunidades bentónicas de la plataforma cubana (Jiménez & Ibarzabal, 1992; Lalana *et al.*, 1989).

La presencia de patrones estacionales en las comunidades mesolitorales tropicales ha sido descrita por Williams (1993, 1994). La estacionalidad es atribuida a las variaciones de las condiciones ambientales (temperatura, precipitaciones y humedad) (Williams *et al.*, 2011). El aumento de la abundancia de moluscos del

mesolitoral rocoso también ha sido reportado en ensambles de Venezuela (Jiménez *et al.*, 2004), Colombia (Quirós-Rodríguez & Hernando-Campos, 2013) y México (Esqueda *et al.*, 2000; Flores-Garza *et al.*, 2011; Torreblanca-Ramírez *et al.*, 2012).

La dominancia de *E. meleagris* observada en las curvas de rango-abundancia para las localidades de Mar Verde y La Socapa en todos los meses de muestreo puede ser consecuencia de la amplia distribución de la misma en el mesolitoral cubano (Arecas *et al.*, 1992). Este gasterópodo es común sobre sustratos duros a veces elevados varios metros sobre el nivel del mar (Ortiz, 1976). Es una especie típica de la zona meso y supralitoral rocosa en el Caribe, muy abundante sobre rocas y pilotes, en aguas con oleaje moderado, asociada a las macroalgas intermareales y en pozas de mareas (Díaz & Puyana, 1994; Quirós, 1998).

La especie dominante en Aguadores fue *H. exustus*, fenómeno asociado a las características de la localidad, mientras en La Socapa la segunda más dominante. Aguadores es una zona de estuario, en la que desemboca el río San Juan. Esto provoca variaciones estacionales de la salinidad y el aporte de materia orgánica, pues la cuenca es una de las más contaminadas de la costa suroriental de Cuba (Jover *et al.*, 2009; Nazario *et al.*, 2010). La especie es común del mesolitoral, en donde forma pequeños grupos (Quirós, 1998; Martínez, 2014). Además, es suspensívora y frecuente en aguas salobres (Reguero & García-Cubas, 1995; García-Cubas & Reguero, 2007).

La dominancia de *C. pica* en la localidad Siboney puede estar relacionada con las características topográficas del área. En la misma el mesolitoral es una franja muy estrecha, dado que la costa rocosa es acantilada, por lo cual la acción de los pescadores, que recolectan los juveniles de la especie como carnada, queda impedida o disminuida. La actividad de recolección de moluscos en mesolitorales rocosos ocasiona la disminución de su población, en contraste con las áreas bajo protección (Keough *et al.*, 1993). La misma es abundante entre las oquedades en donde puede encontrarse con una distribución cercana al azar. Sin embargo, Martínez (2014) en dos localidades del norte de Mayabeque (costa noroccidental de Cuba), encontró que esta especie presenta variación en el patrón de distribución en ocasiones al azar o agregadas con distribución intermedia.

El hecho de encontrar a cuatro de los cinco polioplacóforos recolectados con distribución

intermedia en las curvas de rango-abundancia en las localidades y meses de muestreo puede deberse al carácter gregario de estas especies. Además, son considerados habitantes típicos de los fondos rocosos por sus adaptaciones al efecto mecánico del oleaje. Estas especies están provistas de un pie bien desarrollado que les permite, junto a la acción del mucus, una fuerte adhesión al sustrato y éxito ante el ataque de depredadores (Quirós, 1998). Resultados semejantes fueron encontrados para ensambles del mesolitoral rocoso en Cuba (Quirós, 1998; Martínez, 2014), en la costa tropical americana (Jiménez *et al.*, 2004; Quirós-Rodríguez & Hernando-Campos, 2013) y en la pacífica (Esqueda *et al.*, 2000; Flores-Garza *et al.*, 2011; Torreblanca-Ramírez *et al.*, 2012). Autores como Salcedo *et al.* (1988), García (1994) y Flores (2004) plantean la abundancia de la familia Chitonidae debido a las adaptaciones a la vida del mesolitoral que poseen las especies de esta familia.

El mayor número de especies encontradas con valores intermedios de abundancia fueron gasterópodos, debido a la existencia de especies que poseen una tendencia gregaria en este tipo de ambiente. Este tipo de distribución se presenta en muchos animales como una ventaja adaptativa de la vida en grupo (Miller & Spoolman, 2011). Además, las especies con estas características pertenecen a las familias Lottiidae, Fissurellidae, Tegulidae, Littorinidae y Muricidae, que se han descrito como habituales en esta zona (Espinosa *et al.*, 2012; Diez & Jover, 2013).

La mayor riqueza de especies de abundancia intermedia y baja se consignan en la época poco lluviosa debido a los cambios de las variables climáticas y del oleaje. Arruda & Amaral (2003) señalaron la acción de las olas como determinante primario de los patrones de distribución en ambientes con variaciones de las características físicas. No obstante, las variaciones de temperatura en este periodo ocasionan cambios en la intensidad de alimentación regulando el tamaño poblacional. Un estudio realizado por Rao & Sundaram (1972) en el Golfo de Mannar y la Bahía Palk (India) demostró que la actividad y la intensidad de alimentación aumentaron en correspondencia con los incrementos de la temperatura.

La variación en la riqueza de especies de abundancia baja e intermedia también está dada por variaciones en la abundancia de reclutamiento (adición de juveniles a la población); este factor resulta clave en el mantenimiento y zonación de las poblaciones de moluscos en litorales rocosos (Arruda & Amaral 2003). El reclutamiento también

puede jugar un papel importante en la estructuración de las comunidades intermareales y por tanto producir heterogeneidad en la abundancia de las especies existentes (Menge & Branch, 2001; Carlson *et al.*, 2006).

Ubicación jerárquica de las especies

El dominio de especies dominantes y poco usuales (42%) para los ensamblajes de moluscos en las cuatro localidades no parece estar asociado a procesos de competencia intra e interespecífica. Se ha identificado que la mayor fuente de variabilidad en la abundancia de muchos organismos es a escalas espaciales pequeñas producto del aumento de especies poco usuales (Morrisey *et al.*, 1992; Underwood & Chapman, 1996). En experimentos realizados por Matías *et al.* (2012) se encontró que la riqueza y abundancia de estas especies no estaba relacionada con el aumento de otras comunes. Sin embargo, las especies individuales respondieron de manera diferenciada a diferentes densidades, independientemente de si eran poco usuales o abundantes. Por tanto, clasificar una especie como rara o dominante depende de la escala, aumentando la rareza a escalas pequeñas debido a la distribución agregada o no de los moluscos en los diferentes microhábitats. Este fenómeno pudiera explicar la rareza de especies típicas del mesolitoral como son *C. squalida*, *T. deltoidea* y *Lucapinella limatula*, pero que presentan una distribución aislada en este hábitat (Quirós, 1998).

Otro factor a considerar es que la zona mesolitoral puede ser considerada como el ecotono entre las comunidades de los estratos supra y sublitoral. Este fenómeno ocasiona que la presencia de especies comunes de estos estratos se comporte con poca abundancia y frecuencia. Es conocido que en las zonas de ecotono convergen especies que son características de las zonas limítrofes y poseen amplios rangos de tolerancia a diversos factores ambientales (deseccación, salinidad y temperatura) (Martínez, 2014).

Especies como *L. albicosta*, *L. leucopleura*, *D. listeri*, *L. caelatum*, *N. tessellata*, *C. sparsa*, *V. puella* y *T. nodulosa*, típicas de las zonas inferiores y en relación a la fuerza del oleaje y la amplitud de la marea, se han detectado de forma ocasional en el mesolitoral (Díaz & Puyana, 1994; Quirós, 1998; Martínez, 2014). Estos mismos autores consignan *Angiola lineata* y *M. ocellata* como comunes en las charcas de mareas y pueden ser encontrados también de manera ocasional. Lo mismo sucede con *T. hottessieriana*, que es común en

mesolitorales bajo rocas mientras *C. virginica* resulta abundante en ecosistemas cercanos a manglares; microhábitats pocos frecuentes en el área de estudio.

La abundancia de especies dominantes, ocasionales y constantes en el periodo de estudio se debe a la combinación de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales que permiten el éxito de estas en ambientes mesolitorales. La presencia de la concha masiva es una de las adaptaciones más importantes, debido a que ofrece protección para el cuerpo de las olas, de accidentes, pérdida de agua y previene el sobrecalentamiento del cuerpo (Alyakrinskaya, 2010). El desarrollo de la respiración combinada de oxígeno disuelto en el agua y de oxígeno atmosférico, la retención de líquidos y secreción de mucus en el cuerpo garantiza la supervivencia durante los periodos de exposición al aire (Alyakrinskaya, 2004, 2010). Las conchas con patrones de coloración clara, de tamaño intermedio y de forma cónica como el observado en las especies dominantes garantiza un mayor éxito adaptativo (*e.g.* Branch, 1985).

Relación de la riqueza específica y la abundancia con las variables ambientales

Se encontró una relación estadística entre la variación del número total de individuos de especies de moluscos de los ensamblajes del mesolitoral rocoso del municipio Santiago de Cuba y las variables ambientales, apoyando la hipótesis que la variación de la cobertura de algas y las variables climáticas inciden en la composición y estructura de los ensamblajes de moluscos (Jover *et al.* 2014). Este fenómeno coincide con lo planteado sobre la interacción de factores bióticos y abióticos en la constitución de ensamblajes mesolitorales (Bertness & Leonard, 1997; Bertness *et al.*, 1999; Robles & Desharnais, 2002). En los ambientes marinos litorales, los talos de las macroalgas constituyen un sustrato favorable para el asentamiento de epibiontes (Seed & O'Connor, 1981). La cobertura de las macroalgas ha sido considerada para evaluar su complejidad estructural (Kelaher & Castilla, 2005; Quirós-Rodríguez *et al.*, 2013) y en general, una mayor complejidad de los talos implica una mayor biodiversidad de las especies asociadas (Unsworth *et al.*, 2007), fenómeno que permitiría explicar la relación significativa con la abundancia de los de moluscos del mesolitoral rocoso en la costa de Santiago de Cuba. Por otro lado, los sustratos biológicos tienen una gran influencia en la

organización de los ensamblajes en el mesolitoral mediante la diversificación de los recursos espaciales a utilizar (Cacabelos *et al.*, 2010). Los mismos proporcionan un aumento de superficie disponible para especies sésiles, proveyendo refugios contra los depredadores y las condiciones ambientales desfavorables (Monteiro *et al.*, 2002). Además, las macroalgas ofrecen a los organismos que viven en sus frondes un microhábitat protegido del impacto del movimiento del agua, creando condiciones más homogéneas que las del hábitat donde crece el alga (Chemello & Milazzo, 2002; Schreider *et al.*, 2003; Quirós-Rodríguez *et al.*, 2013).

En la zona fital del mesolitoral rocoso para las cuatro localidades del municipio Santiago de Cuba, la humedad relativa y la temperatura están relacionadas con el número total de individuos del ensamblaje de moluscos. Es probable que esta relación este dada por el estrés térmico a que está sometida esta malacofauna, lo que desempeña un importante papel en la definición del nicho espacial y temporal de los consumidores intermareales (Sanford, 2002). Algunos modelos predicen que niveles de tensión subletales a menudo pueden reducir las tasas de consumo de herbívoros y carnívoros (Menge & Sutherland, 1987; Menge & Olson, 1990). La exposición crónica a los períodos extremos de calor y la deshidratación puede producir daño celular que reduce la alimentación, el crecimiento y la forma física; ocasionando variaciones en la riqueza, abundancia y diversidad de los moluscos mesolitorales.

La temperatura y la humedad relativa son factores determinantes para el desarrollo de los moluscos en el mesolitoral, al estar relacionado con la pérdida de agua y la tolerancia al estrés térmico (Byrne *et al.*, 1988). La incidencia de estos factores y su relación positiva con el aumento en la pérdida de peso fue observada en experimentos realizados en el molusco *Littoraria angulifera* (Lamarck 1822) (Rose, 2014). Este fenómeno ha sido reportado también para *Mytilus californianus* Conrad, 1837, en donde el estrés ocasionado por las fluctuaciones en la temperatura del aire y la humedad relativa determinan la dinámica de las poblaciones y su abundancia (Denny *et al.*, 2011).

Como respuesta a estrés ocasionado por las variaciones de la temperatura y la humedad relativa, los moluscos intermareales utilizan como estrategia adaptativa la agregación de individuos en pequeños espacios (Stafford *et al.*, 2012; Chapperon *et al.*, 2013). La agregación proporciona una reducción en el área de superficie

expuesta en relación al volumen acumulado de los moluscos, favoreciendo la riqueza de especies (Stafford *et al.*, 2012), considerando que los individuos en agregaciones pueden sostener el intercambio gaseoso con su medio durante períodos más largos de tiempo que los individuos solitarios. De esta manera, la agregación constituye una estrategia adaptativa que permite desarrollar condiciones favorables de microclima para tolerar las tensiones ambientales.

La relación negativa entre la cantidad de días con precipitaciones y el número total de los moluscos en los ensamblajes estudiados pudiera estar relacionado con mortalidad ocasionada por las lluvias. Este factor climatológico puede provocar la separación de los moluscos (*e.g.* litorínidos) del sustrato (Oghaki, 1988) o pueden presentar problemas osmóticos debido al flujo del agua lluvia, provocando que se hinchen los tejidos blandos y dilución de los tejidos corporales (Morritt *et al.*, 2007). Esto trae como consecuencia cambios bioquímicos y fisiológicos en los individuos que puede ocasionar alta mortalidad en las poblaciones.

Las macroalgas del mesolitoral rocoso en el municipio Santiago de Cuba constituyen un hábitat importante para los moluscos fitales. La interacción de la cobertura de estas macroalgas con factores abióticos como la temperatura del aire, humedad relativa y precipitaciones modulan la riqueza y la abundancia de los ensamblajes de moluscos. Esto permite el empleo de esta fauna como potenciales indicadores ambientales para evaluar el efecto del cambio climático global.

Agradecimientos

Al programa de Maestría en Zoología y Ecología Animal de la Universidad de La Habana por permitir el desarrollo de esta investigación. A los estudiantes del Grupo Científico Estudiantil “EcoMar” Dra. María Elena Ibarra Martín del Departamento de Biología de la Universidad de Oriente 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 Bernardo Reyes-Tur 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”.

Referencias bibliográficas

- Abbott, R. 1974. American Sea Shells. Van Nostrand Reinhold, Nueva Cork, Irlanda, 541 pp.
- Alyakrinskaya, I. 2004. Adaptations of certain Mediterranean mollusks to living in the littoral zone. *The Biological Bulletin* 31: 406-415.
- Alyakrinskaya, I. 2010. Some Adaptations of *Monodonta turbinata* (Born, 1780) (Gastropoda, Prosobranchia, Trochidae) to Feeding and Habitation in the Littoral Zone. *The Biological Bulletin* 40: 76-82.
- Anderson, M. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- Areces, A. 2002. Ecorregionalización y clasificación de los hábitats marinos de Cuba. Instituto de Oceanología, WWF, Environmental Defense y CNAP, La Habana, Cuba, 83 pp.
- 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
- Arruda, E. & A. Amaral. 2003. Spatial distribution of mollusks in the intertidal zone of sheltered beaches in southeastern of Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 20: 291-300.
- Bertness, M. & G. Leonard. 1997. The role of positive interactions in communities: lessons from intertidal habitats. *Ecology* 78: 1976-1989.
- Bertness, M., G. Leonard, J. Levine & J. Bruno. 1999. Climate-driven interactions among rocky intertidal organisms caught between a rock and a hot place. *Oecologia* 120: 446-450.
- Branch, G. 1985. Limpets: evolution and adaptation. *The Mollusca* 10: 187-220.
- Byrne, R., R. McMahon & T. Dietz. 1988. Temperature and relative humidity effects on aerial exposure tolerance in the freshwater bivalve *Corbicula fluminea*. *The Biological Bulletin* 175: 253-260.
- Cacabelos, E., C. Olabarria, M. Incera & J. Troncoso. 2010. Effects of habitat structure and tidal height on epifaunal assemblages associated with macroalgae. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 89: 43-52.
- Capelo, J., M. Rada, M. Solé, J. Buitrago, S. Grune & J. Narváez. 2014. Los moluscos marinos litorales del norte de la península de Macanao, Isla de Margarita, Venezuela. *Amici Molluscarum* 22: 29-44
- Carlson, R., M. Shulman & J. Ellis. 2006. Factors contributing to spatial heterogeneity in the abundance of the common periwinkle *Littorina littorea* (L.). *Journal of Molluscan Studies* 72: 149-156.
- Chapperon, C., C. Le & L. Seuront. 2013. Thermally mediated body temperature, water content and aggregation behaviour in the intertidal gastropod *Nerita atramentosa*. *Ecological Research* 28: 407-416.
- Chemello, R., & M. Milazzo. 2002. Effect of algal architecture on associated fauna: some evidence from phytal molluscs. *Marine Biology* 140: 981-990.
- de Jong, K. & H. Coomans. 1988. Marine Gastropods from Curacao, Aruba and Bonaire. *Studies on the fauna of Curacao and other Caribbean Islands* 69: 1-261.
- Denny, M., T. Daniel & M. Koehl. 1985. Mechanical limits to size in wave-swept organisms. *Ecological Monographs* 55: 69-102.
- Denny, M., W. Dowd, L. Bilir & K. Mach. 2011. Spreading the risk: small-scale body temperature variation among intertidal organisms and its implications for species persistence. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 400: 175-190.
- Díaz, J. & M. Puyana. 1994. Moluscos del Caribe Colombiano: Un catálogo ilustrado. COLCIENCIAS, Fundación Natura e INVEMAR, Bogotá. Colombia, 291 pp.
- Diez, Y. & A. Jover. 2012. Moluscos marinos del sector Bahía de Puerto Padre-Bahía de Nipe, Cuba. *Amici Molluscarum* 20: 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.
- Espinosa, J., J. Ortea, R. Sánchez y J. Gutiérrez. 2012. Moluscos marinos de la Reserva de la Biosfera de la Península de Guanacabibes. Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba. 325 pp.
- Espinosa, J., J. Ortega, 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. Ortega, R. Fernández-Garcés & 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., R. Fernández-Garcés & E. Rolán. 1994. Catálogo de los moluscos marinos actuales de Cuba. *Cuadernode Investigaciones Biológicas* 18: 85-154.
- Esqueda, M., E. Rios-Jara, 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: 765-775.
- 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: 3-11.
- Fernández, J., M. Jiménez & T. Allen. 2014. Diversidad, abundancia y distribución de la macrofauna bentónica de las costas rocosas al norte del Estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 62: 947-956.
- Flores, R. 2004. Estructura de la comunidad de moluscos del mesolitoral superior en las playas de facie rocosa del estado de Guerrero, México. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México, 207 pp.
- Flores-Garza, R., C. Torreblanca-Ramírez, P. Flores-Rodríguez, S. García-Ibáñez, L. Galeana-Rebolledo, A. Valdés-González & A. Rojas-Herrera. 2011. Mollusc community from a rocky intertidal zone in Acapulco, Mexico. *Biodiversity* 12: 144-153.
- Galeana-Rebolledo, L., R. Flores-Garza, C. Torreblanca-Ramírez, S. García-Ibáñez, P. Flores-Rodríguez & V. López-Rojas. 2012. Biocenosis de Bivalvia y Polyplacophora del intermareal rocoso en playa Tlacopanocha, Acapulco, Guerrero, México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 40: 943-954.
- García, J. 1994. Fauna malacológica de acompañamiento del caracol *Purpura pansa* (Gould 1853) en la zona mesolitoral de la isla Roqueta, Acapulco, Guerrero, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, México, 97 pp.
- García-Cubas, A. & M. Reguero 2007. Catálogo ilustrado de moluscos del Golfo de México y Mar Caribe. UNAM. México, 94 pp.
- García-Cubas, A. & M. Reguero. 1995. Moluscos de la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México: Sistemática y Ecología. *Hidrobiológica* 5: 1-24.
- García-Ríos, C., F. Soto-Santiago, R. Colón-Rivera & J. Medina-Hernández. 2008. Gasterópodos asociados al alga calcárea *Halimeda opuntia* (Udoteaceae) en Puerto Rico. *Revista de Biología Tropical* 56: 1 665-1 675
- Garrity, S. 1984. Some adaptations of gastropods to physical stress on a tropical rocky shore. *Ecology* 559-574.
- Hammer, Ø., D. Harper & P. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1-9.
- Hill, T., P. Lewicki & P. Lewicki. 2006. *Statistics: Methods and Applications: a Comprehensive Reference for Science, Industry, and Data Mining*. StatSoft, Tulsa, OK, 832 pp.
- Hixon, M. & B. Menge. 1991. Species diversity: prey refuges modify the interactive effects of predation and competition. *Theoretical Population Biology* 39: 178-200.
- Hunt, B., R Lipsman & J. Rosenberg. 2014. *A Guide to MATLAB: For Beginners and Experienced Users*. Cambridge University Press, UK, 314 pp.
- Jiménez, C. & D. Ibarzabal 1982. Evaluación cuantitativa del mesobentos en la plataforma nororiental de Cuba. *Ciencias Biológicas*, 7: 54-69.
- Jiménez, M., B. Márquez & O. 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 sector Aguadores, plataforma suroriental, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 30: 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: 38-49.
- Jover, A., Y. Diez & D. Tamayo. 2014. Composición de los moluscos de la zona fital del mesolitoral rocoso en Santiago de Cuba. *Amici Molluscarum* 22: 7-19.

- Kelaker, B. & J. Castilla. 2005. Habitat characteristics influence macrofaunal communities in coralline turf more than mesoscale coastal upwelling on the coast of Northern Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63: 155-165.
- Keough, M., G. Quinn & A. King. 1993. Correlations between human collecting and intertidal mollusc populations on rocky shores. *Conservation Biology* 7: 378-390.
- Krebs, C. 1999. *Ecological methodology*. Benjamin Cummings, Menlo Park, California. Estados Unidos de América, 620 pp.
- Lalana, R., N. Capetillo, R. Brito, E. Díaz-Iglesias & R. Cruz. 1989. Estudio del zoobentos asociado a *Laurencia intricata* en un área de juveniles de langosta al SE de la Isla de la Juventud. *Revista de Investigaciones Marinas* 10: 207-218.
- Landa-Jaime, V., E. Michel-Morfin, J. Arciniega-Flores, S. Castillo-Vargasmachuca & M. Saucedo-Lozano. 2013. Moluscos asociados al arrecife coralino de Tenacatita, Jalisco, en el Pacífico central mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 1121-1136.
- Lecha L., L. Paz & B. Lapinel. 1994. El clima de Cuba. Academia, La Habana, Cuba, 186 pp.
- Londoño-Cruz, E., L. López, F. Arias-Galvez, D. Herrera-Paz, A. Prado, L. Cuellar & J. Cantera. 2014. Distribution of macroinvertebrates on intertidal rocky shores in Gorgona Island, Colombia (Tropical Eastern Pacific). *Revista de Biología Tropical* 62: 189-198.
- Martínez, E. 2014. Cambios en la estructura y composición de las comunidades de moluscos marinos litorales de Playa Jibacoa, Cuba. Tesis de Licenciatura, Universidad de La Habana, Cuba, 56 pp.
- Matias M., M. Chapman, A. Underwood & N. O'Connor. 2012. Increasing density of rare species of intertidal gastropods: tests of competitive ability compared with common species. *Marine Ecology Progress Series* 453: 107-116.
- Menge, B. & A. Olson. 1990. Role of scale and environmental factors in regulation of community structure. *Trends in Ecology and Evolution* 5: 52-57.
- Menge, B. & G. Branch. 2001. Rocky intertidal communities. *En*: M. Bertness, S. Gaines & M. Hay (eds.), *Marine Community Ecology*. Sinauer Associates, Sunderland, Reino Unido, pp. 221-251.
- Menge, B. & J. Sutherland. 1987. Community regulation: variation in disturbance, competition, and predation in relation to environmental stress and recruitment. *The American Naturalist* 130: 730-757.
- Menge, B., J. Lubchenco & L. Ashkenas. 1985. Diversity, heterogeneity and consumer pressure in a tropical rocky intertidal community. *Oecologia* 65: 394-405.
- Mille-Pagaza, S., A. Pérez & O. Holguín-Quiñones. 1994. Fauna malacológica bentónica del litoral de isla Socorro, Revillagigedo, México. *Ciencias Marinas* 20: 467-486.
- Miller, G. & S. Spoolman. 2011. *Living in the environment: principles, connections, and solutions*. Cengage Learning. Stamford, Estados Unidos de América, 315 pp.
- Monteiro, S., M. Chapman & A. Underwood. 2002. Patches of the ascidian *Pyura stolonifera* (Heller, 1878): structure of habitat and associated intertidal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 171-189.
- Morrisey, D., A. Underwood, L. Howitt & J. Stark. 1992. Temporal variation in soft-sediment benthos. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 164(2): 233-245.
- Morritt, D., K. Leung, M. Pirro, C. Yau, T. Wai y G. Williams. 2007. Responses of the limpet, *Cellana grata* (Gould 1859) to hypo-osmotic stress during simulated tropical, monsoon rains. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 352: 78-88.
- 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. *Revista Cubana de Tecnología Química* 24: 72-78.
- Norderhaug, K., H. Christie & S. Fredriksen. 2007. Is habitat size an important factor for faunal abundances on kelp *Laminaria hyperborea*? *Journal of Sea Research* 58: 120-124
- Oghaki, S. 1988. Rain and the distribution of *Nodilittorina exigua* (Dunker) (Gastropoda: Littorinidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 122: 213-223.
- Olabarria, 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: 63-66.
- Ortiz, M. 1976. Algunas características del bentos en Cuba. Ciencias 26: 1-32.
- Quirós, A. 1998. Moluscos del litoral rocoso cubano y manifestación de factores ambientales en el gradiente de zonación. Tesis de Maestría. Universidad de la Habana, La Habana, Cuba, 128 pp.
- Quirós-Rodríguez, J., J. Arias-Ríos y V. Ruiz. 2010. Estructura de las comunidades macroalgales asociadas al litoral rocoso del departamento de Córdoba, Colombia. Caldasia 32: 339-354.
- Quirós-Rodríguez, J. & N. Hernando-Campos. 2013. Moluscos asociados a ensamblajes de macroalgas en el litoral rocoso de Córdoba, Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 42: 101-120.
- Randall, H. 1964. A study of the growth and other aspects of the biology of the West Indian topshell, *Cittarium pica* (Linnaeus). Bulletin of Marine Science 14: 424-443.
- Rao, K. & K. Sundaram. 1972. Ecology of intertidal molluscs of Gulf of Mannar and Palk Bay. Proceedings of the Indian Academy of Science, Section B, 38: 462-474.
- Robertson, R. 2003. The edible West Indian "whelk" *Cittarium pica* (Gastropoda: Trochidae): Natural history with new observations. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 153(1): 27-47.
- Robles, C. & R. Desharnais. 2002. History and current development of a paradigm of predation in rocky intertidal communities. Ecology 83: 1521-1536.
- Rose, F. 2014. Temperature and Relative Humidity Effects on Water Loss and Hemolymph Osmolality of *Littoraria angulifera* (Lamarck, 1822). Tesis de Maestría, College of Science, Mathematics and Technology, University of Texas at Brownsville, Estados Unidos de América, 34 pp.
- Salcedo, M., G. Green, A. Gamboa & P. Gómez. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados béticos, presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, 15: 73-96.
- Sanford, E. 2002. The feeding, growth, and energetics of two rocky intertidal predators *Pisaster ochraceus* and *Nucella canaliculata* under water temperatures simulating episodic upwelling. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 273: 199-218.
- Schreider, M., T. Glasby & A. Underwood. 2003. Effects of height on the shore and complexity of habitat on abundances of amphipods on rocky shores in New South Wales, Australia. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 293: 57-71.
- Sevilla, L., R. Vargas & J. Cortés. 2003. Biodiversidad marina de Costa Rica: gastrópodos (Mollusca: Gastropoda) de la costa Caribe. Revista de Biología Tropical 51: 305-400.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 2012. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. W. H. Freeman and Co.: Nueva York, Estados Unidos de América 937 pp.
- Stafford, R., M. S. Davies & G. Williams. 2012. Misinterpreting the potential benefits of aggregation for reducing desiccation in the intertidal: a simple analogy. Marine Ecology, 33: 512-515.
- Sueiro, M., A. Bortolus & E. Schwindt. 2011. Habitat complexity and community composition: relationships between different ecosystem engineers and the associated macroinvertebrate assemblages. Helgoland Marine Research 65: 467-477.
- Thrush, S., M. Chiantore, V. Asnagi, J. Hewitt, D. Fiorentino & R. Cattaneo-Vietti. 2011. Habitat-diversity relationships in rocky shore algal turf infaunal communities. Marine Ecology Progress Series 424: 119-132.
- 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: 283-294.
- Underwood, A. & M. Chapman. 1996. Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. Oecologia 107: 212-224.
- Unsworth, R., S. De Grave, J. Jompa, D. Smith & J. Bell. 2007. Faunal relationships with seagrass habitat structure: a case study using shrimp from the Indo-Pacific. Marine and Freshwater Research 58: 1 008-1 018.
- 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, 204 pp.
- Viejo, R. 1999. Mobile epifauna inhabiting the invasive *Sargassum muticum* and two local seaweeds on northern Spain. *Aquatic Botany* 64: 131-149.
- Warmke, G. & R. Abbott. 1961. Caribbean Seashells. Livingston, Wynnewood, Estados Unidos de América, 348 pp.
- Whittaker, R. 1965. Dominance and Diversity in Land Plant Communities Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science* 147: 250-260.
- Williams, G. 1993. Seasonal variation in algal species richness and abundance in the presence of molluscan herbivores on a tropical rocky shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 167: 261-275.
- Williams, G. 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: 79-95.
- Williams, G., M. De Pirro, S. Cartwright, K. Khangura, W. Ng, P. Leung & D. Morrill. 2011. Come rain or shine: the combined effects of physical stresses on physiological and protein level responses of an intertidal limpet in the monsoonal tropics. *Functional Ecology* 25: 101-110.
- WoRMS. 2017. World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org>. Consultado el 15 de junio de 2017.

Recibido: 27 de julio de 2017.

Aceptado: 29 de noviembre de 2017.

Some new observations on the freshwater oyster *Acostaea rivolii* (Deshayes, 1827) (Bivalvia: Etheriidae)

Nuevas observaciones sobre la ostra de agua dulce *Acostaea rivolii* (Deshayes, 1827) (Bivalvia: Etheriidae)

Jürgen Guerrero-Kommritz* & Felipe Escobar-Calderón

Fundación Fundabas, Cra 4 # 16-75, Apto 1201, Bogotá, Colombia.

*Autor corresponsal, e-mail: greledone@hotmail.com

North South America has a great abundance of freshwater resources composed by some of the greatest river systems in the world, such as Amazonas, Orinoco and Magdalena. These rivers systems support a very large diversity of freshwater bivalves (82 species) (Pereira *et al.*, 2014). One of these river systems is the Magdalena river system the most important river in Colombia which drains the northern end of the Andes to the Caribbean Sea. The Magdalena system it's known for its diverse aquatic fauna that includes many endemic species. Unfortunately, for some groups there still exist a great gap of knowledge, this is especially true for the freshwater bivalves, according to Linares & Vera (2012) there is 21 species of bivalves in the Magdalena river basin, the majority of them poorly studied. One of these bivalves is *Acostaea rivolii* (Deshayes, 1827) an endemic species as well as an endemic genus of Colombia (Pain & Woodward, 1961; Arteaga-Sogamoso, 1994), native of the upper and middle basin of the Magdalena River, this species used to be found in small tributaries and rivers of the Magdalena in altitudes that vary between 195 to 1806 meters. The species has been assessed by the IUCN as critically endangered due to the continuous decrease of its populations caused by pollution, channelization of rivers, and water extraction for agriculture (Villa-Navarro *et al.*, 2016). *Acostaea rivolii* is also interesting for its complicated and debated systematics, it has been traditionally placed in the Etheriidae family alongside with the other two known species of freshwater oysters, *Etheria elliptica* Lamarck, 1807 from Africa and *Pseudomulleria dalyi* (E.A. Smith, 1898) from India (Graf 2000, Bogan & Hoeh, 2000; Graf & Cummings, 2007). However, the position of *A. rivolii* in the Etheriidae is widely

discussed today and some studies place it near other families instead, doubting the existence of the Etheriidae family (Bogan & Hoeh, 2000; Bonetto, 1997). This has major implications in the biogeography of these three species and in the origin of cementation in freshwater bivalves, rather having a Gondwanan common ancestor (Yonge, 1977) or being the product of convergent evolution (Prashad, 1931).

The aim of this work it's to show some new observations regarding the morphology, ecology and distribution of the species based on the literature available and data obtained from fieldwork.

The fieldwork was conducted in the river Opia, Tolima, Middle Magdalena basin (04°32'36"N - 74°52'40" W), a small tributary of the Magdalena River (Fig. 1). A total of 58 individuals were collected per hand, all the individuals were measured and weighed; and then transported to the laboratory in Bogotá, 12 were dissected using a stereomicroscope MoticK400 for morphological analysis, 15 were held for a filtration rate experiment and 10 were sacrificed for collection. The photos for the morphological analysis were taken using a Canon Powershot SD1300 IS and a Sony alpha nex 5.

The filtration rate was measured using the standard method from Coughlan (1969), with a known concentration of *Chlorella vulgaris* (Kryger & Riisgrad, 1988). Groups of five oyster were kept in an aquarium with the known concentration of the algae, an air pump was used to keep the *Chlorella* in suspension. Two replicas were made, the first one with a concentration of algae of 2.92×10^8 cell/liter with periodical observations

every 15 minutes during 120 minutes and the second one with a concentration of $1,33128 \times 10^8$ cells/liter with three observations every 30 minutes. The concentration of algae was measured

using a hemocytometer Arthur Thomas 1/400 SQMM- 1/10 mm. Finally, the filtration rates were calculated using the equations of Quayle and Fox (Coughlan, 1969).

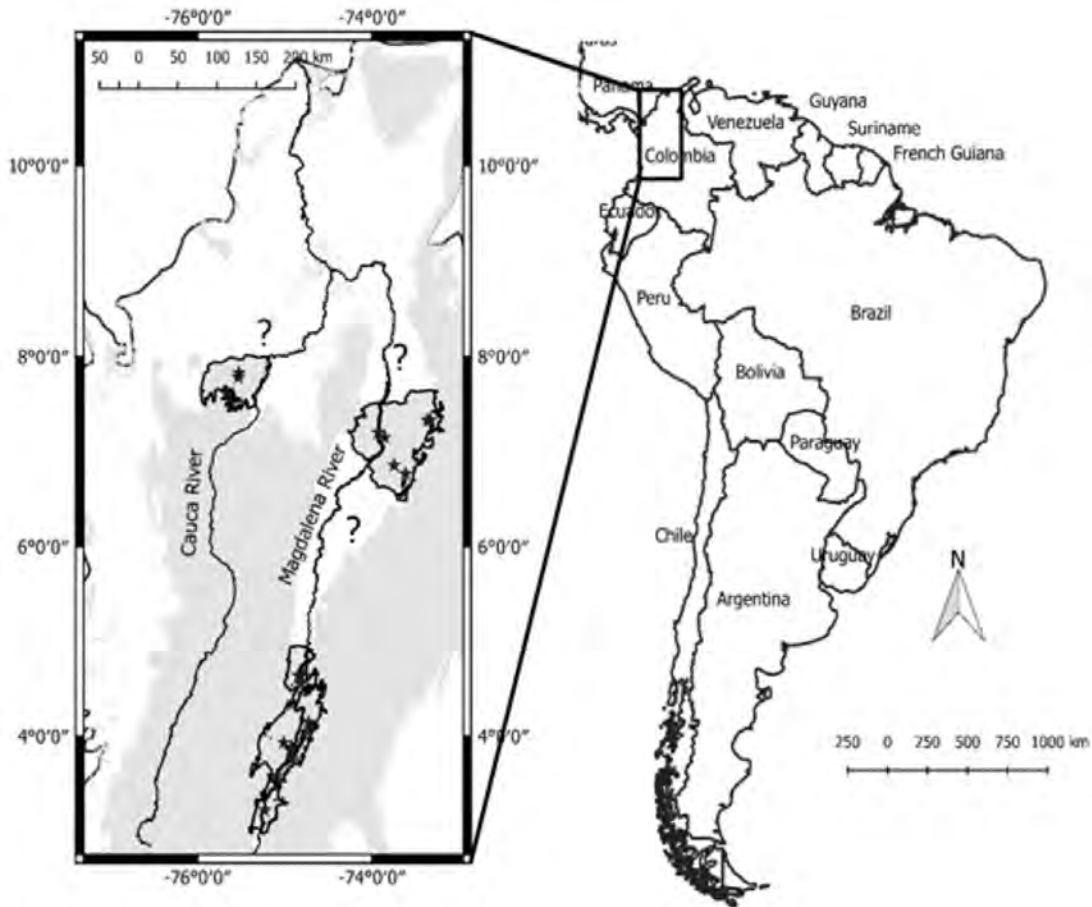


Figure 1. Rio Magdalena. Distribution of *Acostaea rivolii*. Questions marks: areas with no records. Stars areas: with confirmed presence.

Figura 1. Río Magdalena. Distribución de *Acostaea rivolii*. Símbolos de interrogante son áreas sin registros. Estrellas son áreas con presencia confirmada.

Morphology

The shell morphology of *A. rivolii* has been described previously in great detail (Ferussac, 1823; D'Orbigny, 1951; Anthony, 1907; Granados, 1973; Yonge, 1962), the principal features of it are the highly variable form due to the influence of the substrate, its medium to large size, the asymmetric valves with the fixed valve being thicker than the free one, and finally the spur like projection that connects the young shell with the adult shell and

that is hollow in younger oysters and filled in older ones. Additionally, we observe that the articulation between the valves is made by a fracture line in the upper shell or free valve near the anterior outer layer and is filled with a corny substance in part of the ligament (Fig. 2). This secondary articulation may be a product of the bending of the shell to grow on the substrate, making it impossible to keep the ligament functioning.

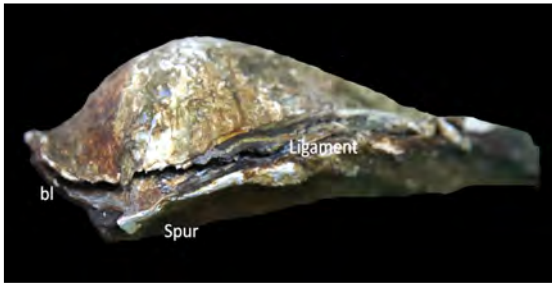


Figure 2. *Acostaea rivolii*, shell secondary articulation. Upper shell with clear breaking line for secondary articulation. Bl breaking line.

Figura 2. *Acostaea rivolii*, concha articulación secundaria. Concha superior con línea de ruptura clara para articulación secundaria. Bl línea de ruptura.

As to the soft parts, there had been much less work (Yonge, 1977; Guerrero-Kommritz & Escobar-Calderón, 2017). In general, the internal structure resembles *Unio*, but differs on the monomyarian condition of *A. rivolii*, the gut is similar to the one in *Anodonta* with three very well defined regions and a very large rectum that does not cross the pericardium. The labial palps has an external smooth face and an internal face that bears parallel lines covered with cilia, the mouth is wide and has a very distinctive set of protuberances inside and the anus is surrounded by two leaf-shaped palps. Finally, we were able to observe in younger individuals the extension of the mantle inside the hollow spur a character never observed before (Fig. 3), this observation confirms the pattern of growth of the species and the process of formation of the spur.

Distribution

Acostaea rivoii was abundant and had a range that spanned from the upper to the middle Magdalena basin around 6° 30' 43.57" N, 73° 37' 58.89" W to 3° 5' 32.63" N, 75° 19' 56.3" W (Granados, 1973). Other studies supports a larger probable range for the species that spans further north in the Cordoba Department, on the low Magdalena Basin (see Fig. 1) that will give the species a range from the 3.13° North through the 7.50° North and a longitudinal range from the 73.33° West through 75.40° West. Currently it is believed that the oyster only remains in the Opia River, in the department of Tolima (Villa-Navarro *et al.*, 2016). However, there are some reports of the species in the Aipe and Pata Rivers in the department of Huila (Repizo-Salazar *et al.*, 2009a; Mendez & Repizo-Salazar, 2011) and in the San

Jorge river system in the department of Cordoba (Dueñas-Ramirez, 2001). These two departments represent the best chance of finding populations outside the Opia river.



Figure 3. *Acostaea rivolii*, spur in young animal.

Figura 3. *Acostaea rivolii*, talón en animal joven.

Ecology and conservation

The ecology of *A. rivolii* has been poorly studied with only few works presenting information about the habitat and diet of the species (Granados, 1973; Laverde, 1974; Martinez-Silva, 1971). Here the first measure of the filtration rate is presented. Suspension feeding bivalves play an important role in freshwater ecosystems and reliable data on filtration rates in freshwater bivalves are needed in order to assess their ecological role (Kryger & Riisgard, 1988) and also to determinate metabolism and growth rates (Gossling, 2004). For the first experiment, a filtration rate of 3.40 ml/min using the equation of Quayle and 2.45 ml/min for the equation of Fox was found. As to the second experiment, the filtration rate was 7.58 ml/min using Quayle and 3.57 ml/min using Fox (Table 1). The first experiment used an initial concentration of $2,9295 \times 10^8$ cell / liter while the second used a concentration of $1,33125 \times 10^8$ cells / liter. The filtration rate obtained was very low compared with other bivalves of similar size (Kryger & Riisgard, 1988), which did not pass 0.3l/h; suggesting a low metabolic rate. However this result could also be caused by external factors like the stress generated in the oysters due to the captive conditions. A new measurement using more natural conditions is recommended. Also a comparison with *Etheria* Lamarck, 1807 and *Pseudomulleria* Anthony, 1907 would give some information about this.

Table 1. Results from the filtration rate experiment on *Acostaea rivolii* using both methods; Quayle and Fox.

Tabla 1. Resultados del experimento de tasas de filtración para *Acostaea rivolii* usando ambos métodos el de Quayle y Fox.

Method/Experiment	1	2
Quayle (ml/min)	3.4037	7.5782
Fox (ml/min)	2.495	3.587
Average	2.94935	5.5826
Deviation	0.64254793	2.82220459

Regarding the reproduction it is known that *A. rivolii* bears a “lascidium” type larvae like the one in Mycetopodidae (Arteaga-Sogamoso, 1994) and that it has no preference for an specific species of host, with more than 11 species found to be infected with larvae (Gutierrez *et al.*, 2010).

Despite the existence of management plans (Lopez-Delgado *et al.*, 2009) and attempts to reproduce the oyster in captivity (Repizo-Salazar *et al.*, 2009a; Repizo-Salazar *et al.*, 2009b) right know there is no active program or plan for the conservation or restoration of *A. rivolii* in Colombia.

Acknowledgements

The authors are grateful to Mr. Santos Avila Rondón, local oyster fisherman, for help collecting the oysters, to Mrs. Dalila Castro Diaz for help on the field, to Edgar Linares from the Instituto de Ciencias Naturales for assistance during the research and help with the collection, to Jimena Sanchez Nieves and Maria Angelica Leal from Universidad Nacional de Colombia (UN) for help in lab logistics, to the Algae Lab of the UN who provided the *Chlorella*, and to Tinka Stoessel for reading the manuscript.

References

Anthony, R. 1907. Etude monographique des Aetheriidae (Anatomie, Morphogenie,

Systematique). Annales de la Société Royale 41: 322-430.

Arteaga-Sogamoso, E. 1994. El lasidium de *Acostaea rivolii* Deshayes, 1827 (Mollusca:Bivalvia:Etheriidae) y su importancia para la ubicación taxonómica de esta especie. Boletín Ecotropica: Ecosistemas Tropicales 27: 1-9.

Bogan, A. & W. Hoeh. 2000. On becoming cemented: evolutionary relationship among the genera in freshwater bivalve etheridae (bivalvia:Unionoida). Geological society of London special publications 177: 159-168.

Bonetto, A. 1997. Las “ostras de agua dulce” (Muteloidea: Mutelidae). Su taxonomía y distribución geográfica en el conjunto de las naides del mundo. Biociencias 5(1): 113-142.

Coughlan, J. 1969. The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions. Marine Biology 2: 356-358.

Deshayes, G.P. 1827. Art Mullerie. In Dictionaire Classique d’histoire Naturelle 11: 296-297.

D’Orbigny, A. 1851. Note sur un nouveau genre de Coquille lamellibrnache d’eau douce découvert dan les rivieres de la Nouvelle-Grenade par M. le colonel Acosta. Revue et magazin de zoologie pure et appliquée, 2e Serie 3: 183-189.

Dueñas-Ramirez, P.R. 2001. La presencia de *Acostaea rivolii* (Deshayes) en Puerto Libertador, Córdoba. Proyección Investigativa, No 6 y 7, pp 34 a 38.

Ferussac, d’ A. 1823. Sur un nouveau genre de la famille des huitres qui parait reellement vivre dans l’eau douce. Memoires de la Societe d’Histoire Naturelle Paris 2(1): 366-372.

Granados, H. 1973. Distribución hidrográfica y ecológica de *Acostaea rivolii* (Deshayes) de la cuenca del rio Magdalena, Colombia. Revista de ciencia 28(1): 1-16.

Graf, D.L. 2000. The Etheroidea revisited: A Phylogenetic analysis of Hyriid relationships (Mollusca: Bivalvia: Paleoheterodonta: Unionoida). Occasional Papers of the museum of zoology, the University of Michigan. 1-19 pp.

Graf, D.L. & K.S. Cummings, 2007. Review of the systematics and global diversity of the freshwater mussel species (Bivalvia:Unionoida). Journal of Molluscan Studies 73(4): 291-314.

Gosling, E. 2004. Bivalve Molluscs. Fishing news books. Oxford. 443 pp.

- Guerrero-Kommritz, J. & F. Escobar-Calderon 2017. La ostra de agua dulce del Magdalena *Acostaea rivolii* Deshayes, 1827 Guerrero Kommritz Fundabas. 119 pp.
- Gutierrez, N., G. Reinoso, J. Vasques & E. Lopez. 2010. Peces hospederos del lasidium de *Acostaea rivolii* en la cuencia del río Opia-Tolima. Revista de la asociación Colombiana de Ciencias exactas, Memorias XLV Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Página 93.
- Kryger, J. & H.U. Riisgard. 1988. Filtration rate capacities in 6 species of European freshwater bivalves. *Oecología* 77: 34-38.
- Laverde, H. 1974. Posibilidades de la Malacologia dulceacuícola comercial. Informe final de trabajo de investigación presentado a Colciencias Bogotá, pp 45.
- López-Delgado, E.O., J.M. Vásquez-Ramos, G. Reinoso-Flórez, M.A. Vejarano-Delgado & J.E. García-Melo. 2009. Plan de manejo de la ostra de agua dulce *Acostaea rivoli* (Deshayes, 1827) del río Opia, Departamento del Tolima. Ibagué. Cortolima- Universidad del Tolima, pp 104.
- Linares E.L. & M.L. Vega. 2012. Catálogo de los Moluscos Continentales de Colombia. Biblioteca José Jerónimo Triana 23. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Instituto de Ciencias Naturales Bogotá D.C., Colombia. 366 pp.
- Martinez-Silva, L., Baron A., & A. Molinares. 1971. Estudio Preliminar de las ostras del Tolima *Acostaea rivolii* Deshayes, 1827 (Pelecypoda Ehteridae) de los ríos la Opia y Prado. Divulgación pesquera Inderena Cartagena, 1-24.
- Mendez D. & O. Repizo-Salazar. 2011. Estudio poblacional y de biología reproductiva de la ostra de agua dulce *Acostaea rivoli* (Deshayes, 1827) en los ríos de la cuenca alta del río Magdalena (Ríos Pata, Bache y Aipe, Departamento del Huila). Tesis, Corporación Universitaria del Huila.
- Pain, T. & F.R. Woodward. 1961. A revision of the freshwater mussels of the familia Etheridae. *Journal of Conchology* 25(1): 2-8.
- Pereira, D., M.C.D. Mansur, L.D. Duarte, A.S. de Oliveira, D.M. Pimpao, C.T. Callil & F. Scarabino (2014). Bivalve distribution in hydrographic regions in South America: historical overview and conservation. *Hydrobiologia* 735(1): 15-44.
- Prashad, B. 1931. Some noteworthy examples of parallel evolution in the molluscan faunas of South-eastern Asia and South America. *Proceedings of the royal society of Edimburgh* 51(Part 1)(8): 42-53.
- Repizo-Salazar, O., D.M. Gualtero, M. Arias & M. Vidal. 2009a. El cultivo de la ostra de agua dulce en el embalse de Betania, Departamento del Huila. Corhuila/Instituto Golfo de Morrosquillo/Universidad del Magdalena. 20 pp.
- Repizo-Salazar, O., D.M. Gualtero, F. Pinzón & L.A. Velasco. 2009b. Preliminary trial to reproduce *Acostaea rivoli* (Deshayes, 1827) (mollusca: Bivalvia: Etheriidae) in laboratory conditions. International Symposium of the freshwater conservation society, Meeting program and abstracts. 89 pp.
- Villa-Navarro, F., C. Lasso, M. Lopes-Lima & M. Correoso. 2016. *Acostaea rivolii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T65403156A65493204. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T65403156A65493204.en>. Downloaded on 12 March 2017.
- Yonge, C.M. 1962. On *Etheria elliptica* Lam. and the course of evolution, including assumption of monomyarianism, in the family Etheriidae (Bivalvia: Unionacea). *Philosophical transactions of the Royal Society* 244B (715): 423-457.
- Yonge, C.M. 1977. On the monomyarian *Acostaea rivolii* and evolution in the family Ehteriidae (Bivalvia, Unioniacea). *Journal of Zoology of London* 184: 429-448.

Recibido: 16 de abril de 2017.

Aceptado: 5 de septiembre de 2017.

Spondylus leucacanthus Broderip, 1833: Antecedentes de la especie

Marcial Villalejo-Fuerte*¹, Neysi Gálvez-Zeferino¹, Jesús Ernestina Hernández-Castro¹, Enmaylin Fernández-Aguirre¹, Norberto Capetillo-Piñar², Arturo Tripp-Quezada¹, Arturo Tripp-Valdéz¹ & Vicente Berovides-Álvarez³

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, Baja California Sur, México. A.P. 592. C.P. 23000.

²Federación de Cooperativas Pesqueras Zona Centro. La Paz, Baja California Sur, México.

³Universidad de La Habana, Facultad de Biología, Laboratorio de Genética, Cuba.

*Autor correspondiente, e-mail: mvillale@ipn.mx

Sistemática

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758
Subclase Pteriomorpha Beurlen, 1944
Orden Pectinida Gray, 1854
Super familia Pectinoidea Rafinesque, 1815
Familia Spondylidae Gray, 1826
Género *Spondylus* Linnaeus, 1758
***Spondylus leucacanthus* Broderip, 1833**

Sinonimia

Spondylus ursipes Berry, 1959
Spondylus pictorum Schereibers, 1793
Spondylus pictorum "Chemnitz" non *Spondylus pictorum* Schoter, 1787
Spondylus princeps Broderip, auctorum non Broderip, 1833
Spondylus princeps leucacanthus Broderip, 1833
Spondylus princeps form leucacantha Broderip, 1833
Spondylus leucacantha Broderip, 1833
Spondylus victoriae Sowerby, 1859
Spondylus victoriae G. B. Sowerby II, auctorum non G. B. Sowerby II, 1860

La subclase Pteriomorpha está integrada por individuos sedentarios, con conchas de formas variadas que presentan fijación o cementación al final de su vida larvaria. Dentro de esta subclase, la familia Spondylidae agrupa individuos conocidos comúnmente como "escarlopas" u "ostras espinosas" (Keen, 1971) y comprende cerca de 76 especies alrededor del mundo (Lamprell, 2006).

Descripción

Spondylus leucacanthus Broderip, 1833 es conocida comúnmente como "viejita", "concha china", "concha-espina" o "almeja espinosa". Este bivalvo alcanza una longitud de 150 mm (Keen, 1971). La coloración externa de las conchas adultas varía de blanco a naranja hasta rojo coral (Fig. 1), sus espinas son largas, rectas y estrechas mientras que las costillas radiales son apenas aparentes (Skoglund & Mulliner, 1996). Los especímenes pequeños pueden presentar espinas espatuladas las cuales rara vez se encuentran en las conchas maduras y por lo general son de coloración blanca, aunque también pueden poseer una coloración naranja en el área umbonal (Lamprell, 1986; Muñetón-Gómez et al., 2001). Los individuos de *S. leucacanthus* se fijan al sustrato por la valva derecha y se encuentran sobre mantos de conchas muertas o rocas (Skoglund & Mulliner, 1996). En cuanto a la morfología interna de los adultos, los dientes de la charnela en la valva izquierda son blancos, delicados y angostos mientras que los dientes de la valva derecha son anchos, delicados y blancos; en esta valva también se puede encontrar la cicatriz del músculo aductor (Medina-Espinoza, 2013). La bisagra posee dientes blancos dispuestos en posición diagonal. Los especímenes gerónticos presentan dientes más robustos, perpendiculares a la bisagra y la cicatriz del músculo aductor es profunda y pronunciada en el borde ventral (Skoglund & Mulliner, 1996).

Spondylus leucacanthus es un organismo de vida libre, se distribuye desde los 3 m hasta los 90 m de profundidad, aunque es más común

a partir de los 18 m (Skoglund & Mulliner, 1996). En el Golfo de California, en Isla Danzante y Monserrat los principales bancos se encuentran cerca de los 40 m sobre fondos arenosos y de cascajos.

Distribución geográfica

Se distribuye desde Isla de Cedros en el Pacífico Mexicano hasta Isla La Plata en Ecuador (Keen, 1971; Skoglund & Mulliner, 1996) (Fig. 2).

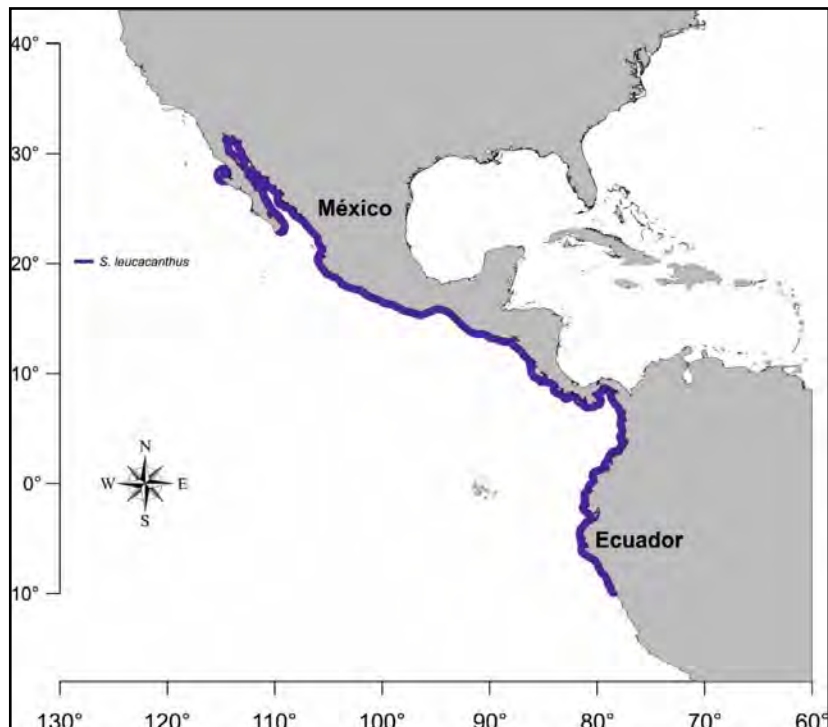


Figura 1. *Spondylus leucacanthus*. Ejemplar obtenido en Isla Danzante, Golfo de California, México.

Figure 1. *Spondylus leucacanthus*. Specimen obtained in Isla Danzante, Gulf of California, Mexico.

Figura 2. Distribución geográfica de *Spondylus leucacanthus*. La línea en color azul representa la distribución de acuerdo con Skoglund & Mulliner (1996).

Figure 2. Geographical distribution of *Spondylus leucacanthus*. The blue line represents the distribution by Skoglund & Mulliner (1996).



Información suplementaria

La distribución de tallas (alturas) de la concha de *S. leucacanthus* muestra individuos desde los 20 mm hasta los 125 mm, con una moda en la clase de talla de 80 mm (Fig. 3).

La media general fue de 125,5 mm y 71,3 mm de desviación estándar. De los individuos capturados, el 44,5% se encontraron por encima de la talla de reclutamiento a la reproducción (75 mm de altura de la concha).

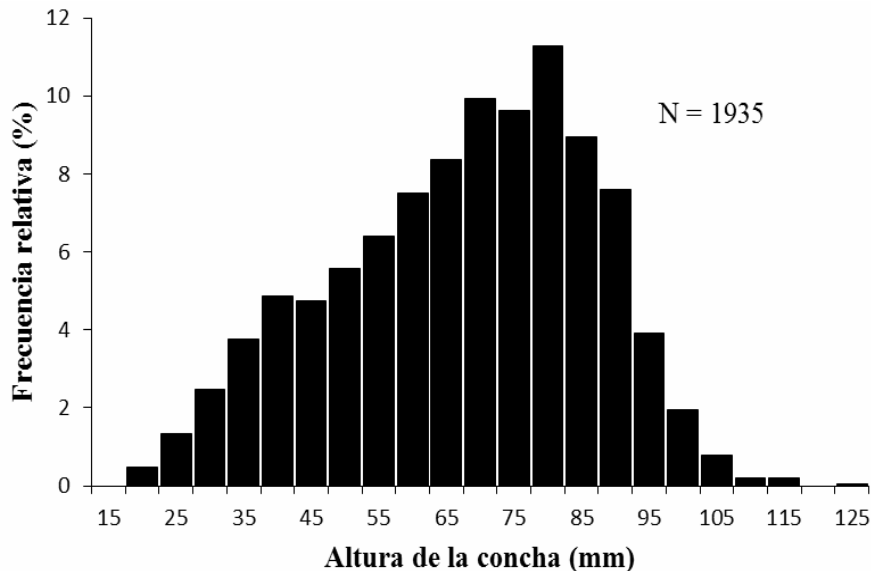


Figura 3. Estructura de tallas de *Spondylus leucacanthus* en Isla Danzante Golfo de California, México (N=1935).

Figure 3. Size structure of *Spondylus leucacanthus* in Isla Danzante Gulf of California, México (N=1935).

Aspectos reproductivos

Spondylus leucacanthus tiene un ciclo reproductivo estacional y presenta una estrategia reproductiva de gasto energético conservadora ya que para el desarrollo de los gametos utiliza el glucógeno almacenado en el músculo aductor, además de la energía obtenida del alimento para complementar su gasto energético (Rodríguez-Astudillo *et al.*, 2002).

Su ciclo gametogénico presenta cuatro fases: la fase de desarrollo de la gónada, esta etapa inicia en marzo y abril, implica una intensa actividad metabólica que incluye el almacenamiento de grandes cantidades de lípidos en los ovocitos en desarrollo que obtiene de las reservas del glucógeno acumuladas principalmente en la glándula digestiva y del suministro de alimento diario (Rodríguez-Astudillo *et al.*, 2002). La fase de maduración de la gónada ocurre de junio a agosto, en esta fase los ovocitos intraováricos miden 56.4 μm (Muñetón-Gómez *et al.*, 2001; Villalejo-Fuerte & Muñetón-Gómez 1995; Villalejo-Fuerte & García-Domínguez, 1998). Durante esta etapa, la

concentración de carbohidratos es alta en la glándula digestiva y coincide con un máximo en la abundancia de fitoplancton en el medio (Rodríguez-Astudillo *et al.*, 2002). La fase de expulsión de gametos ocurre de agosto a octubre, corresponde a un evento de alta demanda energética que requiere de la utilización de las proteínas y los carbohidratos acumulados en el músculo aductor, la glándula digestiva y la gónada, siendo los lípidos el sustrato menos utilizado en esta etapa (Rodríguez-Astudillo *et al.*, 2002). En octubre, la población entra en fase de post desove, en esta fase ocurre la reabsorción de los gametos residuales y los carbohidratos se almacenan en la glándula digestiva (Villalejo-Fuerte & García-Domínguez, 1998; Rodríguez-Astudillo *et al.*, 2002). Finalmente, la población entra en una etapa de inactividad reproductiva de noviembre a marzo (Villalejo-Fuerte & García-Domínguez, 1998), durante esta fase se acumulan carbohidratos en el músculo aductor y lípidos en la glándula digestiva (Rodríguez-Astudillo *et al.*, 2002).

Respecto a la talla de reclutamiento a la reproducción, los individuos de la población pueden empezar a desovar desde los 40 mm de altura de la concha, sin embargo, la talla de reclutamiento a la reproducción (L_{50}) es de 75 mm de altura de la concha (Villalejo-Fuerte & García-Domínguez, 1998).

Aspectos de nutrición

Como la mayoría de los bivalvos, esta especie se alimenta por filtración, principalmente de detritus (60%) y fitoplancton (30%). En su contenido estomacal se encontraron abundantes restos de espículas de esponjas y materiales no identificados (10%). La mayor abundancia de fitoplancton en el agua del fondo y el contenido del estómago se encontraron en marzo, abril y mayo durante el cambio estacional de la temperatura en Isla Danzante, Golfo de California (Villalejo-Fuerte & Muñetón-Gómez, 1995).

Aspectos ecológicos

La epifauna que se encuentra en las valvas de *S. leucacanthus* es muy diversa. En los organismos juveniles la epifauna es escasa mientras que en las conchas de los adultos ocurren briozoos y esponjas. En *Spondylus crassisquama* Lamarck, 1819 (= *S. princeps*) son comunes las algas coralinas (Skoglund & Mulliner, 1996). En las espinas de *S. leucacanthus* se encontró asociado el pectínido *Spathochlamys vestalis* Reeve, 1853 (Villalejo-Fuerte *et al.*, 2003).

Aspectos comerciales

En el Golfo de California *S. leucacanthus* al igual que otras especies, tales como *Megapitaria aurantiaca* G.B. Sowerby I, 1831, *Argopecten ventricosus* G.B. Sowerby II, 1842, *Nodypecten subnodosus* G.B. Sowerby I, 1835, *Spondylus limbatus* G.B. Sowerby II, 1847 y *Spondylus crassisquama* Lamarck, 1819; corresponde a una especie de alto valor comercial, principalmente se aprovechan las partes blandas, músculo aductor y la concha (Villalejo-Fuerte & Muñetón-Gómez, 1995; Skoglund & Mulliner, 1996; Villalejo-Fuerte & García-Domínguez, 1998; Muñetón-Gómez *et al.*, 2001; Villalejo-Fuerte *et al.*, 2015).

Agradecimientos

Producto derivado del proyecto SIP 20171347, con apoyo de COFAA-IPN


Referencias bibliográficas

- Keen, A.M. 1971. Sea Shell of Tropical West America: Marine Mollusks from Baja California to Peru. Editorial Stanford University Press. 1064 pp.
- Lamprell K., 1986. *Spondylus*: Spiny Oysters Shells of the World. Robert Brown and Associates, Pty. Ltd, Bathurst, Australia. 84 pp.
- Lamprell, K. 2006. Spiny Oyster: A Revision of the Living *Spondylus* species of the world. Brisbane, Jean Lamprell. 119 pp.
- Medina-Espinoza, J.A. 2013. Divergencia morfológica y genética del género *Spondylus* L. (Bivalvia: Spondylidae) en el Pacífico Mexicano y Golfo de California. Tesis de maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Baja California Sur. 133 pp.
- Muñetón-Gómez, M.S., M. Villalejo-Fuerte & I. Gárate-Lizárraga. 2001. Contenido estomacal de *Spondylus leucacanthus* (Bivalvia: Spondylidae) y su relación con la temporada de reproducción y la abundancia de fitoplancton en Isla Danzante, Golfo de California. Revista Biología Tropical. 49(2): 581-590.
- Rodríguez-Astudillo, S., M. Villalejo-Fuerte, F. García & R. Guerrero. 2002. Composición bioquímica de *Spondylus leucacanthus* Broderip, 1833 (Bivalvia: Spondylidae) y su relación con el ciclo reproductivo en Isla Danzante, Golfo de California, México. Journal of Shellfish Research 46: 111-116.
- Skoglund, C. & D.K. Mulliner. 1996. The Genus *Spondylus* (Bivalvia: Spondylidae) of the Panamic Province. Festivus 38: 93-107.
- Villalejo-Fuerte, M. & M.S. Muñetón-Gómez. 1995. *Spondylus princeps unicolor* (Sowerby, 1847) a species susceptible of commercial advantage in the Gulf of California. Boletín CICIMAR 44: 1-2.
- Villalejo-Fuerte, M. & F. García-Domínguez, 1998: Reproductive cycle of *Spondylus leucacanthus* Broderip, 1833 Bivalvia: Spondylidae at Isla Danzante, Gulf of

- California. Journal of Shellfish Research 17(4): 1037-1042.
- Villalejo-Fuerte, M., B.P. Ceballos-Vázquez, E. Félix-Pico & M. Arellano-Martínez. 2003. Notes on the reproductive cycle of the blotchy Scallop *Spathochlamys vestalis* (Reeve, 1853) at Isla Danzante, Gulf of California. Revista Biología Marina y Oceanografía 38(1): 39-42.
- Villalejo-Fuerte, M., M. Arellano Martínez, B.P. Ceballos Vázquez, D. González Castro, V. Berovides Álvarez, A. Tripp-Quezada & A. Tripp-Valdéz. 2015. *Spondylus calcifer* Carpenter, 1857: antecedentes de la especie. *Amici Molluscarum* 23(1-2): 39-42.

Recibido: 24 de abril de 2017.

Aceptado: 9 de septiembre de 2017.



The Malacological Society
of London

125th Anniversary Symposium
21 March 2018, Flett Theatre, Natural History Museum, London

New perspectives on evolution in molluscs: from fossils to next generation sequencing

Simposio del 125º Aniversario de la Sociedad Malacológica de Londres

El *125th Anniversary Symposium* será realizado en el Museo de Historia Natural de Londres, Reino Unido, el 21 de marzo de 2018.

Más información: <http://malacsoc.org.uk/meetings/125th-anniversary-symposium-agm/>

84th American Malacological Society
51st Western Society of Malacologists



Honolulu, Hawaii
June 19-22, 2018

Reunión Anual de la Sociedad Occidental de Malacólogos y Reunión de la Sociedad Americana de Malacología

La Quincuagésima Primera Reunión Anual de la Sociedad Occidental de Malacólogos (*50th Annual Meeting of the Western Society of Malacologists*) será realizada en conjunto con la Octogésima Cuarta Reunión de la Sociedad Americana de Malacología (*84th American Malacological Society Joint Meeting*); ambas serán en Honolulu, Hawaii, USA, desde el 19 al 22 de junio de 2018.

Más información: <http://westernsocietymalacology.org/51st-annual-wsm-meeting/>



Simposio del Consejo Asesor Internacional de Cefalópodos

El próximo *Cephalopod International Advisory Council Symposium (CIAC Conference)* será realizado en St. Petersburg, Florida, USA, desde el 12 al 16 de noviembre de 2018.

Más información: <https://cephalopod.wordpress.com/ciac-2018-st-petersburg-florida-usa/>



3° CONGRESO ARGENTINO DE MALACOLOGÍA

Tercer Congreso Argentino de Malacología

El 3^{er} Congreso Argentino de Malacología (3CAM) será realizado en Bahía Blanca, en diciembre de 2019.

Más información: <http://malacoargentina.com.ar/blog/category/3cam/>

AMICI MOLLUSCARUM · NÚMERO 25(1-2) · AÑO 2017
ISSN 0718-9761 · SOCIEDAD MALACOLÓGICA DE CHILE

